

LIVRO 1  
Mecânica  
alex  
mossmann

*be* BELIEVE IN  
*you* YOURSELF

alex **FÍSICA**  
mossmann



## **TEMOS HISTÓRIA ...**

Os Grupos de Estudo de Física são ministrados pelo Prof. Alex Mossmann desde 1990, sendo o trabalho voltado exclusivamente à preparação, na disciplina de Física, para o ENEM e Vestibulares das Universidades gaúchas e também de outros Estados. Ao longo de 32 anos de trabalho, o Prof. Alex Mossmann teve o prazer de ter a sua frente milhares de alunos, dos quais, muitos já formados, são hoje profissionais bem sucedidos em suas carreiras, e outros, ainda acadêmicos. A maioria desses ex-alunos são da medicina. A preparação do aluno caracteriza-se pela organização sob todos os aspectos, desde a matrícula, passando pelo desenvolvimento do conteúdo sempre com tecnologias associadas ao estudo e terminando com a conclusão do conteúdo de uma forma coerente e programada.



# Horários 2022

	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
Manhã 1					
Manhã 2					
Almoço					
Tarde 1					
Tarde 2					
Vespertino					

# AMBIENTE VIRTUAL



## Feed

Canal Curso - Alunos

## Aulas On Demand

As videoaulas são disponibilizadas em partes e em cada parte está apresentada a trilha de aprendizagem referente a ela. Nossas videoaulas são produzidas em nossos estúdios próprios, o que determina alta qualidade de imagem e som, além de ser uma aula de maior rendimento, pois o tempo consumido em uma aula presencial é muito maior do que aquele demandado em estúdio.

## Aula Ao Vivo

Todas as aulas do Curso Híbrido são transmitidas ao vivo para os alunos desse curso e do Extensivo em casa, permitindo total interatividade através de chat direto com o Alex durante a aula.

## Plantão

Aqui e apenas aqui você marca, troca horário ou desmarca seus plantões individuais a qualquer momento.

## Alex Mossmann Simulados

Plataforma gamificada desenvolvida e mantida pelo Prof. Alex Mossmann. Permite que o aluno realize quantos simulados ele desejar, construindo métricas, treinando o tempo de prova, construindo métricas ao longo do ano. É um enorme diferencial, também, na revisão dos conteúdos.

## Sala de Aula Virtual

### Prática de Provas

Resoluções de provas de ENEM e Vestibulares.

### Resolução das Questões

Resoluções das questões dos livros. Também podem ser acessadas pelos QR's nos livros.

### Vídeos de Conteúdo

Vídeos de revisão de conteúdo na prática.

### Simulados

Simulados e respostas comentadas.

### Provas ENEM

Banco de provas do ENEM desde 2009 para download.

### Provas Vestibulares

Banco de provas de vestibulares para download.

### Materiais Diversos

Planilhas e outros materiais importantes.

### Gabaritos.

Gabaritos dos livros.

## Atividades Extras

Aqui e apenas aqui você se inscreve para eventos especiais, simulados, etc.

## SAC

Fale com a gente.

## Opções

Altere sua senha e insira sua foto no seu perfil.

# ÍNDICE

---

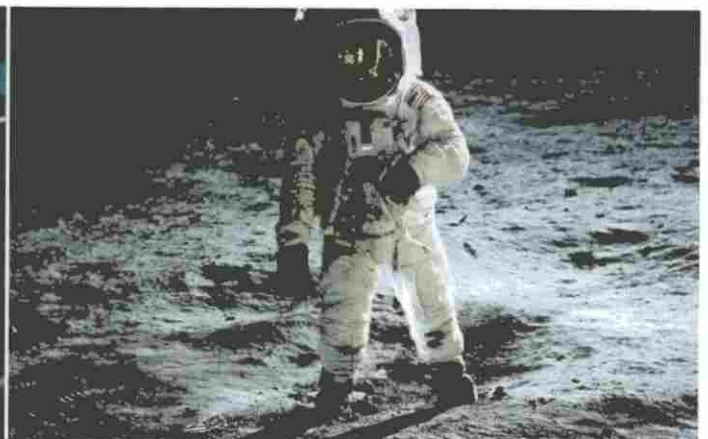
<b>Aula 1</b>	Cinemática – Introdução	<b>007</b>
<b>Aula 2</b>	MRU/MRUV	<b>042</b>
<b>Aula 3</b>	Mov. em campo gravitacional	<b>077</b>
<b>Aula 4</b>	MCU	<b>110</b>
<b>Aula 5</b>	Leis de Newton I	<b>138</b>
<b>Aula 6</b>	Leis de Newton II	<b>167</b>
<b>Aula 7</b>	Leis de Newton III	<b>200</b>
<b>Aula 8*</b>	Estática dos Sólidos	<b>232</b>
<b>Aula 9</b>	Trabalho mecânico	<b>266</b>
<b>Aula 10</b>	Energia mecânica	<b>291</b>
<b>Aula 11</b>	Momento Linear	<b>324</b>
<b>Aula 12</b>	Gravitação universal	<b>358</b>
<b>Aula 13</b>	Hidrostática	<b>389</b>
<b>Apêndice</b>		

---



# MECÂNICA

A **mecânica** (em grego: Μηχανική, em latim: **mechanica**) é o ramo da física que compreende o estudo e análise do movimento e repouso dos corpos, e sua evolução no tempo, seus deslocamentos, sob a ação de forças, e seus efeitos subsequentes sobre seu ambiente.



A disciplina tem suas raízes em diversas civilizações antigas. Durante a Idade Moderna, cientistas tais como Galileu Galilei, Johannes Kepler, e especialmente Isaac Newton, lançaram as bases para o que é conhecido como mecânica clássica.



A mecânica clássica é composta pelo conjunto de duas disciplinas, a cinemática, que compreende o estudo puramente descritivo do movimento, sem consideração das suas causas, e a dinâmica, que estuda a conexão do movimento com suas causas.



**Cinemática:** Descreve o movimento dos objetos sem se preocupar com suas causas

**Dinâmica:** É o estudo dos movimentos e suas causas. Tem como base de seus conteúdos as Leis de Newton.

**Estática:** Estuda o equilíbrio de um sistema sob a ação de várias forças.

Embora seja difícil estabelecer a origem dos estudos da mecânica, existem registros de que ela está fortemente ligada às observações de astros celestes desde as mais antigas civilizações. Foi a partir da observação da periodicidade do movimento dos astros que foram feitos os primeiros calendários na Mesopotâmia, por exemplo, por volta de 2700 a.C.

Um salto importante na área ocorreu na Grécia antiga a partir da filosofia natural, que exercia uma “busca pela verdade”. Os principais nomes dessa fase foram Aristóteles (384 – 322 a.C.), que definia o movimento como um atributo do ser em movimento, e Arquimedes (287 – 212 a.C.), que introduziu os estudos de estática e hidrostática.

O conhecimento dos gregos prevaleceu durante séculos. Somente a partir do século XV, com o Renascimento, que a ciência começou a modernizar-se. Galileu Galilei (1564 – 1642) foi o principal cientista da área nessa época. Foi ele quem introduziu o conceito de movimento uniforme e estudou o movimento do pêndulo simples e dos projéteis. Foi também ele que propôs que o Sol seria o centro do Sistema Solar, e não a Terra, como se acreditava anteriormente.

No mesmo ano da morte de Galileu, nasceu Isaac Newton, um grande filósofo, matemático e físico que propôs as três Leis fundamentais da dinâmica em sua obra denominada “Princípios matemáticos da filosofia natural”, publicada em 1687. As teorias apresentadas por Newton pareciam ser perfeitas e descreviam, até então, o movimento de todos os corpos.

Porém, no início do século XX, Albert Einstein publicou a teoria da relatividade, que afirmou que os eventos físicos são os mesmos para quaisquer referenciais com velocidade relativa constante. As Leis de Newton passaram a ser consideradas válidas apenas para velocidades muito menores do que a da luz. Porém, as leis propostas por Newton são suficientes para o estudo dos movimentos observados na superfície da Terra, por isso ainda são consideradas relevantes para a Física clássica.

**EINSTEIN'S THEORY OF RELATIVITY**  
There are two Theories of Relativity: the Special and the General. The Special Theory shows that movement over a straight line at a constant speed is always relative to any observer. The General Theory extends the Special Theory from uniform to accelerated motion (movement at a changing speed or over a non-straight path).

**SPECIAL THEORY OF RELATIVITY**  
Based on a basic assumption: the speed of light is always the same regardless of the speed of the light source or observer. This fact has unexpected and astonishing ramifications.

**RELATIVITY OF TIME**  
A man is riding on a moving train. He is holding a tiny light that travels back & forth in the cabin to a mirror in the front and back to the ceiling. From his point of view the light source and the mirror are stationary, so the light travels directly down and up in perfectly vertical lines.  
From the point of view of a stationary observer standing outside the train, the light source and the mirror are moving. The light follows a path in the shape of a V. This path is longer than the one observed by the man on the train. Since light travels at the same speed for any observer, from the stationary point of view the ray takes longer than from the perspective of the man on the train. Or, in other words, time passes slower for the man in the train than for the stationary observer. So, there is no meaning to the concept of absolute time. Time is relative to the observer.

**RELATIVITY OF LENGTH**  
The man in the train is now trying to measure the length of the car by sending a ray of light from one end to the other, knowing the speed of light and the time the ray takes to reach the other end. He can calculate the length of the car.  
From the point of view of the stationary observer the end of the train is moving to meet the ray of light, so it has to travel a shorter distance. The stationary observer will calculate a shorter length for the car than the man in the train. So, there is no meaning to the concept of absolute length. Length is relative to the observer.

**HISTORY'S FAMOUS EQUATION**  
Another landmark idea in the Special Theory of Relativity is the equation  $E=mc^2$ , and even more so,  $E=mc^2$  is an equation that shows that energy and mass are interchangeable. Energy is the capacity to do work, and mass is the amount of matter that makes up an object. The equation shows that energy and mass are two different forms of the same thing, which can be converted into each other. The equation is a key part of the Special Theory of Relativity.

**GENERAL THEORY OF RELATIVITY**  
The theory asserts that movement and motion is relative to the observer, as the Special theory did for the uniform motion. It shows that inertia (the force that keeps you against the back of your seat when your car accelerates) and gravity are equivalent forces, two sides of the same phenomenon.

**THE EQUIVALENCE OF GRAVITY AND ACCELERATION**  
A man is inside an elevator that is accelerating upwards at a constant rate. The forces he experiences (feet pressing on the floor) and the way objects fall are indistinguishable from those produced by gravity.

**THE GEOMETRICAL INTERPRETATION OF GRAVITY**  
According to Einstein gravity is not a force at all. It is a distortion or curvature of the space-time (a four-dimensional compound of the three dimensions of space plus time) that occurs around any massive body, for example, the Sun. It's like a rubber sheet being bent by a weight placed in its center. Even light curves when passing close to a massive body. Thus the position of a star appears displaced if its light passes close to the Sun. This effect was observed in 1919, confirming the General Theory of Relativity.

**BLACK HOLES**  
If there is an extremely massive object, such as a star, that has collapsed into a point, the force of gravity is so strong that not even light can escape. This is a black hole.

**WORMHOLE**  
A bridge between two different points in space-time. It is a curved space-time tunnel that connects two different points in space-time. It is a hypothetical structure that could allow travel between two different points in space-time without having to travel the distance between them.

**CONTEÚDO**



# Aula 1

## Cinemática - Introdução

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.8 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer as questões 8, 9, 10, 11, 12 e 13

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.13 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.21
Fazer as questões 5, 6, 7, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 34, 36, 37, 38, 40, 41 e 42

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.16 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer a Leitura 2 – P.25
Analisar os Desafios – P.18
Fazer as questões 1, 2, 3, 4, 19, 23, 31, 33, 35, 39, 43, 44 e 45



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.





▪ **Parte 1**

**Introdução**

**Cinemática** é a parte da mecânica que se dedica ao **estudo do movimento**, procurando analisá-lo, classificá-lo, prevê-lo estabelecendo suas leis, **sem preocupar-se com suas causas**.



**Instante de tempo ( t )**

*instante do tempo*

É um **momento** qualquer de um espaço de tempo. Quando uma partícula está em movimento, em cada instante de tempo ela ocupa uma dada posição em relação a um referencial, possui uma velocidade e uma aceleração.

*momento do tempo*



**UNIDADE DE TEMPO NO SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)**

O Sistema Internacional de unidades (SI) é o sistema de unidades oficialmente adotado no Brasil. Na Mecânica corresponde ao sistema MKS, que adota como unidades fundamentais o metro (m), o quilograma (kg) e o segundo (s).

A unidade de tempo no SI é o segundo (s). Primitivamente, era definido como sendo a fração 1 / 86 400 do dia solar médio, sendo este relacionado com a duração da rotação da Terra.

Em virtude das irregularidades do período de rotação terrestre, a definição acima não apresentava a exatidão requerida. Em 1967, estabeleceu-se uma definição mais precisa, baseada na duração da transição entre dois níveis de energia de um átomo.

"O segundo é a duração de 9 192 631 770 períodos de radiação, correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133." (13ª CGPM - 1967; resolução 1)

São ainda normalmente utilizadas as unidades múltiplas: *minuto* ( 1 min = 60 s ) e *hora* ( 1h = 3 600 s )





Há fenômenos que ocorrem com duração muito curta, sendo necessário, para seu estudo, "torná-los mais demorados". Na verdade, o que se faz é fotografar o fenômeno a intervalos de tempo menores ainda que a sua duração. As fotografias instantâneas e sucessivas do fenômeno, projetadas numa velocidade menor, permitem "vê-lo" ocorrendo mais lentamente.

A maneira de serem obtidas as fotografias é tecnicamente complexa, tanto mais quanto mais rápida for a ocorrência do fenômeno estudado. Se o tempo de duração não for extremamente pequeno, pode-se utilizar o método da *fotografia estroboscópica*, na qual o obturador da câmara se abre a intervalos de tempo pequenos, registrando no filme cenas sucessivas do fenômeno que está ocorrendo.

Para registrar fenômenos ainda mais rápidos, é usado um outro procedimento, o do "flash-múltiplo". Num ambiente totalmente escuro, o obturador da câmara é mantido aberto e o *flash* se acende a intervalos de tempo muito reduzidos. No filme, só se registram os quadros quando a cena é iluminada.

Por outro lado, fenômenos muito demorados podem ser "apressados", por meio da projeção de fotos sucessivas do fenômeno num ritmo mais rápido que aquele em que as fotografias foram obtidas. Por exemplo, o desabrochar de uma flor, que dura horas, poderá demorar apenas alguns segundos para o espectador.

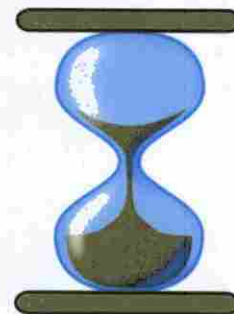


fotografia estroboscópica de uma bola em movimento

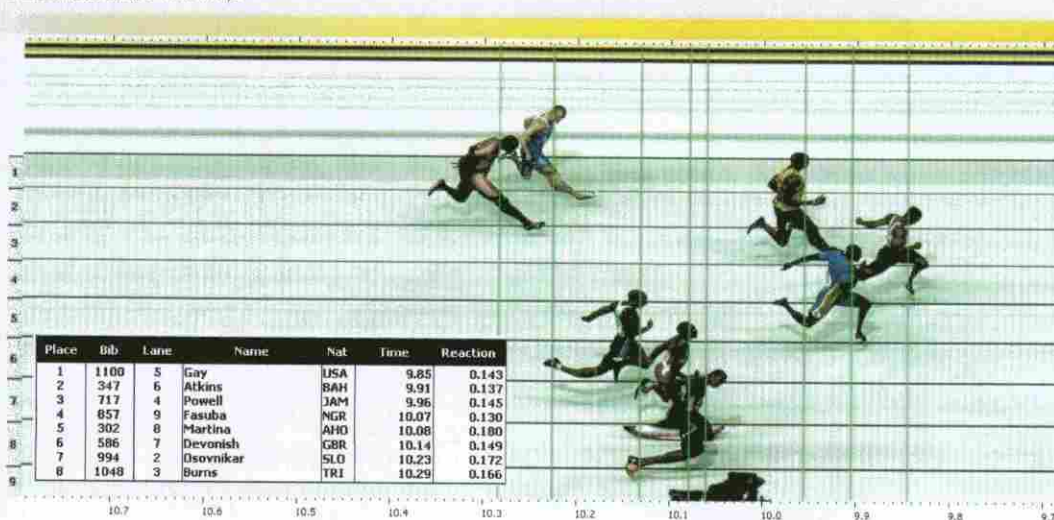
## Intervalo de tempo ( $\Delta t$ )

É o **espaço de tempo** compreendido entre dois instantes de tempo quaisquer. Em um intervalo, de tempo qualquer, existem "n" instantes de tempo.

$$\Delta t = t_F - t_0$$



Start: 25/08/2007 22:20,43 Wind: -0.5 M/5



Esta é uma foto dos 2007 Campeonato Mundial de Atletismo em Osaka. Você pode ver claramente o tempo ao longo do fundo. Resolução de tecnologia de câmera acabamento moderno melhorou, e milésimos são facilmente discerníveis.



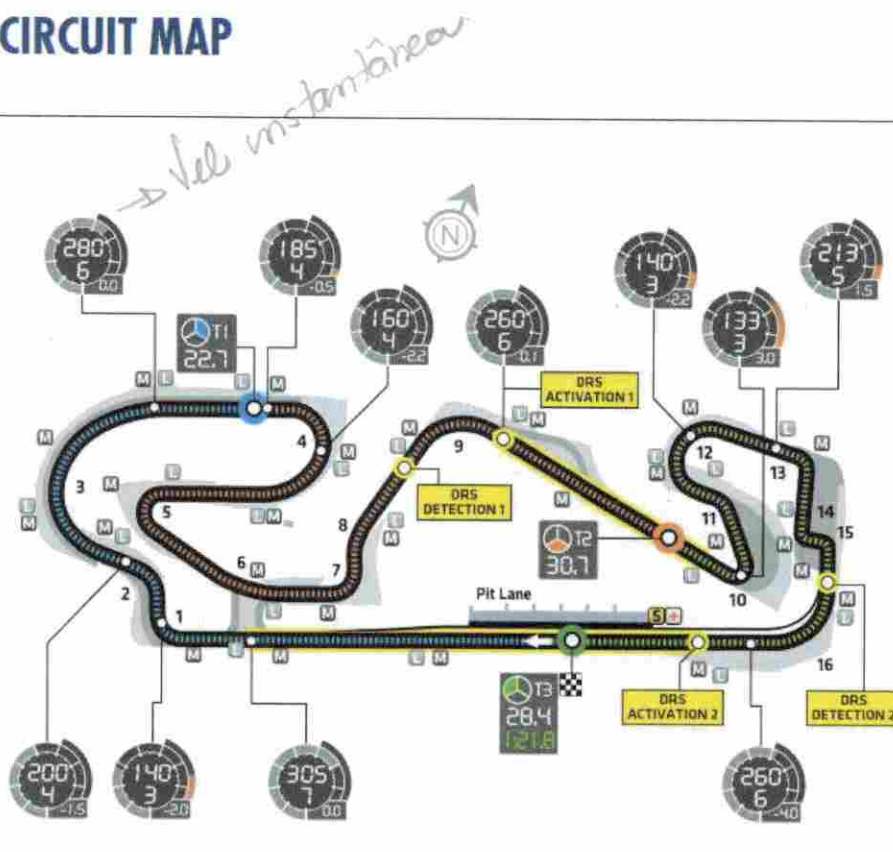


## SPANISH GRAND PRIX - CIRCUIT MAP

### Spanish GP

**ROUND 05**

**RACE DATE:** 11 MAY 2014  
**CIRCUIT NAME:** CIRCUIT DE CATALUNYA  
**NUMBER OF LAPS:** 66  
**START TIME:** 14:00 Local - 12:00 GMT  
**CIRCUIT LENGTH:** 4.655KM  
**RACE DISTANCE:** 307.104KM  
**LAP RECORD:** 1:21.670 - K Raikkonen [2008]



**ROUND 05**

**RACE DATE:** 11 MAY 2014  
**CIRCUIT NAME:** CIRCUIT DE CATALUNYA  
**NUMBER OF LAPS:** 66

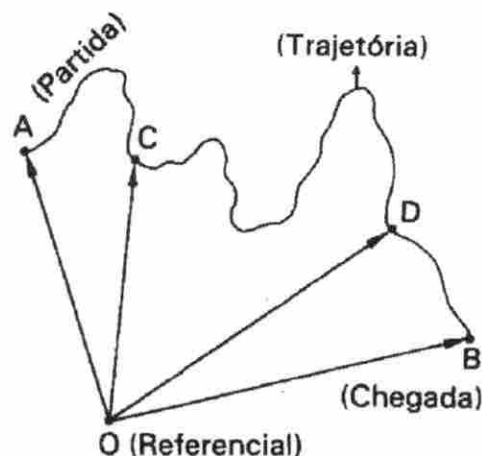
**START TIME:** 14:00 Local - 12:00 GMT  
**CIRCUIT LENGTH:** 4.655KM  
**RACE DISTANCE:** 307.104KM  
**LAP RECORD:** 1:21.670 - K Raikkonen [2008]



### Posição

Definimos **vetor posição**  $\vec{X}$  ( ou apenas posição ) de um móvel em relação a certo referencial como sendo o vetor que tem origem no referencial e extremidade no ponto onde se encontra o móvel.

No esquema ao lado é apresentado um móvel que sai do ponto A e vai até o ponto B, descrevendo uma trajetória irregular. O vetor  $\vec{OA}$  é o vetor posição inicial e o vetor  $\vec{OB}$  é o vetor posição final. Em cada instante do movimento teremos outros vetores ( $\vec{OC}, \vec{OD}$ ) que indicam a posição do móvel.

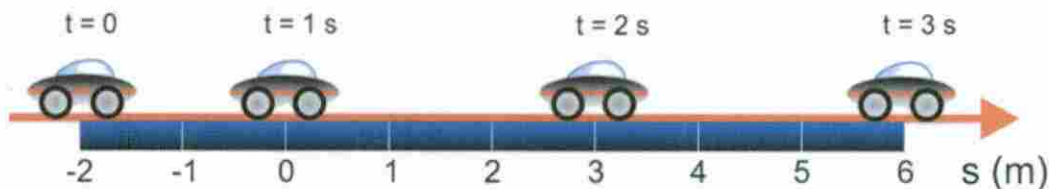


### ATENÇÃO !

A posição ocupada por uma móvel depende do referencial tomado para o movimento.



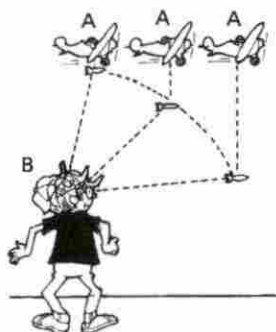
## Movimento retilíneo



## Trajétoria

A trajetória desenvolvida por uma móvel é o conjunto das posições por ele ocupadas durante o movimento.

**A TRAJETÓRIA DEPENDE DO REFERENCIAL.**



O observador A, dentro do avião, vê a bomba caindo ao longo de uma reta. Para o observador B, a trajetória da bomba é parabólica.



Em relação a pessoa que está parada na rua o carro está em movimento. Para as pessoas no banco traseiro o carro não está em movimento em relação a elas mesmas.

## Distância ( d )

A **distância** percorrida pelo móvel é uma grandeza escalar e indica a medida da trajetória realmente percorrida. Em um carro, por exemplo, é a leitura do odômetro.

## UNIDADE DE COMPRIMENTO NO SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

A unidade de comprimento no SI é o metro (m). Antigamente, o metro era definido como a distância a 0°C entre dois traços feitos numa barra de platina iridiada. A necessidade de uma definição mais precisa, orientada por um padrão natural e indestrutível, fez com que se estabelecesse em 1960 a seguinte definição para o metro:

"O metro é o comprimento igual a 1 650 763,73 comprimentos de onda, no vácuo, da radiação correspondente à transição entre os níveis  $2p_{10}$  e  $5d_5$  do átomo de criptônio 86."

No entanto, verificou-se que essa definição ainda estava aquém da precisão exigida em certas medidas astrofísicas. Por isso, a Conferência Internacional de Pesos e Medidas, reunida em outubro de 1983, estabeleceu uma nova e mais precisa definição para o metro:

"O metro é o comprimento do trajeto percorrido no vácuo pela luz no intervalo de tempo de  $1 / 299\,792\,458$  de segundo."

Com certa frequência, utilizamos o múltiplo quilômetro ( $1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$ ) e os submúltiplos centímetro ( $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$ ) e milímetro ( $1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$ ).



## Deslocamento ( $\Delta\vec{X}$ )

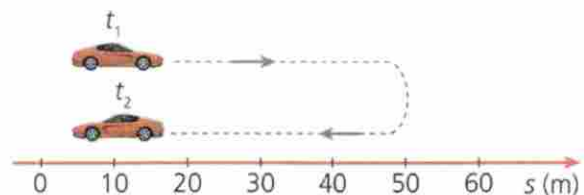
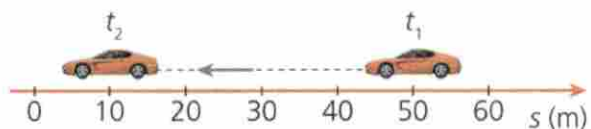
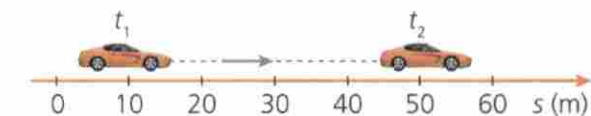
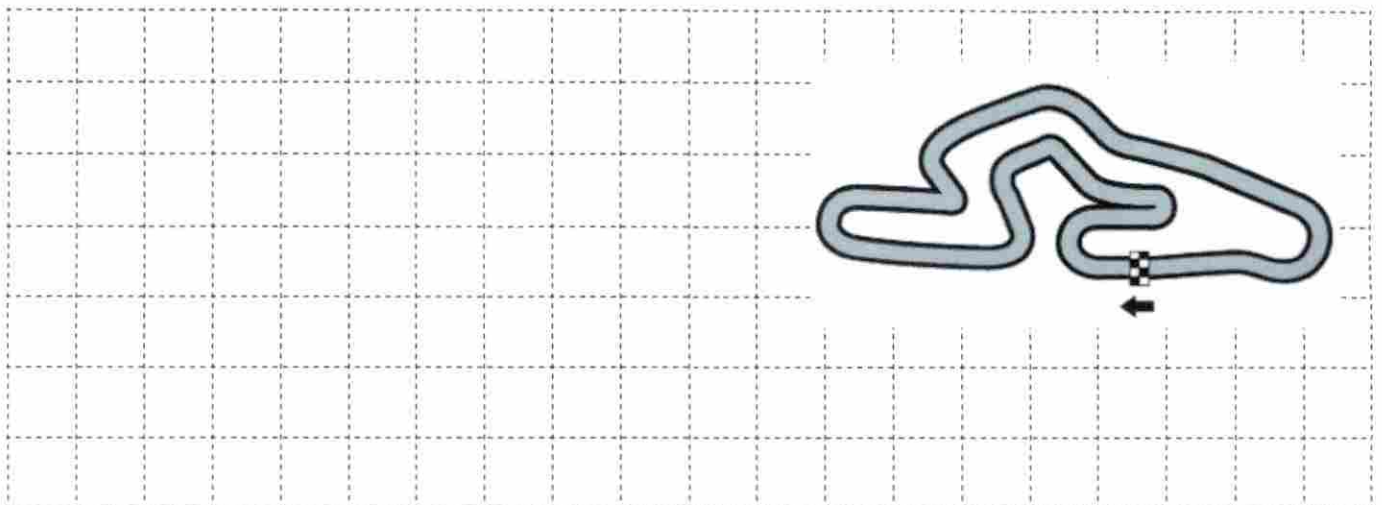
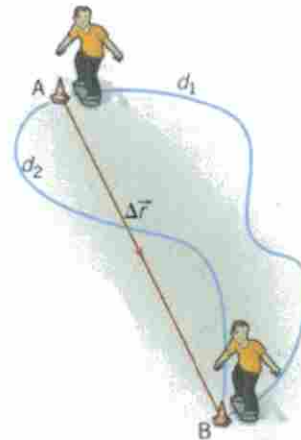
Definimos o vetor deslocamento  $\Delta\vec{X}$  (ou apenas deslocamento) de um móvel em relação a certo referencial como sendo a variação do vetor posição em relação a esse mesmo referencial.

Na figura ao lado é representada a trajetória de um móvel que parte do ponto A e se desloca até o ponto B.

$\vec{OA}$  é o vetor posição inicial,  $\vec{OB}$  o final e  $\vec{AB}$  o deslocamento  $\Delta\vec{X}$  do móvel.

O vetor deslocamento tem sua origem no ponto onde o móvel inicia o movimento e sua extremidade onde termina o mesmo movimento.

$$\Delta\vec{X} = \vec{X}_F - \vec{X}_0$$





▪ **Parte 2**

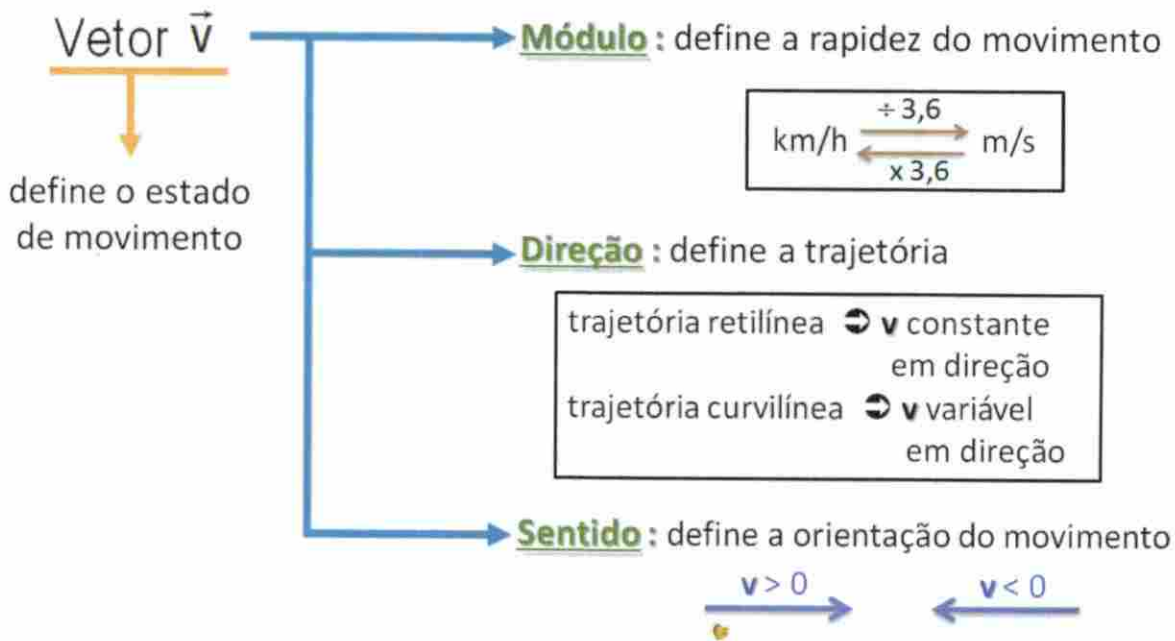
**Velocidade**

## Velocidade instantânea ( $\vec{v}$ )

É o vetor velocidade (**MÓDULO**, **DIREÇÃO** e **SENTIDO**) em cada instante de tempo do movimento.

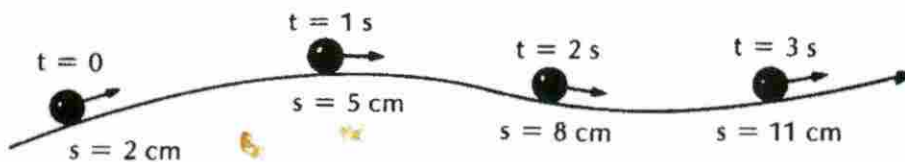


O vetor  $\vec{v}$  é sempre tangente a trajetória.



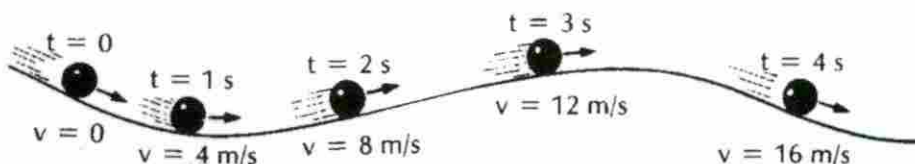
### M.U. - Movimento Uniforme

$|\vec{v}| = \text{constante} \rightarrow$  mesmas distâncias percorridas em mesmos intervalos de tempo



### M.U.V. - Movimento Uniformemente Variado

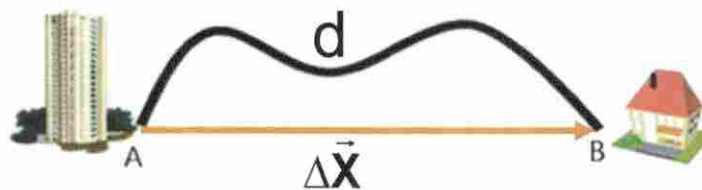
Iguais variações no módulo da velocidade em mesmos intervalos de tempo





## Velocidade média

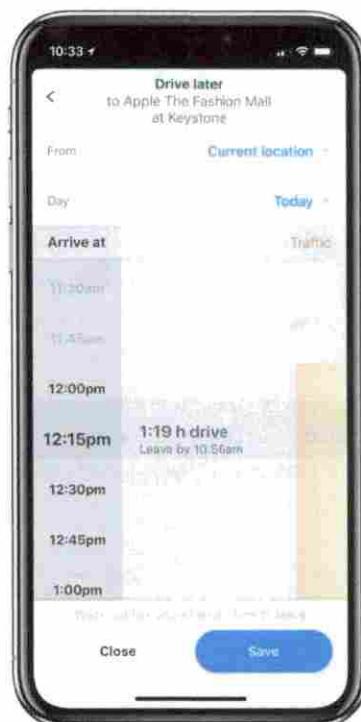
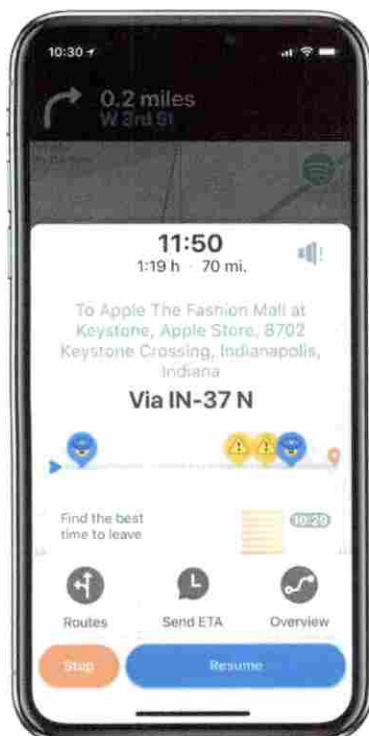
velocidade escalar média ( $v_M$ )	velocidade média ou velocidade vetorial média ( $\vec{v}_M$ )
É a razão entre a distância ( $d$ ) percorrida pelo móvel e o tempo ( $\Delta t$ ) gasto para percorrê-la.	É a razão entre o deslocamento ( $\Delta\vec{X}$ ) efetuado pelo móvel e o tempo ( $\Delta t$ ) gasto nesse.
$v_M = \frac{d}{\Delta t}$	$\vec{v}_M = \frac{\Delta\vec{X}}{\Delta t}$



→  $v_M = \frac{v_0 + v_F}{2}$  pode ser utilizado apenas em **movimentos uniformemente variados**.

→ tempo de parada faz parte do  $\Delta t$  do movimento.

## TENDÊNCIA





**EXEMPLO** : A décima etapa (Stage 9) do **Rally Dakar 2018** ocorreu entre as cidades de Tupiza e Salta no dia 15.1.18. Na categoria carros, dois trechos de uma das etapas foram percorridos por um dos competidores de acordo com a tabela de cronometragem:

00:00 h – 04:00 h	300 km
04:00 h – 06:00 h	200 km



Sabendo-se que o segmento de reta entre Tupiza e Salta mede 260 km, determine a velocidade escalar média e a velocidade média.

---

---

---

---

---

---

---

---

## MODELAGEM

### UFRGS

Um carrinho de brinquedo move-se em linha reta sobre um piso de tábua, mantendo uma velocidade constante de 0,30 m/s durante 4,0 s. Em seguida, ao passar para um piso de carpete, reduz sua velocidade para um valor constante de 0,20 m/s durante 6,0 s. Qual a velocidade média do carrinho durante estes 10,0s?

- A) 0,20 m/s
- B) 0,24 m/s
- C) 0,25 m/s
- D) 0,30 m/s
- E) 0,50 m/s

$$v_M = d \div \Delta t$$

$$v_M = (d_1 + d_2) \div (\Delta t_1 + \Delta t_2)$$

$$v_M = (0,3 \cdot 4 + 0,2 \cdot 6) \div (4 + 6)$$

$$v_M = (1,2 + 1,2) \div 10$$

$$v_M = 2,4 \div 10$$

$$v_M = 0,24 \text{ m/s}$$

**(Resposta B)**





## MODELAGEM

Uma moto de corrida percorre uma pista que tem o formato aproximado de um quadrado com 5 km de lado. O primeiro lado é percorrido a uma velocidade média de 100 km/h, o segundo e o terceiro a 120 km/h, e o quarto a 150 km/h. Qual a velocidade média da moto nesse percurso ?

- A) 110 km/h
- B) 120 km/h
- C) 130 km/h
- D) 140 km/h
- E) 150 km/h

$$v_M = d \div \Delta t$$

$$v_M = ( 5 + 5 + 5 + 5 ) \div ( 5/100 + 5/120 + 5/120 + 5/150 )$$

$$v_M = 20 \div ( 5/100 + 10/120 + 5/150 )$$

$$v_M = 20 \div ( 1/60 )$$

$$v_M = 120 \text{ km/h}$$

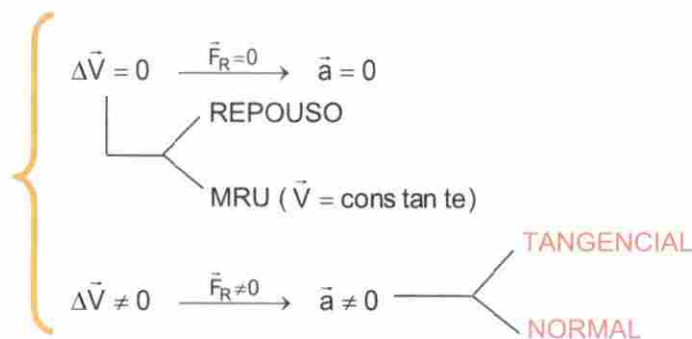
(Resposta B)

### ▪ Parte 3

### Aceleração

#### Aceleração ( $\vec{a}$ )

É uma grandeza vetorial que informa **como varia** o vetor velocidade  $\vec{v}$  em função do tempo.



**ACELERAÇÃO TANGENCIAL** - mostra a variação no **módulo** do vetor velocidade por unidade de tempo.





módulo : Taxa de variação da velocidade em relação ao tempo.





$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \rightarrow \frac{m}{s^2} = \frac{m/s}{s}$$

direção : o vetor  $\vec{a}$  tem mesma direção do vetor velocidade.

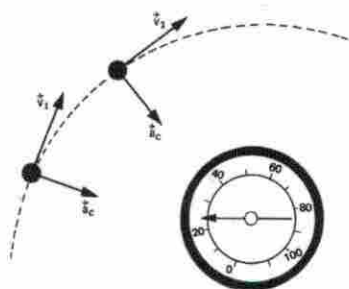
sentido :  $\vec{a}$  e  $\vec{v}$  com mesmo sentido  $\Rightarrow$  aumento no módulo da  $\vec{v} \Rightarrow$  **movimento acelerado**

$\vec{a}$  e  $\vec{v}$  com sentidos opostos  $\Rightarrow$  redução no módulo da  $\vec{v} \Rightarrow$  **movimento retardado**



<p>1º) movimento <b>progressivo</b> e acelerado.</p>  <p><math>\vec{V} &gt; 0</math>      <math>\vec{a} &gt; 0</math></p>	<p>2º) movimento <b>regressivo</b> e acelerado.</p>  <p><math>\vec{V} &lt; 0</math>      <math>\vec{a} &lt; 0</math></p>
<p>3º) movimento <b>progressivo</b> e retardado.</p>  <p><math>\vec{V} &gt; 0</math>      <math>\vec{a} &lt; 0</math></p>	<p>4º) movimento <b>regressivo</b> e retardado.</p>  <p><math>\vec{V} &lt; 0</math>      <math>\vec{a} &gt; 0</math></p>

**ACELERAÇÃO NORMAL (OU CENTRÍPETA)** - mede a variação da **direção** da velocidade em relação ao tempo (movimento em trajetória curva).



$$|\vec{V}_1| = |\vec{V}_2|$$

$$\vec{V}_1 \neq \vec{V}_2$$

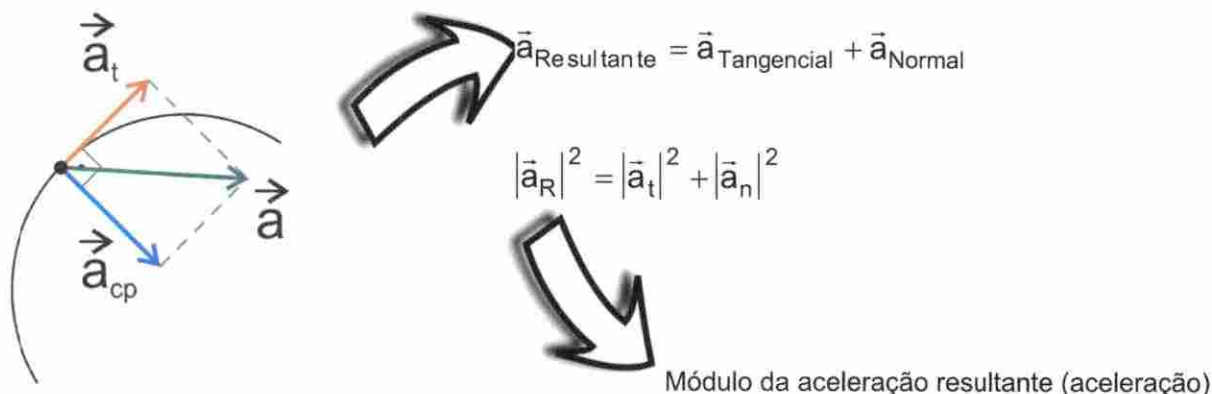
módulo :  $a = \frac{v^2}{R}$

direção : perpendicular ao vetor velocidade.  $\vec{a}_N \perp \vec{v}$

sentido : orientado para o centro de curvatura da trajetória.



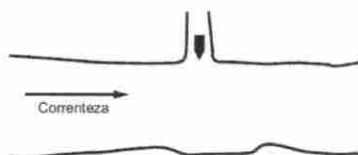
**ACELERAÇÃO RESULTANTE (ACELERAÇÃO)** : é o vetor resultante dos vetores aceleração tangencial e normal em cada posição.



## DESAFIO

### ENEM 2017 2ª

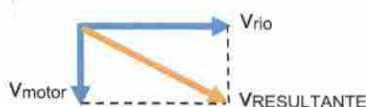
Um longo trecho retilíneo de um rio tem um afluente perpendicular em sua margem esquerda, conforme mostra a figura. Observado de cima, um barco trafega com velocidade constante pelo afluente para entrar no rio. Sabe-se que a velocidade da correnteza desse rio varia uniformemente, sendo muito pequena junto à margem e máxima no meio. O barco entra no rio e é arrastado lateralmente pela correnteza, mas o navegador procura mantê-lo sempre na direção perpendicular à correnteza do rio e o motor acionado com a mesma potência.



Pelas condições descritas, a trajetória que representa o movimento seguido pelo barco é:



Quando o barco inicia a travessia do ria fica sob ação de duas velocidades: a do seu motor, que se mantém constante e a da correnteza, que aumenta uniformemente.



Se ambas fossem constantes, a sua resultante também seria, e a resposta seria a alternativa A. Porém, como a velocidade horizontal, imprimida pela correnteza, aumenta, a avanço horizontal do barco, em mesmo intervalos de tempo, é maior do que o avanço vertical.

**Resposta D.**

 DESAFIO

## ULBRA 18/1

Um dos maiores parques de diversão do Brasil é o "Playcenter", localizado na cidade de São Paulo. Lá tem uma atração chamada "Looping Star", espécie de montanha-russa horizontal, cujos vagões do "trem" atingem 90 km por hora, fazendo um looping horizontal a 20 metros de altura.



Essa diversão foi projetada pelos engenheiros alemães Anton Schwarzkopf e Werner Stengel. Sendo o raio de giro (distância do centro do suporte vertical à extremidade externa do vagão) de 15 m, determine a razão entre a aceleração centrípeta que atua no trem e a aceleração da gravidade ( $g=10 \text{ m/s}^2$ ).

- A) 2/5
- B) 1/2
- C) 2/3
- D) 9/10
- E) 25/6

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

$$a_c = (90/3,6)^2 \div 15$$

$$a_c = 625/15 \text{ m/s}^2$$

$$a_c/g = (625/15)/10 = 625/150 = 25/6$$

(Resposta E)



## ANOTAÇÕES

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing notes.



## LEITURA 1

### Como funcionam os radares de trânsito

Entenda o complexo processo que existe nos equipamentos de medição de velocidade utilizados nas grandes vias urbanas.

Presente na maioria das grandes cidades, os radares eletrônicos são ao mesmo tempo um suporte para a segurança dos motoristas e um incômodo para os usuários do sistema viário. Isso acontece porque há muitos que julgam os radares como “caça-níqueis”, mas a verdade é que, em locais que há a presença desses redutores de velocidade, o índice de acidentes pode cair muito.

Segundo a assessoria de imprensa da Urbs (Urbanização de Curitiba), comparando os anos de 1999 (quando os radares começaram a ser utilizados) e 2009, o nível de acidentes caiu 42% e o de atropelamentos caiu 65%, nas áreas fiscalizadas. É importante dizer que, nesse mesmo período, a frota da cidade cresceu quase 70%.

Há muitas pessoas que imaginam o sistema de radares como algo simples, mas existe muita tecnologia empregada em cada um dos “pardais” que estão nos postes das avenidas mais movimentadas. Para entendermos melhor esse sistema, vamos começar com uma rápida conceituação da tecnologia dos radares.

### O que são radares?

Um radar comum é composto por enormes antenas e eletricidade. Eles enviam pulsos eletromagnéticos intermitentes por longas distâncias, e quando há algum objeto que reflita o pulso (helicópteros, por exemplo), a antena capta a resposta e consegue calcular imediatamente a distância em que estão os objetos.

No pulso seguinte, o mesmo processo é realizado, mas há uma função adicional. Com as duas informações de distância recebidas, um rápido cálculo da relação entre elas e o tempo de intervalo pode ser feito para que a velocidade dos objetos seja obtida. E essa é apenas uma das funções dos radares de controle aéreo ou detecção de inimigos, por exemplo.



Radares são muito utilizados também por serviços de previsão meteorológica. As massas de ar e os outros elementos do tempo refletem os pulsos eletromagnéticos. Água, gelo e poeira são percebidos pelos radares, que enviam as informações até os computadores dos centros de meteorologia, onde elas são entendidas pelos profissionais da área.

### O efeito Doppler

Você se lembra das suas aulas de física? Então deve se lembrar do efeito Doppler, estudado junto aos conceitos de acústica. Para refrescar sua memória, vamos a um exemplo prático do efeito Doppler: quando uma ambulância está se aproximando, você ouve a sirene de uma maneira e, quando ela está se afastando, você ouve de outra forma. Devido à distância, percebemos a frequência de um jeito diferente.

Essa diferença está de volta com os radares, mas em vez de percepção sonora o que muda são as frequências das ondas eletromagnéticas. Dessa forma, é possível calcular a velocidade com que os objetos estão se aproximando. Também é assim que os institutos de meteorologia calculam quando as chuvas chegarão às cidades.



### Radars de trânsito

Agora que você já sabe como é o funcionamento dos radares em geral, está na hora de saber como funcionam os equipamentos utilizados pelas empresas responsáveis pela fiscalização das vias urbanas. Podemos dividi-los em dois segmentos principais: fixos e móveis, sendo que cada um deles possui suas particularidades.

Os mais comuns nas cidades brasileiras são os fixos, também conhecidos como “pardais”. Mais à frente explicaremos por que muitos não os consideram radares e também explicaremos o funcionamento dos dois tipos já mencionados. Então se prepare para adicionar mais esses assuntos ao seu plantel de conhecimentos sobre tecnologia.



### Radars fixos

O infográfico que você confere nesse link (<http://goo.gl/pfb6tj>) mostra o funcionamento dos radares fixos, os chamados “pardais” que ficam acoplados aos postes em vias muito movimentadas ou em que ocorrem muitos acidentes. Por lei, é obrigatório que as vias fiscalizadas possuam sinalização indicando a presença dos sensores de velocidade. Isso evita que os motoristas sejam pegos de surpresa pelos aparelhos.

Ao passar por um ponto fiscalizado, você pode perceber que não existem apenas as câmeras no poste. O sistema possui também três faixas de sensores e um computador que calcula a velocidade e transmite os dados até as centrais da empresa responsável (ele fica em uma caixa, logo abaixo das câmeras). Agora, vamos entender a importância de cada peça desse complexo aparelho.

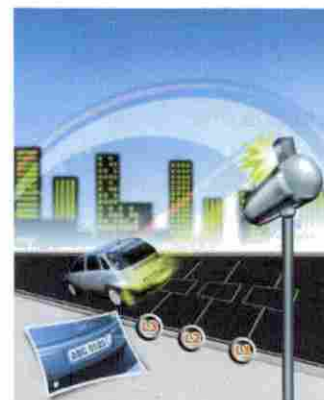
### Sensores magnéticos

Eles podem ser vistos por qualquer pessoa, pois não é difícil identificá-los. Perto dos “pardais”, sempre podem ser vistas algumas marcações no chão. São os sensores magnéticos que enviam os pulsos até os computadores de medição, em que serão realizados os cálculos que indicam em quais velocidades os motoristas passam pela via.

Os três sensores funcionam em conjunto, criando um campo eletromagnético. Como os veículos são compostos por elementos ferromagnéticos, os sensores são afetados por eles. Dessa maneira, assim que o carro ou a motocicleta passar pelo primeiro o sensor, o campo magnético é anulado e reativado quando o segundo sensor for acionado.

Rapidamente são realizados cálculos entre a distância e o tempo, para que seja definida a velocidade com que o veículo cruzou os sensores. É aquele mesmo cálculo das aulas de física (a distância dividida pelo tempo percorrido é igual à velocidade) que define a quantos quilômetros por hora o motorista estava.

Se estiver acima da velocidade permitida, o cálculo é refeito entre o segundo e o terceiro sensor. Sendo confirmado o excesso de velocidade, as câmeras (que estão em constante funcionamento) armazenam a imagem do veículo e a enviam para a central de infrações.





## Câmeras de captura

Como o SINIAV ainda não foi colocado em prática, os carros e motos não possuem chips de identificação eletrônica. Dessa forma, exige-se que câmeras estejam apontadas para as ruas para que seja possível capturar as imagens de todos os automóveis que ultrapassarem os limites de velocidade.

As câmeras ficam ligadas o tempo todo, mas não armazenam os dados de todos os carros. Quando um veículo está mais rápido do que deveria, a imagem é paralisada e enviada para as centrais. Só então os profissionais responsáveis entram em cena e identificam as letras e números das placas captadas.

Assim que for identificado o veículo, a multa é emitida e enviada para a casa do proprietário. Após a emissão, o dono do carro autuado tem 15 dias para apresentar um condutor. Não o fazendo, a multa e os pontos serão aplicados sobre a carteira do proprietário.



## Computador

De nada adiantariam os sensores localizados no chão das vias se não existisse um computador para calcular a velocidade com que os carros passam sobre eles. O aparelho realiza os cálculos e os compara com a velocidade máxima programada para a via. Caso esteja de acordo com o exigido, nada ocorre.

Mas se ao cruzar os dados o computador verificar que há o excesso de velocidade, então ele ordenará que a câmera capture a imagem do veículo e a fotografia é redirecionada para a central. Ao anoitecer, é esse equipamento que ativa os sensores infravermelhos das câmeras para que elas capturem as placas mesmo com pouca luz.

## Radars fixos são mesmo radares?

Existe uma discussão por parte de muitos pesquisadores em relação à nomenclatura "radar" para os dispositivos de fiscalização eletrônica. Segundo a definição, um radar emite ondas eletromagnéticas e o reflexo delas cria o efeito Doppler utilizado para calcular a distância e a velocidade dos objetos.

Como os radares fixos não funcionam dessa forma (pois eles não emitem ondas para os veículos), o que acontece é apenas uma desativação momentânea do campo eletromagnético. Por essa razão, os "pardais" podem não ser considerados radares.

Da mesma forma, boa parcela das lombadas eletrônicas também foge da definição dos radares. Os sensores utilizados pelas lombadas não são eletromagnéticos, por isso não são ativados com a presença de objetos ferromagnéticos. Eles são ativados pelo peso dos veículos, sendo apenas dois sensores em vez de três.

É importante dizer que os radares fixos só são instalados após estudos muito profundos sobre a importância deles nos locais. Segundo a assessoria de imprensa da Urbs (Urbanização de Curitiba), eles só podem ser instalados após avaliação do INMETRO, que também é responsável pela aferição e fiscalização de cada um.







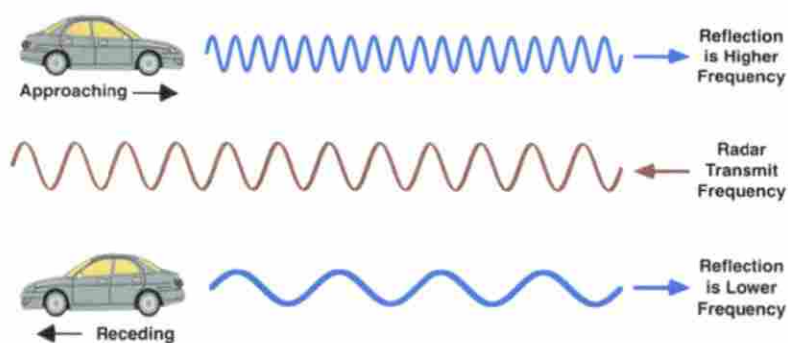
## Radars móveis

Quanto a esses, não há dúvidas. Os radares móveis são mesmo radares e funcionam da mesma maneira do que aqueles utilizados pelos militares na busca de inimigos. Sempre acompanhados de membros do departamento responsável pela via (Polícia Rodoviária Estadual ou Federal, Departamento de Trânsito Estadual ou Municipal, por exemplo), esses radares funcionam da seguinte maneira:

As "armas de radar" (aquelas que são empunhadas pelos policiais) emitem ondas eletromagnéticas para os carros. O tempo entre uma emissão e outra é constante, mas os reflexos não oferecem a mesma constância (a menos que o veículo esteja parado). A diferença entre uma reflexão e outra representa o efeito Doppler (explicado mais acima).

Com esse efeito, o mesmo equipamento de medição realiza os cálculos e fornece a velocidade para o policial responsável. Para resultados mais confiáveis, geralmente há dois equipamentos juntos nas estradas e ruas. Dessa forma, se for confirmado o excesso de velocidade, o motorista é multado da mesma maneira que acontece com os radares fixos.

Esses são os dois tipos de radares utilizados para a fiscalização da frota brasileira. É necessário lembrar que todos os fixos devem ser fiscalizados pelas agências de trânsito (municipais, estaduais e federais, de acordo com a via) e também precisam passar por constantes manutenções para evitar erros nas medições.





## LEITURA 2

## Os 100 m rasos

A expressão "o homem mais rápido do mundo" é reservada para o recordista dos 100 metros rasos. Quão rápido é esse homem mais rápido do mundo?

Uma das provas de atletismo mais conhecidas é a corrida de 100 m. O atual recorde mundial, de 9,58 s, foi batido pelo atleta jamaicano Usain Bolt em 2009, durante o Campeonato Internacional de Atletismo de Berlin. A velocidade média nessa corrida foi de 10,4 m/s (ou cerca de 38 km/h).



Nesse tipo de competição, a velocidade do atleta varia muito. No início, o atleta está (obviamente) parado. Ao iniciar a prova, ele acelera até atingir uma velocidade máxima, de aproximadamente 12 m/s (cerca de 43 km/h). Alguns atletas conseguem manter a velocidade máxima até o final da prova. Outros, entretanto, perdem um pouco da velocidade depois de alguns segundos, e a terminam com uma velocidade ligeiramente inferior à máxima. (Diferentes atletas têm diferentes estratégias; alguns aceleram mais intensamente no início e perdem velocidade mais rapidamente no fim da prova; outros aceleram menos intensamente, mas mantêm uma velocidade alta por mais tempo).

O gráfico mostra a velocidade em função do tempo do atleta jamaicano Usain Bolt, na competição em que bateu o recorde mundial. A velocidade máxima foi atingida cerca de 6 s após o início da prova. Depois disso, o atleta começou a perder velocidade, terminando a prova com "apenas" 11,7 m/s.

Até os 6 s, quando o atleta atinge a velocidade máxima, a aceleração é positiva. Nesse instante ela se anula e, a partir daí, é ligeiramente negativa.

A taxa de variação da velocidade com o tempo, a aceleração, pode ser percebida no gráfico pela inclinação da curva que representa a velocidade ao longo do tempo. No caso do recorde mundial de Usain Bolt, a aceleração máxima, que ocorreu no início da prova, chegou a 10 metros por segundo ao quadrado.



Usando as equações básicas da dinâmica, podemos ver que para conseguir essa aceleração o atleta deve fazer uma força média horizontal aproximadamente igual ao seu peso. Mas se o atleta consegue fazer uma força para acelerar seu corpo igual ao seu peso, por que ele não continua fazendo isso até o final da prova? A resposta para isso está no fato que não é só a força que limita o desempenho de um atleta, mas, também, a potência que ele produz. Por exemplo, acelerar uma massa da ordem de 80 kg a 10 metros por segundo ao quadrado, quando a velocidade é de aproximadamente 5 m/s, implica em produzir uma potência mecânica da ordem de quatro quilowatts (a potência mecânica é igual ao produto da força pela velocidade), o que é muito, mesmo para atletas bem treinados. Conclusão: um atleta consegue fazer uma força muito intensa para acelerar seu corpo enquanto a velocidade é baixa; quando a velocidade cresce, a força máxima que o atleta consegue fazer diminui.



## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

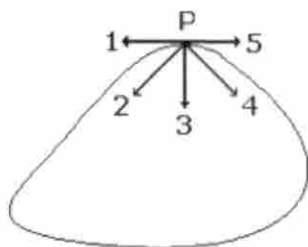
1. **UFRGS.** Trens MAGLEV, que têm como princípio de funcionamento a suspensão eletromagnética, entrarão em operação comercial no Japão, nos próximos anos. Eles podem atingir velocidades superiores a 550 km/h. Considere que um trem, partindo do repouso e movendo-se sobre um trilho retilíneo, é uniformemente acelerado durante 2,5 minutos até atingir 540 km/h. Nessas condições, a aceleração do trem, em  $m/s^2$ , é



- A) 0,1.
- B) 1.
- C) 60.
- D) 150.
- E) 216.

2. **UFRGS.** Um móvel percorre uma trajetória fechada, representada na figura abaixo, no sentido anti-horário

Ao passar pela posição P, o móvel está freando. Assinale a alternativa que melhor indica, nessa posição, a orientação do vetor aceleração total do móvel.



- A) 1.
- B) 2.
- C) 3.
- D) 4.
- E) 5.



3. UFRGS. A figura abaixo apresenta, em dois instantes, as velocidades  $v_1$  e  $v_2$  de um automóvel que, em um plano horizontal, se desloca numa pista circular.



Com base nos dados da figura, e sabendo-se que os módulos dessas velocidades são tais que  $v_1 > v_2$  é correto afirmar que

- A) a componente centrípeta da aceleração é diferente de zero.
- B) a componente tangencial da aceleração apresenta a mesma direção e o mesmo sentido da velocidade.
- C) o movimento do automóvel é circular uniforme.
- D) o movimento do automóvel é uniformemente acelerado.
- E) os vetores velocidade e aceleração são perpendiculares entre si.

4. ENEM. Um professor utiliza essa história em quadrinhos para discutir com os estudantes o movimento de satélites. Nesse sentido, pede a eles que analisem o movimento do coelho, considerando o módulo da velocidade constante.



SOUSA, M. Cebolinha, n. 240, jun. 2005.

Desprezando a existência de forças dissipativas, o vetor aceleração tangencial do coelho, no terceiro quadrinho, é

- A) nulo.
- B) paralelo à sua velocidade linear e no mesmo sentido.
- C) paralelo à sua velocidade linear e no sentido oposto.
- D) perpendicular à sua velocidade linear e dirigido para o centro da Terra.
- E) perpendicular à sua velocidade linear e dirigido para fora da superfície da Terra.



5. **ENEM.** Conta-se que um curioso incidente aconteceu durante a Primeira Guerra Mundial. Quando voava a uma altitude de dois mil metros, um piloto francês viu o que acreditava ser uma mosca parada perto de sua face. Apanhando-a rapidamente, ficou surpreso ao verificar que se tratava de um projétil alemão. PERELMAN, J. *Aprenda física brincando*. São Paulo: Hemus, 1970.

O piloto consegue apanhar o projétil, pois

- A) ele foi disparado em direção ao avião francês, freado pelo ar e parou justamente na frente do piloto.
- B) o avião se movia no mesmo sentido que o dele, com velocidade visivelmente superior.
- C) ele foi disparado para cima com velocidade constante, no instante em que o avião francês passou.
- D) o avião se movia no sentido oposto ao dele, com velocidade de mesmo valor.
- E) o avião se movia no mesmo sentido que o dele, com velocidade de mesmo valor.



6. **ENEM.** Astrônomos medem a velocidade de afastamento de galáxias distantes pela detecção da luz emitida por esses sistemas. A Lei de Hubble afirma que a velocidade de afastamento de uma galáxia (em km/s) é proporcional à sua distância até a Terra, medida em megaparsec (Mpc). Nessa lei, a constante de proporcionalidade é a constante de Hubble ( $H_0$ ) e seu valor mais aceito é de  $72 \text{ (km/s)/Mpc}$ . O parsec (pc) é uma unidade de distância utilizada em astronomia que vale aproximadamente  $3 \times 10^{16} \text{ m}$ . Observações astronômicas determinaram que a velocidade de afastamento de uma determinada galáxia é de  $1440 \text{ km/s}$ . Utilizando a Lei de Hubble, pode-se concluir que a distância até essa galáxia, medida em km, é igual a:

- A)  $20 \times 10^0$
- B)  $20 \times 10^6$
- C)  $6 \times 10^{20}$
- D)  $6 \times 10^{23}$
- E)  $6 \times 10^{26}$



7. **UFRGS.** No trânsito em ruas e estradas, é aconselhável os motoristas manterem entre os veículos um distanciamento de segurança. Esta separação assegura, folgadoamente, o espaço necessário para que possa, na maioria dos casos, parar sem risco de abalroar o veículo que se encontra na frente. Pode-se calcular esse distanciamento de segurança mediante a seguinte regra prática:

$$\text{distanciamento (em m)} = \left[ \frac{\text{velocidade (em km/h)}}{10} \right]^2$$

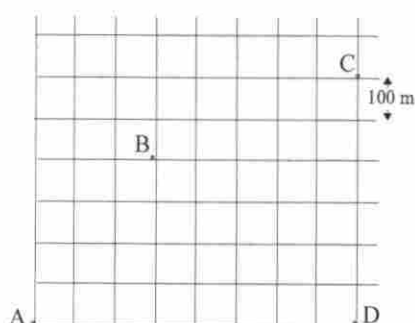
Em comparação com distanciamento necessário para um automóvel que anda a  $70 \text{ km/h}$ , o distanciamento de segurança de um automóvel que trafega a  $100 \text{ km/h}$  aumenta aproximadamente,





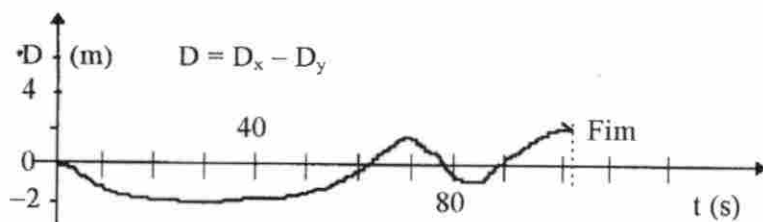
- A) 30%
- B) 42%
- C) 50%
- D) 80%
- E) 100%

8. A figura abaixo mostra o mapa de uma cidade em que as ruas retílineas se cruzam perpendicularmente e cada quarteirão mede 100 m. Você caminha pelas ruas a partir de sua casa, na esquina A, até a casa de sua avó, na esquina B. Dali segue até sua escola, situada na esquina C. A menor distância que você caminha e a distância em linha reta entre sua casa e a escola são, respectivamente:



- A) 1800 m e 1400 m.
- B) 1600 m e 1200 m.
- C) 1400 m e 1000 m.
- D) 1200 m e 800 m.
- E) 1000 m e 600 m.

9. UFRGS. O gráfico abaixo mostra a diferença  $D$  entre as posições  $D_x$  e  $D_y$  de dois corredores X e Y, respectivamente, numa corrida de 800 m, sendo  $t$  o tempo durante o qual se desenrolou a corrida.



Analisando o gráfico, pode-se afirmar que

- A) Y venceu a corrida
- B) X ultrapassou Y aos 80 segundos
- C) Y manteve-se à frente por mais de um minuto
- D) Y ultrapassou X três vezes.
- E) X venceu a prova por uma diferença superior a 4m.



10. PUCRS. A afirmação TODO MOVIMENTO É RELATIVO significa:

- A) Todos os cálculos de velocidade são imprecisos.
- B) Não existe movimento com velocidade constante.
- C) A velocidade depende sempre de uma força.
- D) A velocidade depende sempre de uma aceleração.
- E) A descrição de qualquer movimento requer um referencial.



11. Das afirmações :

- I - Uma partícula em movimento em relação a um referencial pode estar em repouso em relação a outro referencial.
- II - A forma da trajetória de uma partícula depende do referencial adotado
- III - Se a distância entre dois corpos (que viajam numa estrada retilínea) permanece constante, então um está em repouso em relação ao outro.



São corretas :

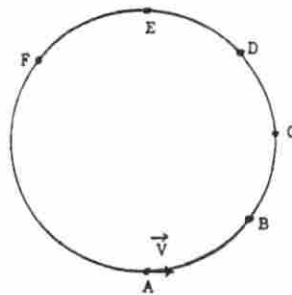
- A) apenas I e II
- B) apenas III
- C) apenas I e III
- D) todas
- E) apenas II e II

12. PUCRS. Um objeto desloca-se a partir do ponto A, seguindo uma trajetória circular com velocidade  $V$ , passando pelos pontos B, C, D, E e F, como mostra a figura.



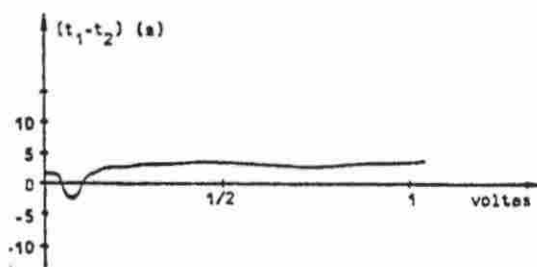
O maior vetor de deslocamento a partir do ponto A será no ponto

- A) B
- B) C
- C) D
- D) E
- E) F



13. UFRGS. Numa corrida de automóveis (G.P. de F1), foram registrados os tempos  $t_1$  e  $t_2$  que os carros 1 e 2 (respectivamente) levaram para percorrer as distâncias entre a posição de largada 0 e os diversos pontos da pista desse circuito de F1. O gráfico mostra a diferença ( $t_1 - t_2$ ) entre esses tempos ao longo da primeira volta.

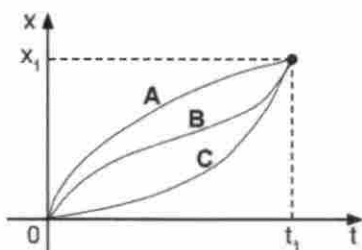




Com base nesses dados pode-se concluir que

- A) o carro 1 largou na frente.
- B) o carro 1 ultrapassou o 2 duas vezes antes de completarem meia volta.
- C) o carro 2 perdeu e recuperou a liderança antes de completar meia volta.
- D) o carro 1 liderava a corrida por aproximadamente 2 s ao completar meia volta.
- E) depois de assumir a liderança, o carro 1 aumentou gradativamente a vantagem até completar a primeira volta.

**INSTRUÇÃO:** Para responder à questão 14, analise o gráfico  $x(t)$  abaixo, que representa três partículas, A, B e C, de massas diferentes, que têm suas posições descritas com o transcorrer do tempo.



**14. PUCRS.** A alternativa que melhor representa a comparação entre os módulos das **velocidades médias (V)** medidas para as partículas no intervalo entre 0 e  $t_1$  é

- A)  $V_A < V_B < V_C$
- B)  $V_A > V_B > V_C$
- C)  $V_A < V_B = V_C$
- D)  $V_A = V_B < V_C$
- E)  $V_A = V_B = V_C$



**15. ULBRA.** Um ciclista percorre 35 km em 1 h. Nos 40 minutos iniciais cobre um percurso de 20 km. Para completar o restante da distância dentro do tempo previsto, o ciclista deverá desenvolver uma velocidade média, em km/h, igual a

- A) 20.
- B) 30.
- C) 40.
- D) 45.
- E) 60.







16. UFRGS. Um automóvel viaja 30 km a uma velocidade média de 60 km/h e, a seguir, mais 30 km, a velocidade média de 30 km/h. A velocidade média do automóvel ao longo do trecho de 60 km é, em km/h,

- A) 35
- B) 40
- C) 45
- D) 50
- E) 53



17. A velocidade escalar média de um automóvel, num percurso de 300 km, foi de 60 km/h. Então, é válido afirmar que :

- A) em uma hora o automóvel percorreu 60 km.
- B) a velocidade do automóvel, em qualquer instante, não foi, em módulo, inferior a 60 km/h.
- C) a velocidade do automóvel, em qualquer instante, não foi superior a 60 km/h.
- D) se o automóvel manteve durante 2 h a velocidade média de 50 km/h, deve ter mantido durante mais 2 h a velocidade média de 100 km/h.
- E) se o automóvel percorreu 150 km com velocidade média de 50 km/h, deve ter percorrido os outros 150 km com velocidade média de 75 km/h.



18. Numa avenida longa, os sinais são sincronizados de tal forma que os carros, trafegando a uma determinada velocidade, encontrem sempre os sinais abertos (onda verde). Sabendo que a distância entre sinais sucessivos (cruzamentos) é de 200 m e que o intervalo de tempo entre a abertura de um sinal e o seguinte é de 12 s, com que velocidade os carros devem trafegar para encontrar os sinais abertos ?

- A) 30 km/h
- B) 40 km/h
- C) 60 km/h
- D) 80 km/h
- E) 100 km/h



19. PUCRS. O sinal positivo ou negativo associado à velocidade de um móvel indica o sentido de deslocamento desse móvel. O sinal negativo associado ao vetor aceleração indica que o móvel

- A) está necessariamente parando.
- B) está se deslocando no sentido negativo.
- C) pode estar com velocidade constante.
- D) pode estar se deslocando cada vez mais depressa.
- E) certamente está andando cada vez mais depressa.

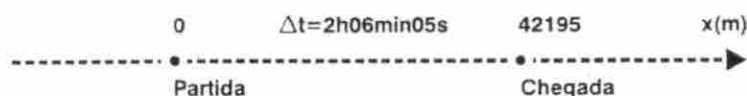




20. No dia 20 de setembro, o mineiro Ronaldo da Costa completou os 42.195 metros da maratona de Berlim em 2h06min05s. Quarenta e cinco segundos mais rápido do que a melhor marca anterior, do etíope Be-layned Dinsamo, em 1988. O feito do atleta brasileiro é tão surpreen-dente que o fisiologista Turíbio Leite de Barros acredita que o tempo de Ronaldinho não será ultrapassado nos próximos 10 anos. (*Zero Hora - 30/09/98*)



Se essa maratona fosse realizada numa trajetória retilínea, conforme esquematizado na figura a seguir



então a velocidade média do atleta seria, aproximadamente, em m/s, de

- A) 0,18
- B) 5,58
- C) 16,23
- D) 333,6
- E) 16229

21. Na disputa de uma corrida, dois ciclistas, X e Y, partem juntos, mantendo constante o sentido do movimento. O ciclista X percorre 12 km nos primeiros 10 minutos, 20 km nos 15 minutos seguintes e 4 km nos 5 minutos finais. O ciclista Y mantém durante todo o percurso uma velocidade uniforme. Ao final da corrida, eles chegam juntos, isto é, empatam. A velocidade constante do ciclista Y, em km/h, é:



- A) 18
- B) 24
- C) 36
- D) 72
- E) 100

22. Considerando as informações apresentadas, assinale a alternativa que indica o pássaro mais veloz.

- A) Beija-flores voam a aproximadamente 88 km/h.
- B) Gaivotas voam a aproximadamente 50 m/s.
- C) Faisões voam a aproximadamente 1,6 km/min.
- D) Pardais voam a aproximadamente 583 m/min.
- E) Perdizes voam a aproximadamente 100 cm/s.





23. PUCRS. Uma pessoa pula de um muro, atingindo o chão, horizontal, com velocidade de  $4,0 \text{ m/s}$ , na vertical. Se ela dobrar um pouco os joelhos, sua queda é amortecida em  $0,020 \text{ s}$  e, dobrando mais os joelhos, consegue amortecer a queda em  $0,100 \text{ s}$ . O módulo da aceleração média da pessoa, em cada caso, é, respectivamente,



- A)  $2,0 \text{ m/s}^2$  e  $4,0 \text{ m/s}^2$
- B)  $20 \text{ m/s}^2$  e  $4,0 \text{ m/s}^2$
- C)  $20 \text{ m/s}^2$  e  $40 \text{ m/s}^2$
- D)  $200 \text{ m/s}^2$  e  $4,0 \text{ m/s}^2$
- E)  $200 \text{ m/s}^2$  e  $40 \text{ m/s}^2$

24. Na última Olimpíada, o vencedor da prova dos  $100 \text{ m}$  rasos foi o canadense Donovan Bailey e o da maratona ( $42,2 \text{ km}$ ) foi o sul-africano Josia Thugwane. Os valores mais próximos para as velocidades médias desses atletas são, respectivamente :



- A)  $1,0 \text{ m/s}$  e  $0,5 \text{ m/s}$ .
- B)  $10 \text{ m/s}$  e  $0,5 \text{ m/s}$ .
- C)  $10 \text{ m/s}$  e  $5,0 \text{ m/s}$ .
- D)  $50 \text{ m/s}$  e  $5,0 \text{ m/s}$ .
- E)  $100 \text{ m/s}$  e  $5 \text{ m/s}$ .

25. O "tira teima" da Rede Globo de televisão calculou a velocidade da bola que bateu na trave do gol como sendo de  $110 \text{ km/h}$ . Se o tempo necessário para a bola atingir a trave, desde quando foi chutada, é de  $0,5 \text{ s}$ , e sendo a velocidade constante nesse tempo, pode-se afirmar que a distância que a bola estava do gol, imediatamente antes do chute, era da ordem de:



- A)  $25\text{m}$ .
- B)  $15\text{m}$ .
- C)  $55\text{m}$ .
- D)  $40\text{m}$ .
- E)  $30\text{m}$ .

26. UFRGS. Um caminhão percorre três vezes o mesmo trajeto. Na primeira, sua velocidade média é de  $15 \text{ m/s}$  e o tempo de viagem é  $t_1$ . Na segunda, sua velocidade média é de  $20 \text{ m/s}$  e o tempo de viagem é  $t_2$ . Se, na terceira, o tempo de viagem for igual a  $(t_1 + t_2) / 2$ , qual será a velocidade média do caminhão nessa vez ?



- A)  $20,00 \text{ m/s}$
- B)  $17,50 \text{ m/s}$
- C)  $17,14 \text{ m/s}$
- D)  $15,00 \text{ m/s}$
- E)  $8,57 \text{ m/s}$



**27. UFRGS.** No ar, a velocidade do som e a da luz são de cerca de 340 m/s e  $3 \times 10^8$  m/s, respectivamente. Aproximadamente quantos quilômetros de distâncias ocorre um relâmpago que você vê 6 segundos antes de ouvir o trovão?

- A) 2 km
- B) 3 km
- C) 5 km
- D) 10 km
- E) 57 km



**28.** Ao fazer uma viagem de carro entre duas cidades, um motorista observa que sua velocidade média foi de 70 km/h, e que, em média, seu carro consumiu 1,0 litro de gasolina a cada 10 km. Se, durante a viagem, o motorista gastou 35 litros de gasolina, quantas horas demorou a viagem entre as duas cidades ?

- A) 3h
- B) 3h 30min
- C) 4h
- D) 4h 30min
- E) 5h



**29.** Um motorista pretende percorrer uma distância de 200 km em 2,5 h, com velocidade escalar constante. Por dificuldades no tráfego, ele teve de percorrer 25 km à razão de 60 km/h e 20 km a 50 km/h. Que velocidade média ele deve imprimir ao veículo no trecho restante para chegar no tempo previsto?

- A) 92 km/h
- B) 105 km/h
- C) 112 km/h
- D) 88 km/h
- E) 96 km/h



**30. ENEM.** A corrida dos 100 m rasos é uma das principais provas do atletismo e qualifica o homem mais rápido do mundo. Um corredor de elite foi capaz de percorrer essa distância em 10 s, com 41 passadas. Ele iniciou a corrida com o pé direito. O período de oscilação do pé direito desse corredor foi mais próximo de

- A) 1/10 s.
- B) 1/4 s.
- C) 1/2 s.
- D) 2 s.
- E) 4 s.





**31. PUCRS.** Com relação à velocidade e à aceleração de um corpo, é correto afirmar :

- A) A aceleração é nula sempre que o módulo da velocidade é constante.
- B) Um corpo pode estar acelerado mesmo que o módulo de sua velocidade seja constante.
- C) A aceleração centrípeta é nula no movimento circular.
- D) Sempre existe uma aceleração tangencial no movimento circular.
- E) A velocidade é diretamente proporcional à aceleração em qualquer movimento acelerado.



**32.** A Lua dista da Terra  $3,8 \times 10^8$  m. Admitindo-se que a luz se propaga com uma velocidade constante de 300.000 km/s, quanto tempo, aproximadamente, leva a luz para percorrer a distância Terra-Lua ?

- A) 0,78 s
- B) 1,27 s
- C) 12,7 s
- D) 127 s
- E) 1270 s



**33.** Um cientista, estudando a aceleração média de três diferentes carros, obteve os seguintes resultados :

– o carro I variou sua velocidade de  $v$  para  $2v$  num intervalo de tempo igual a  $t$ ;

– o carro II variou sua velocidade de  $v$  para  $3v$  num intervalo de tempo igual a  $2t$ ;

– o carro III variou sua velocidade de  $v$  para  $5v$  num intervalo de tempo igual a  $5t$ .

Sendo, respectivamente,  $a_1$ ,  $a_2$  e  $a_3$  as acelerações dos carros I, II e III, pode-se afirmar que

- A)  $a_1 = a_2 = a_3$ .
- B)  $a_1 > a_2 > a_3$ .
- C)  $a_1 < a_2 < a_3$ .
- D)  $a_1 = a_2 > a_3$ .
- E)  $a_1 = a_2 < a_3$ .



**34.** Um barco a motor, usando toda a sua potência, consegue subir um rio a 18 km/h em relação à margem. Em seguida, desce o rio nas mesmas condições e consegue fazê-lo a 44 km/h, também em relação à margem. Dessa forma, é possível afirmar que a velocidade da água em relação à margem é





- A) 31 km/h
- B) 26 km/h
- C) 22 km/h
- D) 13 km/h
- E) 9 km/h

**35. UFRGS.** Durante os Jogos Olímpicos de 1989, os atletas que participaram das corridas de 100 m rasos conseguiram realizar este percurso em 9,98 s. Considere as seguintes conclusões sobre os atletas feitas a partir desta informação.



- I - Eles têm uma aceleração de módulo constante ao longo de todo o percurso.
- II - Eles conseguem percorrer 10 m em menos de 1,0 s.
- III - Eles têm uma velocidade média com módulo aproximado de 50 km/h.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I
- B) Apenas II
- C) Apenas I e II
- D) Apenas II e III
- E) I, II e III

**36.** Na última volta de um grande prêmio automobilístico, os dois primeiros pilotos que finalizaram a prova descreveram o trecho da reta de chegada com a mesma velocidade constante de 228 km/h. Sabendo que o primeiro colocado recebeu a bandeirada final cerca de 2,0 s antes do segundo colocado, a distância que os separava neste trecho derradeiro era de:



- A) 80 m.
- B) 127 m.
- C) 160 m.
- D) 288 m.
- E) 576 m.

**37.** Numa corrida de carros, o vencedor gastou 1h 30 min para completar o circuito, desenvolvendo uma velocidade média de 240 km/h, enquanto que um outro carro, o segundo colocado, desenvolveu uma velocidade média de 236 km/h. Se a pista tem 3 km de comprimento, quantas voltas o carro vencedor chegou à frente do segundo colocado?



- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 8



**38. UFRGS.** No Sistema Internacional de Unidades (SI), utiliza-se o metro (m), o quilograma (kg) e o segundo (s), respectivamente, como unidades de comprimento, massa e tempo. Em Astronomia, são definidas unidades de medida mais apropriadas para o estudo de objetos astronômicos no Sistema Solar.

A tabela abaixo mostra a equivalência entre as duas notações.



SI	Sistema de Unidades Astronômicas (aproximadamente)
Distância (m)	1 UA = $1,5 \times 10^{11}$ m
Massa (kg)	Massa do Sol ( $M_{\text{Sol}}$ ) = $2 \times 10^{30}$ kg
Tempo (s)	1 ano = $3,15 \times 10^7$ s

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas abaixo, na ordem em que aparecem.

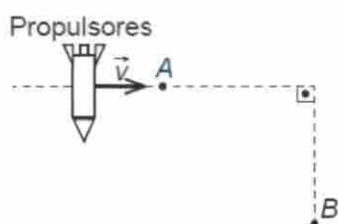
A órbita do planeta Netuno em torno do Sol tem um raio médio de  $4,5 \times 10^9$  km. Essa distância corresponde, aproximadamente, a \_\_\_\_\_ UA.

Júpiter, o planeta mais massivo do Sistema Solar, tem massa  $M_J$  aproximadamente igual a  $2 \times 10^{22}$  kg, o que corresponde a \_\_\_\_\_  $M_{\text{Sol}}$ .

O módulo da velocidade da luz,  $c = 3 \times 10^5$  km/s, corresponde a, aproximadamente, \_\_\_\_\_ UA/ano.

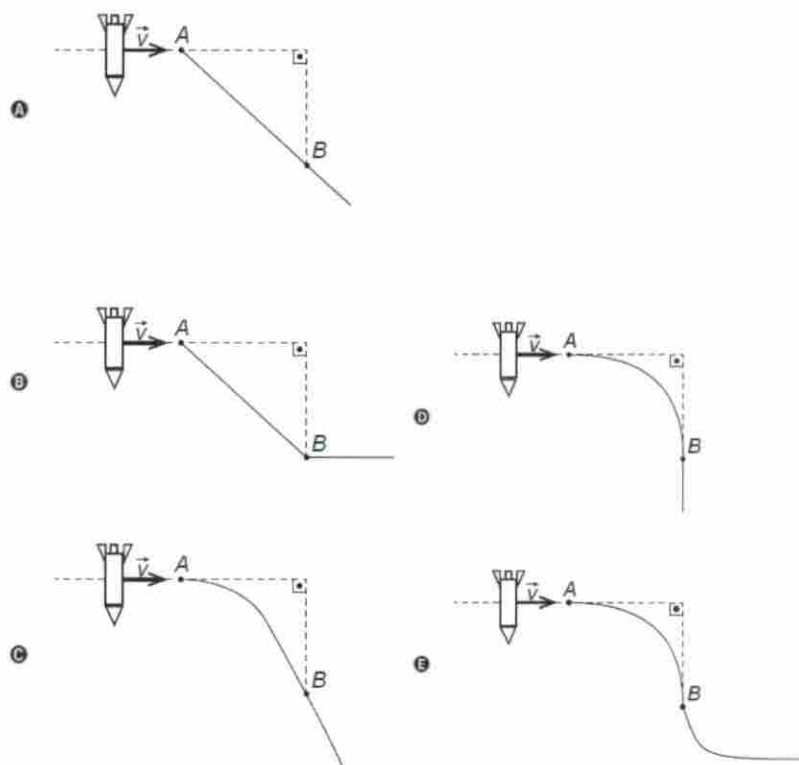
- A) 30 —  $1,0 \times 10^8$  —  $1,4 \times 10^9$
- B) 30 —  $1,0 \times 10^{-8}$  —  $6,3 \times 10^4$
- C) 3 —  $1,0 \times 10^{-8}$  —  $6,3 \times 10^1$
- D) 0,03 —  $1,0 \times 10^{-8}$  —  $6,3 \times 10^4$
- E) 0,03 —  $1,0 \times 10^8$  —  $1,4 \times 10^9$

**39. ENEM.** Um foguete viaja pelo espaço sideral com os propulsores desligados. A velocidade inicial  $v$  tem módulo constante e direção perpendicular à ação dos propulsores, conforme indicado na figura. O piloto aciona os propulsores para alterar a direção do movimento quando o foguete passa pelo ponto A e os desliga quando o módulo de sua velocidade final é superior a  $\sqrt{2}|v|$ , o que ocorre antes de passar pelo ponto B. Considere as interações desprezíveis.





A representação gráfica da trajetória seguida pelo foguete, antes e depois de passar pelo ponto  $B$ , é:



40. Para pesquisar a profundidade do oceano numa certa região, usa-se um sonar instalado num barco em repouso. O intervalo de tempo decorrido entre a emissão do sinal e a resposta ao barco (eco) é de 1 segundo. Supondo a velocidade de propagação do som na água 1500 m/s, a profundidade do oceano na região considerada é de:



- A) 25 m
- B) 50 m
- C) 100 m
- D) 750 m
- E) 1500 m

**Instrução:** Para responder as questões de números 41 e 42, considere as seguintes informações:

Em 1989, 12 anos após seu lançamento da terra para pesquisar vários planetas, a sonda espacial Voyager 2 se aproximou do planeta Netuno, última etapa de sua missão, tendo percorrido uma distância total de  $7,2 \cdot 10^9$  km. Esse planeta está aproximadamente  $4,5 \cdot 10^9$  km do Sol, cerca de trinta vezes mais distante do que a Terra, que está a quase  $1,5 \cdot 10^8$  km do Sol.





**41. UFRGS.** Sabendo-se que a intensidade da radiação solar varia inversamente com o quadrado da distância ao Sol, aproximadamente quantas vezes menor é a intensidade da luz solar que chega a Netuno em relação àquela que chega à Terra?



- A) 3
- B) 30
- C) 135
- D) 900
- E)  $7,2 \cdot 10^9$

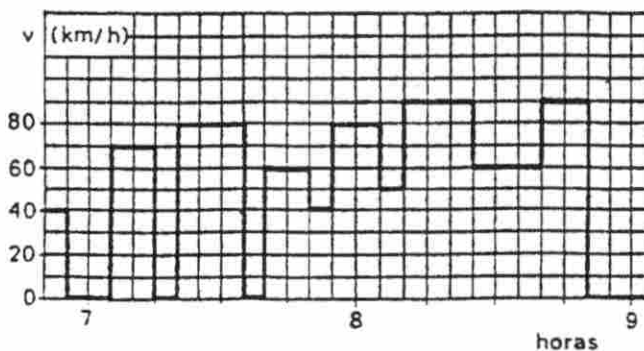
**42. UFRGS.** Se a sonda tivesse percorrido a distância total em linha reta, qual teria sido aproximadamente o módulo da sua velocidade média nesses 12 anos ?



- A)  $4,1 \cdot 10^4$  km/h
- B)  $6,8 \cdot 10^4$  km/h
- C)  $8,2 \cdot 10^5$  km/h
- D)  $7,2 \cdot 10^9$  km/h
- E)  $7,6 \cdot 10^{14}$  km/h

**Instrução:** As questões **43**, **44** e **45** referem-se à situação que segue.

A figura é uma representação parcial e simplificada do registro gráfico da velocidade (  $v$  ) de um ônibus que trafega com velocidade controlada.



**43. UFRGS.** Entre sete e nove horas o ônibus permaneceu parado ..... vez(es) e excedeu a velocidade permitida de 80 km/h em ..... oportunidade(s). Assinale a alternativa que preenche de forma correta as duas lacunas, respectivamente.



- A) duas - duas
- B) três - duas
- C) quatro - uma
- D) uma - três
- E) quatro - duas



---

**44. UFRGS.** Entre sete e nove horas, quantas vezes o ônibus sofreu aceleração, isto é, modificou a sua velocidade ?

- A) 12
- B) 10
- C) 6
- D) 5
- E) 2



---

**45. UFRGS.** O quociente da velocidade média do ônibus, entre sete e oito horas, pela velocidade média do ônibus entre oito e nove horas, é aproximadamente,

- A) 1,44
- B) 1,22
- C) 0,82
- D) 0,66
- E) 0,18





# Aula 2

## M.R.U. e M.R.U.V.

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.43 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer as questões 46, 54, 60, 65, 66, 71 e 90

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.44 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer as questões 67 e 79

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.45 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.54 e Leitura 2 – P.55
Fazer as questões 50, 51, 52, 53, 57, 61, 62, 63, 69, 70, 72, 73, 74 e 75

### PARTE 4

Estudar a Parte 4 – P.47 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 4 se necessário
Analisar os Desafios – P.50
Fazer as questões 47, 48, 49, 55, 56, 58, 59, 64, 68, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88 e 89



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



▪ **Parte 1**

**MRU - Movimento Retilíneo Uniforme**

**MRU - Movimento Retilíneo Uniforme**

No movimento retilíneo uniforme (MRU), o vetor velocidade é constante no decorrer do tempo (não varia em módulo, direção ou sentido), e portanto a aceleração é nula. O corpo ou ponto material tem deslocamentos iguais em intervalos de tempo iguais e vale lembrar que, uma vez que não se tem aceleração, sobre qualquer corpo ou ponto material em MRU a resultante das forças aplicadas é nula (primeira lei de Newton - Lei da Inércia). Uma das características dele é que sua velocidade em qualquer instante é igual à velocidade média.

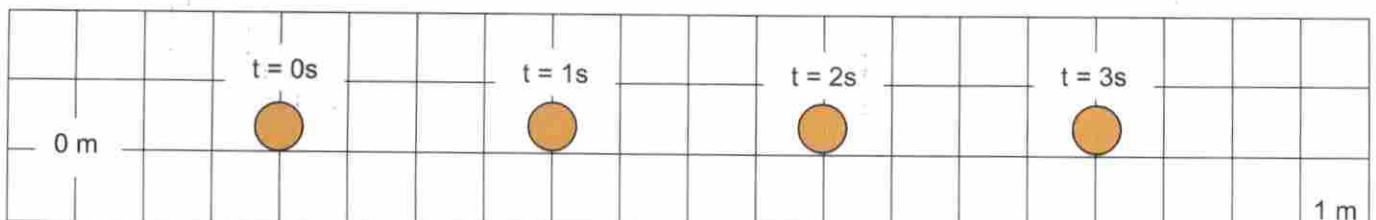
Características:

$$\vec{v} = \text{constante}$$

$$\vec{a} = 0$$

Elemento de $\vec{v}$	Comportamento	Consequência
MÓDULO	constante	em mesmos intervalos de tempo ocorrem iguais deslocamentos.
DIREÇÃO	constante	trajetória retilínea.
SENTIDO	constante	movimento em um só sentido.

Fotografia estroboscópica: As posições são fotografadas em instantes de tempo separados por mesmo intervalos.

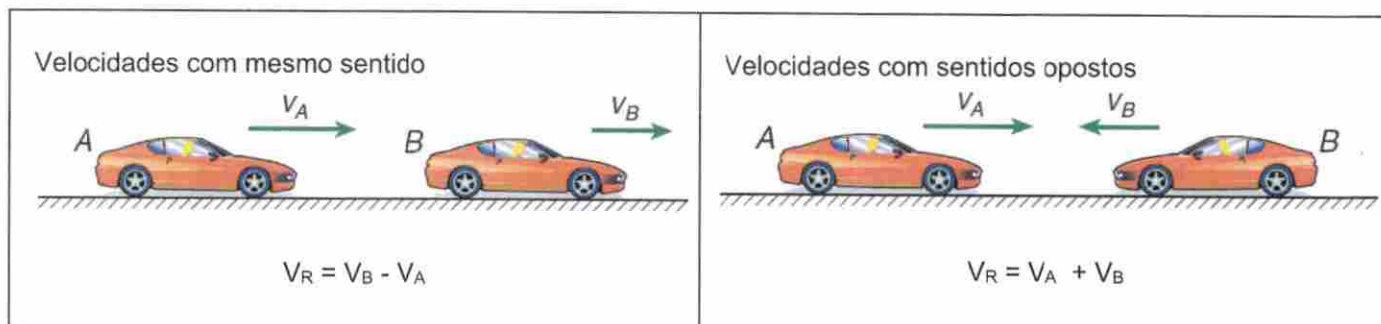


$$\Delta \vec{X} = \vec{v} \cdot \Delta t$$

$$\begin{aligned} \Delta X &[\text{m}] \\ v &[\text{m/s}] \\ \Delta t &[\text{s}] \end{aligned}$$



**Velocidade relativa ( $V_R$ )** : ultrapassagem, encontro entre móveis, ...



$$d = v_R \cdot \Delta t$$

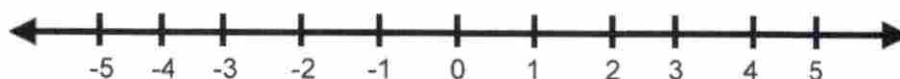
$d$  - distância entre os móveis [ m ]  
 $V_R$  - velocidade relativa entre os móveis [ m/s ]  
 $\Delta t$  - intervalo de tempo [ s ]

## Parte 2

MRU - Gráficos

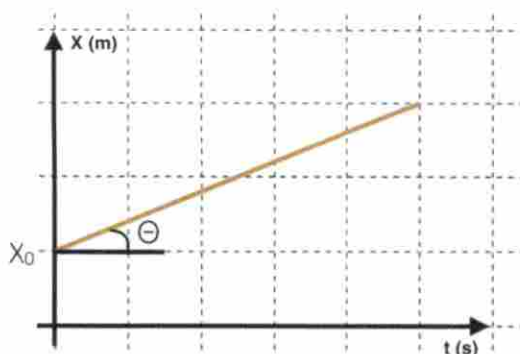
**Gráficos :**

**I. Posição x Tempo ( X x t ):** O gráfico mostra a **posição ocupada** por um móvel sobre uma trajetória reta, representada pelo eixo X, sendo a origem (**0m**) o referencial do movimento **em cada instante de tempo**.



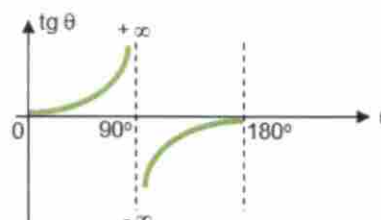
Observe que a equação do movimento,  $\Delta X = v \cdot \Delta t$ , origina uma relação linear entre a posição X ocupada e o instante de tempo t correspondente. Essa relação é denominada equação horária do movimento.

**Função horária :  $X = X_0 + v \cdot t$**



$$\text{tg } \theta = v = \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

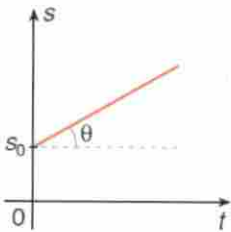
$t = 0\text{s} \Rightarrow X = X_0$



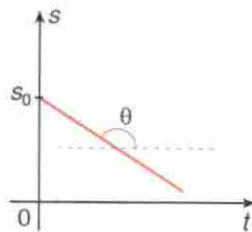


**Observação 1 : sentido dos movimentos**

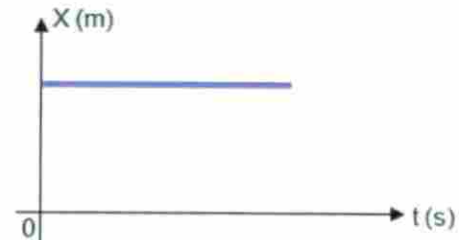
Progressivo ( $v > 0$ )



Retrógrado ( $v < 0$ )



**Observação 2 : repouso**

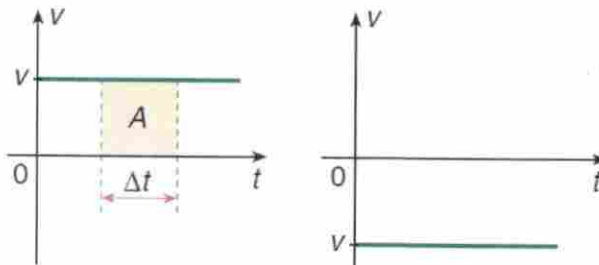


**II. Velocidade x Tempo ( $v \times t$ )**

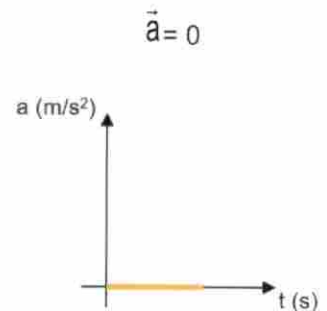
O gráfico da velocidade em função do tempo mostra um comportamento de velocidade constante. Nesse gráfico o sentido do movimento é avaliado pelo quadrante no qual se encontra a curva, ou seja, a velocidade pode ser positiva (movimento para a direita) ou negativa (movimento para a esquerda).

$\vec{V} = \text{constante}$

**área =  $\Delta X$**



**III. Aceleração x Tempo ( $a \times t$ )**



**▪ Parte 3**

**MRUV - Movimento Retilíneo Uniformemente Variado**

**MRUV - Movimento Retilíneo Uniformemente Variado**

No movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), o corpo está sob ação de uma aceleração constante, alterando o módulo da velocidade numa taxa constante em relação ao tempo. Para que o movimento seja retilíneo, a aceleração deve ter a mesma direção da velocidade, ou seja, a direção da velocidade deve permanecer constante. Caso a aceleração tenha o mesmo sentido da velocidade, o movimento pode ser chamado de movimento retilíneo uniformemente acelerado (módulo da velocidade aumenta). Caso a aceleração tenha sentido contrário da velocidade, o movimento pode ser chamado de movimento retilíneo uniformemente retardado (módulo da velocidade reduz).

Características :

$\vec{V} = \text{variável}$

$\vec{a} = \text{constante}$

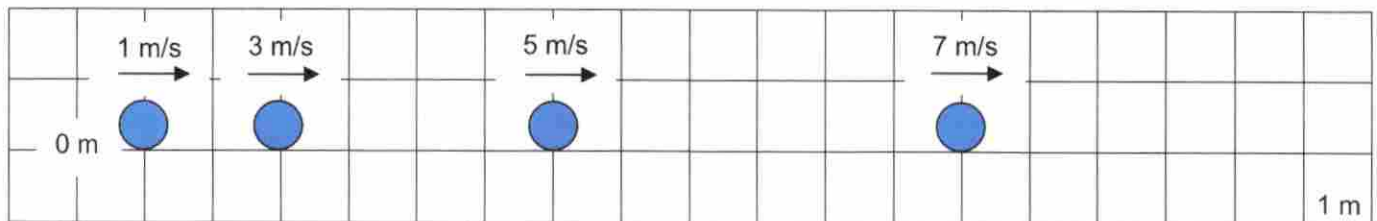
obs.:  $\vec{a} = \vec{a}_t$  ( $\vec{a}_t \neq 0$  e  $\vec{a}_n = 0$ )

Elemento de $\vec{v}$	Comportamento	Consequência
MÓDULO	varia uniformemente com o tempo	mesmas variações no módulo de $\vec{v}$ em mesmos tempos.
DIREÇÃO	constante	trajetória retilínea.
SENTIDO	pode variar	movimento em um só sentido ou nos dois sentidos.

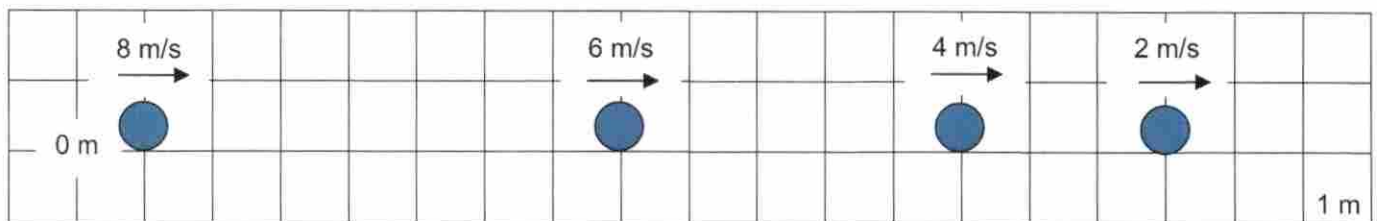


Elemento de $\vec{a}$	Comportamento	Consequência
MÓDULO	constante	mesmas variações no módulo de $\vec{V}$ na unidade de tempo.
DIREÇÃO	constante	paralelo ao vetor velocidade.
SENTIDO	constante	

Exemplo 1 : MRUV ( progressivo acelerado ) **obs.** : os instantes estão separados por tempos iguais a 1 s.



Exemplo 2 : MRUV ( progressivo retardado ) **obs.** : os instantes estão separados por tempos iguais a 1 s.



**Equações :**

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	$v_M = \frac{\Delta X}{\Delta t}$	$v_M = \frac{v_0 + v_F}{2}$
$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta X$		



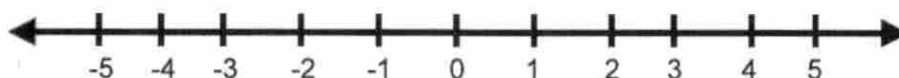
$$\Delta X = v_0 \cdot \Delta t + \frac{a \cdot \Delta t^2}{2}$$

## ▪ Parte 4

MRUV - Gráficos

### Gráficos :

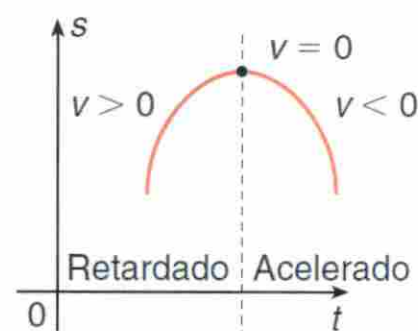
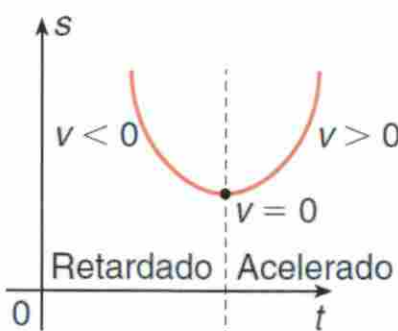
I. **Posição x Tempo ( X x t )**: O gráfico mostra a **posição ocupada** por um móvel sobre uma trajetória reta, representada pelo eixo X, sendo a origem (0m) o referencial do movimento **em cada instante de tempo**.



Fç. Horária :  $X = X_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$

$t = 0s \Rightarrow X = X_0$

**tg θ = v** → Declividade da reta tangente a curva



Nesse gráfico é necessário você conseguir determinar o **sentido do movimento** e o comportamento do **valor da velocidade**.

O sentido do movimento pode ser avaliado pela declividade do gráfico através do ângulo da reta tangente a curva maior ou menor do que 90°. Outra opção é analisar a localização do móvel sobre o eixo do X e suas posteriores posições ocupadas, determinando, dessa forma, o sentido do movimento.

O comportamento do valor da velocidade pode ser avaliado de três maneiras:

- *Através da declividade da reta tangente à curva (comportamento da função tangente).*
- *Sentidos (sinais) da velocidade e aceleração. Lembre-se que quando esses vetores possuem mesmo sentido o movimento é acelerado e quando possuem sentidos opostos o movimento é retardado.*
- *Identificar a velocidade instantânea nula (vértice da parábola). Se o intervalo iniciar com velocidade nula o movimento é acelerado. Se o intervalo considerado terminar com velocidade nula o movimento é retardado.*

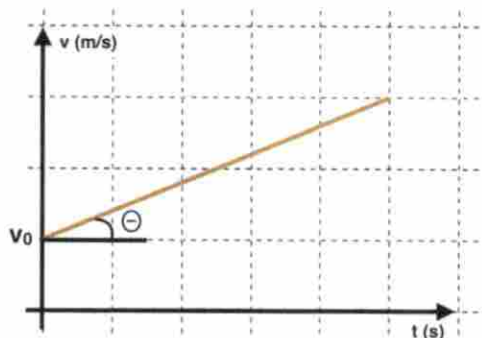




## II. Velocidade x Tempo ( v x t )

A relação linear da velocidade e do tempo nesse movimento nos leva a uma reta inclinada no gráfico em questão.

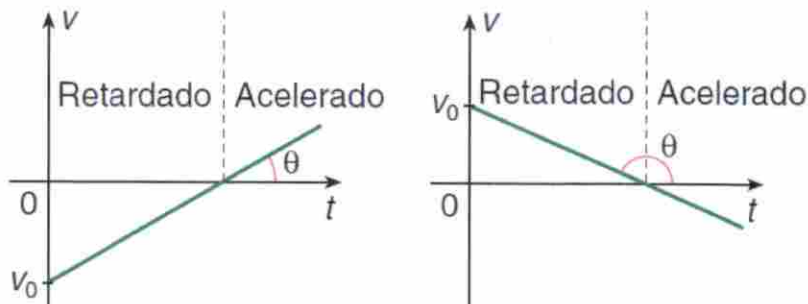
Função da velocidade:  $v = v_0 + a \cdot t$



$$\text{tg } \theta = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{área} = \Delta X$$

$$t = 0\text{s} \Rightarrow V = V_0$$

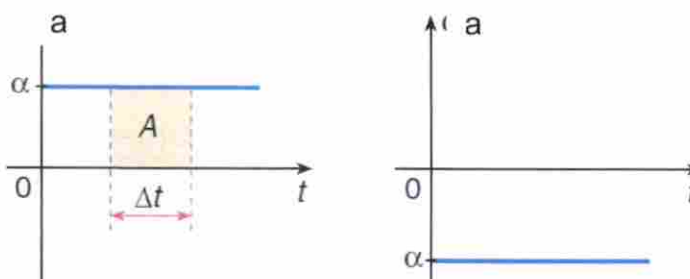
Exemplos :



## III. Aceleração x Tempo ( a x t )

$$\bar{a} = \text{constante}$$

$$\text{área} = \Delta V$$



Observação :

No gráfico da **posição em função do tempo** ( x x t ), a  $\text{tg } \theta$  nos fornece a **velocidade** v; no gráfico **velocidade em função do tempo** ( v x t ), a  $\text{tg } \theta$  nos fornece a **aceleração**.

$$x \times t \xrightarrow{\text{tg } \theta = v} v \times t \xrightarrow{\text{tg } \theta = a} a \times t$$



No gráfico da **aceleração em função do tempo** ( $a \times t$ ), a **área** nos fornece a **variação de velocidade**  $\Delta v$ ; no gráfico **velocidade em função do tempo** ( $v \times t$ ), a **área** nos fornece o **deslocamento**.

$$a \times t \xrightarrow{\text{área} = \Delta v} \Delta v$$

$$v \times t \xrightarrow{\text{área} = \Delta X} \Delta X$$

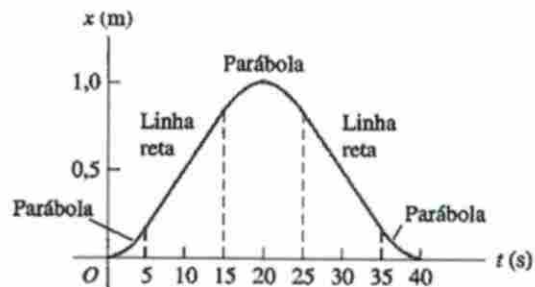
**Não esqueça!!!**

$$\text{tg } \theta = Y/X \quad \text{área} = Y \cdot X$$

## MODELAGEM

### UCPEL 18/1

Um ponto material movimentou-se em linha reta e o comportamento da sua posição ( $x$ ) em função do tempo ( $t$ ) foi representado no gráfico abaixo.



A partir das informações do gráfico, analise as afirmativas abaixo:

- I. Entre os instantes 5s e 15s, o ponto material movimentou-se em movimento retilíneo uniformemente variado, com velocidade crescente.
- II. No instante 20s ocorreu à inversão do sentido do movimento do ponto material.
- III. A velocidade escalar média entre os instantes 0s e 40s foi de 0,05m/s.
- IV. No exato instante em que o ponto material passou na posição  $x = 1,0\text{m}$ , sua velocidade era nula.

Estão corretas apenas as afirmativas:

- A) I e IV
- B) II e III
- C) II, III e IV
- D) I, II e IV
- E) III e IV



O gráfico mostra as 2 possibilidades de movimento uniforme e as 4 possibilidades de movimento uniformemente variado. Vamos a análise dos trechos:

**0 – 5s:** MUV progressivo ( $\theta < 90^\circ$ ) e acelerado com velocidade inicial nula.

**5s – 15s:** MU progressivo ( $\theta < 90^\circ$ ).

**15s – 20s:** MUV progressivo ( $\theta < 90^\circ$ ) e retardado com velocidade final nula.

**20 – 25s:** MUV regressivo ( $\theta > 90^\circ$ ) e acelerado com velocidade inicial nula.

**25s – 35s:** MU regressivo ( $\theta > 90^\circ$ ).

**35s – 40s:** MUV regressivo ( $\theta > 90^\circ$ ) e retardado com velocidade final nula.

I. Falso. O movimento descrito é retilíneo e uniforme.

II. Verdadeiro. A velocidade é nula na inversão do sentido do movimento.

III. Verdadeiro.  $2\text{m}/40\text{s} = 0,05\text{ m/s}$

IV. Verdadeiro. O vértice da parábola indica a tangente nula.

**Resposta C**



## DESAFIO

### ULBRA 18/2

Um móvel em movimento uniformemente variado possui a seguinte equação horária da posição:

$$S = 8 - 33t + 4t^2 \text{ (S.I.)}$$

Quando o móvel passa pela origem das posições, qual o módulo da sua velocidade em m/s?

- A) zero
- B) 4,12
- C) 8,00
- D) 31,00
- E) 33,00

$$X = X_0 + v_0 \cdot t + (at^2/2)$$

$$X = 8 - 33t + 4t^2$$

$$X_0 = 8 \text{ m} \quad v_0 = -33 \text{ m/s} \quad a = 8 \text{ m/s}^2$$

t em X = 0:

$$X = 8 - 33t + 4t^2$$

$$t' = 0,25 \text{ s} \quad t'' = 8 \text{ s}$$

Para  $t' = 0,25 \text{ s}$ :

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$v = -33 + 8 \cdot 0,25 = -31 \text{ m/s}$$

Para  $t'' = 8 \text{ s}$ :

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$v = -33 + 8 \cdot 8 = 31 \text{ m/s}$$

O móvel passa duas vezes pela origem, na primeira em movimento retardado e na segunda em acelerado.

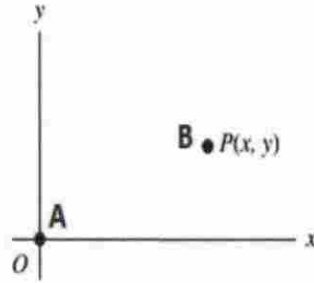
**Resposta D**



## DESAFIO

### UCPEL 19/1

Duas partículas, **A** e **B**, movimentam-se sobre um plano horizontal. Em um determinado instante  $t$ , a partícula **A** encontra-se na origem do sistema de coordenadas e a partícula **B** encontra-se em uma posição **P** (6,25m; 5m), conforme ilustra a figura que segue. A partir desse instante  $t$ , **B** mantém sua posição  $y$  constante, enquanto progride no eixo  $ox$  com velocidade constante de 5m/s e **A** parte do repouso em movimento uniformemente acelerado.



Sabendo-se que **A** e **B** encontram-se 5s após o instante  $t$ , as componentes  $a_x$  e  $a_y$  da aceleração da partícula **A** tem módulos respectivamente iguais a:

- A)  $2,5\text{m/s}^2$  e  $0,4\text{m/s}^2$
- B)  $2,5\text{m/s}^2$  e  $2,5\text{m/s}^2$
- C)  $2,4\text{m/s}^2$  e  $0,4\text{m/s}^2$
- D)  $0,4\text{m/s}^2$  e  $2,4\text{m/s}^2$
- E)  $0,4\text{m/s}^2$  e  $2,5\text{m/s}^2$

Em  $t = 5\text{ s}$ :

$$X_{(B)X} = 6,25 + 5 \cdot 5 = 31,25\text{ m}$$

$$X_{(B)Y} = 5\text{ m}$$

Para **A** encontrar **B** em  $t = 5\text{ s}$ , deve ocupar a mesma posição.

Móvel **A** em MRUV

$$\Delta X = v_{0X} \cdot \Delta t + a_x \cdot t^2 / 2$$

$$31,25 = 0 + a_x \cdot 5^2 / 2$$

$$a_x = 2,5\text{ m/s}^2$$

$$\Delta Y = v_{0Y} \cdot \Delta t + a_y \cdot t^2 / 2$$

$$5 = 0 + a_y \cdot 5^2 / 2$$

$$a_y = 0,4\text{ m/s}^2$$

**Resposta A**



## DESAFIO

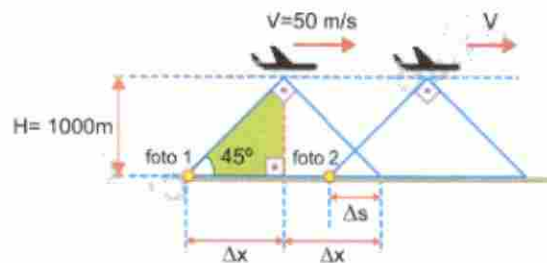
### ENEM 19 1ª

A agricultura de precisão reúne técnicas agrícolas que consideram particularidades locais do solo ou lavoura a fim de otimizar o uso de recursos. Uma das formas de adquirir informações sobre essas particularidades é a fotografia aérea de baixa altitude realizada por um veículo aéreo não tripulado (vant). Na fase de aquisição é importante determinar o nível de sobreposição entre as fotografias. A figura ilustra como uma sequência de imagens é coletada por um vant e como são formadas as sobreposições frontais.

O operador do vant recebe uma encomenda na qual as imagens devem ter uma sobreposição frontal de 20% em um terreno plano. Para realizar a aquisição das imagens, seleciona uma altitude  $H$  fixa de voo de 1 000 m, a uma velocidade constante de  $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . A abertura da câmera fotográfica do vant é de  $90^\circ$ . Considere  $\text{tg}(45^\circ) = 1$ .

Com que intervalo de tempo o operador deve adquirir duas imagens consecutivas?

- A) 40 segundos.
- B) 32 segundos.
- C) 28 segundos.
- D) 16 segundos.
- E) 8 segundos.



Como o avião se desloca em MRU, temos que descobrir o deslocamento entre cada duas fotos ( $\Delta X_{\text{total}}$ ), a partir daí,  $\Delta X_{\text{total}} = v \cdot \Delta t$ . Ou seja, o desafio **físico** é pequeno. Nosso problema é a **matemática**, para encontrarmos o  $\Delta X$ .

Nesse momento, o candidato deveria focar em um triângulo-retângulo, uma vez que o cateto oposto a  $45^\circ$  é 1000m (altitude de voo) e o cateto adjacente  $\Delta X$ .

$$\begin{aligned} \text{tg } 45^\circ &= 1000 / \Delta X \\ 1 &= 1000 / \Delta X \\ \Delta X &= 1000 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta X_{\text{total}} &= 2\Delta X - 20\% \\ \Delta X_{\text{total}} &= 2 \cdot 1000 - 20\% \\ \Delta X_{\text{total}} &= 2000 - (0,2 \cdot 2000) \\ \Delta X_{\text{total}} &= 1600 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MRU} \\ \Delta X_{\text{total}} &= v \cdot \Delta t \\ 1600 &= 50 \cdot \Delta t \\ \Delta t &= 32 \text{ s} \end{aligned}$$

**Resposta B**



## ANOTAÇÕES

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing notes.



## LEITURA 1

### Distância segura de frenagem

Embora não pareça, a distância de segurança é importante para termos espaço suficiente caso surja uma situação de risco, podendo reagir e parar o veículo, evitando a colisão. As reações do ser humano a um determinado estímulo obedecem a um processo e, por isso, embora possam ser muito rápidas, não são instantâneas. Considerando as reações de um motorista, podemos observar que há um espaço de tempo entre o momento em que vê o obstáculo, decide que deve parar o veículo e reage acionando o freio. Este tempo varia de pessoa para pessoa, mas é, em média, de  $\frac{3}{4}$  de segundo.

### Reação Psicomotora

Estímulo: obstáculo na pista.

Retina: a visão do obstáculo (estímulo) provoca um influxo nervoso que leva a mensagem ao cérebro.

Cérebro: o cérebro reage (reação psíquica) ao estímulo (visão do obstáculo) dando aos músculos (sistema motor) ordem de se movimentarem acionando o pedal do freio.

Resposta: contração muscular até a extensão do pé acionando o freio do veículo.

A distância de segurança deve ser mantida, porque decorre um espaço de tempo entre o momento em que o motorista percebe o perigo e consegue acionar o freio do veículo. Este tempo é chamado "TEMPO DE REAÇÃO" e tem como consequência uma distância percorrida ANTES que o motorista pise no freio. DEPOIS que o motorista aciona o freio o carro ainda continua em movimento e vai desacelerando até parar totalmente (distância de frenagem).



AB – Distância de Reação: é aquela que o veículo percorre desde que o perigo é visto, até que o motorista tome qualquer providência.

BC – Distância de Frenagem: é aquela que o veículo percorre depois de acionado o freio até parar.

AC – Distância de parada: é aquela que o veículo percorre desde que o perigo é visto, até parar.

A Distância de Parada (AC) percorrida pelo veículo entre o momento da visão do perigo até a sua parada definitiva, corresponde à soma das distâncias de reação e frenagem (AB + BC).





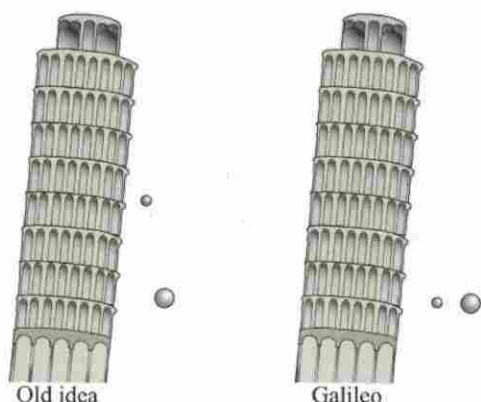
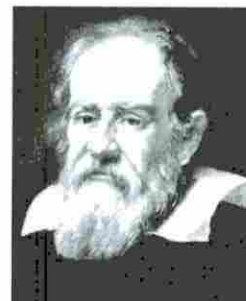
## LEITURA 2

## Galileu Galilei

Figura fulcral da Revolução Científica, Galileu Galilei (1564 – 1642) viu o seu vasto trabalho destacar-se nas áreas da Física, da Matemática e da Astronomia. Foi o autor de numerosas teorias, idealizador de incontáveis experiências e artesão de várias tecnologias. Apesar de ser reconhecido em grande medida pela sua enorme contribuição na área da Astronomia, focam-se aqui os grandes avanços que Galileu deu na área da Física.

Talvez uma das experiências mais conhecidas atribuídas a Galileu, apesar de não existirem registros válidos da sua realização, seja a queda de duas esferas de igual material e diferentes massas, a partir do topo da Torre de Pisa, cidade onde Galileu foi professor universitário.

O físico italiano terá efetuado esta experiência de modo a verificar se o tempo de descida seria independente da massa do corpo, um pensamento oposto ao de Aristóteles, o qual permanecia na época como a figura de maior autoridade no mundo científico.



O cientista terá observado que, partindo do repouso, o tempo passado entre a chegada dos dois corpos ao solo era quase imperceptível, chegando primeiro o mais pesado. Apesar de experimentalmente se verificar que a teoria de Aristóteles permanecia válida, Galileu derivou a equação do movimento para corpos uniformemente acelerados através de construções geométricas, partindo da premissa:

*Todo o corpo em queda livre encontra-se animado de uma aceleração constante, desde que a resistência do meio envolvente seja desprezível (na situação limite, ter-se-ia a queda no vácuo).*

Porém, as descobertas de Galileu sempre causaram grande controvérsia. Há registros anteriores a Galileu que contêm já a dependência quadrática no tempo da distância percorrida por corpos uniformemente acelerados e a igual aceleração de corpos em queda livre.

Galileu terá sido o primeiro a formalizar o conceito de inércia, idealizando uma força, de atrito, que impossibilitaria o movimento perpétuo de corpos. Assim, o cientista terá executado uma experiência, tipicamente dividida em três partes, desprezando-se em todas elas quaisquer atrito ou resistências do ar:

*Tomando duas calhas (na experiência original seriam dois planos) dispostas em V, com iguais inclinações, é largada uma bola na calha da esquerda e observa-se que, ao subir ao longo da calha da direita, ela atinge uma altura máxima igual àquela a que foi largada.*

*Tomando uma inclinação menor para a calha da direita, observa-se que a bola atinge nesta a mesma altura a que fora largada na calha da esquerda, percorrendo porém uma maior distância que a do caso anterior.*

Variando inúmeras vezes a inclinação da calha da direita, Galileu verificou que a distância percorrida pela bola aumenta com a diminuição do ângulo desta calha com a horizontal. Deste modo, poder-se-ia apenas concluir que, no caso da inclinação desta calha ser nula (terceira e última parte desta experiência), a bola percorreria uma distância infinita, ou deslocar-se-ia com velocidade constante até lhe ser aplicada uma qualquer força que afetasse o seu movimento.

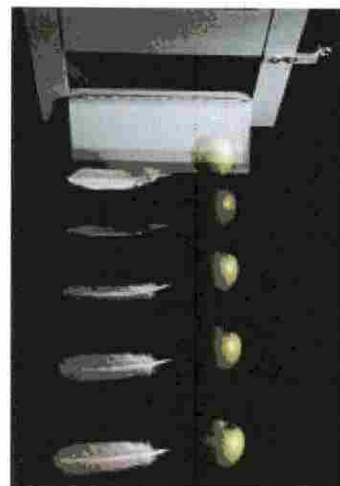
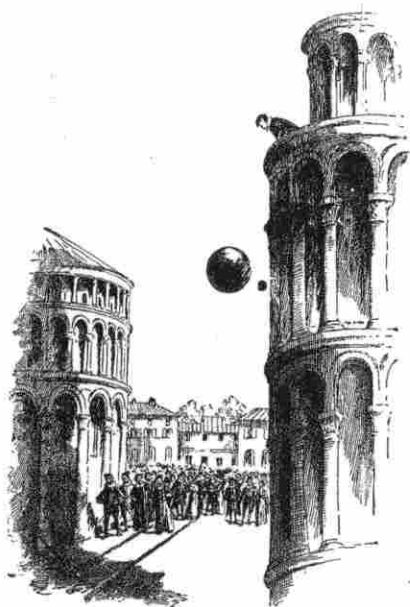






Foi no seguimento destas observações que Galileu terá introduzido o conceito de inércia, como uma “propriedade da matéria que se traduz na resistência quanto a mudanças de velocidade”. Assim, a velocidade de um corpo é apenas alterada pela aplicação de uma força sobre ele, tendo por isso, segundo Galileu, de existir uma força, conhecida por força de atrito, que impede que os corpos tenham um movimento perpétuo.

Ainda que distintamente apresentados, estes dois resultados obtidos por Galileu provêm de uma única linha de raciocínio, e por isso de um conjunto de experiências que se complementam, pois, por exemplo, terá sido na experiência das calhas/planos que Galileu terá observado que a velocidade varia proporcionalmente com o tempo e que a distância varia com o quadrado do tempo.



Galileu foi também o primeiro a propor um método para medir a velocidade da luz, sendo que esta era já tomada como finita. Assim, ter-se-iam dois indivíduos com lanternas, o mais afastados possível. O primeiro ligaria a sua lanterna, e, quando a luz desta fosse vista pelo segundo, este ligaria a sua, ficando o primeiro encarregue de medir o tempo decorrido entre o instante em que haveria ligado a sua lanterna e o instante em que veria a luz proveniente da segunda lanterna. Claro que o tempo de reação dos dois indivíduos era demasiado elevado, tendo em conta a curta distância que os separava, fator que não permitiu resultados conclusivos.





## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

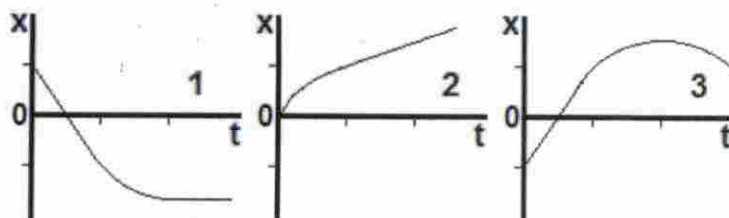
**46. UFRGS.** Em 2014, comemoram-se os 50 anos do início da operação de trens de alta velocidade no Japão, os chamados trens-bala. Considere que um desses trens desloca-se com uma velocidade constante de 360 km/h sobre trilhos horizontais. Em um trilho paralelo, outro trem desloca-se também com velocidade constante de 360 km/h, porém em sentido contrário.

Nesse caso, o módulo da velocidade relativa dos trens, em m/s, é igual a

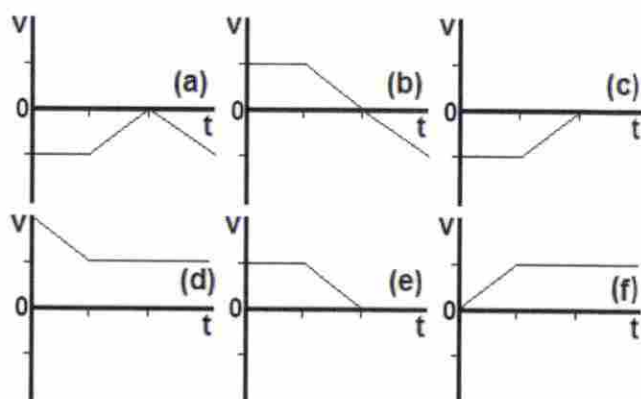
- A) 50.
- B) 100.
- C) 200.
- D) 360.
- E) 720.



**47. UFRGS.** Cada um dos gráficos abaixo representa a posição em função do tempo para um movimento unidimensional (as partes curvas devem ser consideradas como segmentos de parábolas).



No conjunto de gráficos a seguir, está representada a velocidade em função do tempo para seis situações distintas.



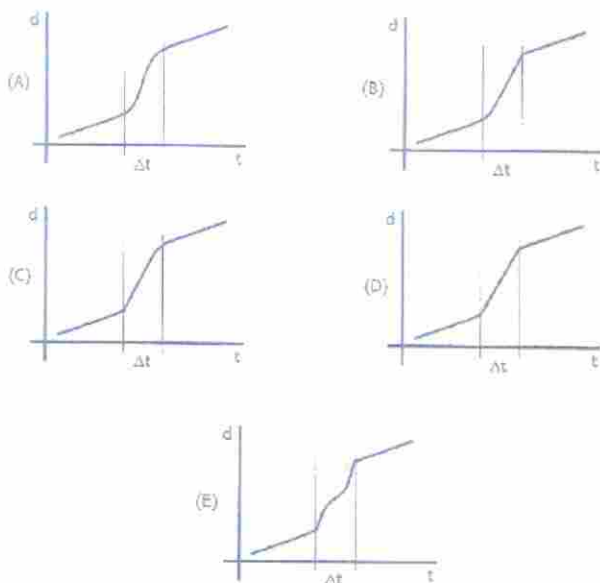
Considerando que as divisões nos eixos dos tempos são iguais em todos os gráficos, assinale a alternativa que combina corretamente os gráficos que descrevem, por pares, o mesmo movimento.

- A) 1(c) – 2(d) – 3(b).
- B) 1(e) – 2(f) – 3(a).
- C) 1(a) – 2(d) – 3(e).
- D) 1(c) – 2(f) – 3(d).
- E) 1(e) – 2(d) – 3(b).

**Instrução:** As questões 48 e 49 referem-se ao enunciado abaixo. Um automóvel desloca-se por uma estrada retilínea plana e horizontal, com velocidade constante de módulo  $v$ .



**48. UFRGS.** Em certo momento, o automóvel alcança um longo caminhão. A oportunidade de ultrapassagem surge e o automóvel é acelerado uniformemente até que fique completamente à frente do caminhão. Nesse instante, o motorista "alivia o pé" e o automóvel reduz a velocidade uniformemente até voltar à velocidade inicial  $v$ . A figura abaixo apresenta cinco gráficos de distância ( $d$ ) x tempo ( $t$ ). Em cada um deles, está assinalado o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) em que houve variação de velocidade. Escolha qual dos gráficos melhor reproduz a situação descrita acima.





**49. UFRGS.** Após algum tempo, os freios são acionados e o automóvel percorre uma distância  $d$  com as rodas travadas até parar. Desconsiderando o atrito com o ar, podemos afirmar corretamente que, se a velocidade inicial do automóvel fosse duas vezes maior, a distância percorrida seria

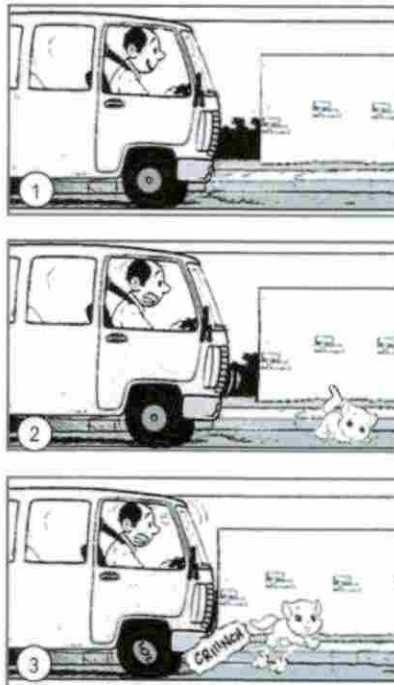


- A)  $d/4$ .
- B)  $d/2$ .
- C)  $d$ .
- D)  $2d$ .
- E)  $4d$ .

**Instrução:** As questões **50 a 52** estão relacionadas ao enunciado abaixo.

O tempo de reação  $t_R$  de um condutor de um automóvel é definido como o intervalo de tempo decorrido entre o instante em que o condutor se depara com uma situação de perigo e o instante em que ele aciona os freios.

(Considere  $d_R$  e  $d_F$ , respectivamente, as distâncias percorridas pelo veículo durante o tempo de reação e de frenagem; e  $d_T$ , a distância total percorrida. Então,  $d_T = d_R + d_F$ ).



Um automóvel trafega com velocidade constante de módulo  $v = 54,0$  km/h em uma pista horizontal. Em dado instante, o condutor visualiza uma situação de perigo, e seu tempo de reação a essa situação é de  $4/5$  s, como ilustrado na sequência de figuras.

**50. UFRGS.** Considerando-se que a velocidade do automóvel permaneceu inalterada durante o tempo de reação  $t_R$ , é correto afirmar que a distância  $d_R$  é de



- A) 3,0 m.
- B) 12,0 m.
- C) 43,2 m.
- D) 60,0 m.
- E) 67,5 m.

**51. UFRGS.** Ao reagir à situação de perigo iminente, o motorista aciona os freios, e a velocidade do automóvel passa a diminuir gradativamente, com aceleração constante de módulo  $7,5$  m/s<sup>2</sup>. Nessas condições, é correto afirmar que a distância  $d_F$  é de





- A) 2,0 m.
- B) 6,0 m.
- C) 15,0 m.
- D) 24,0 m.
- E) 30,0 m.

**52. UFRGS.** Em comparação com as distâncias  $d_R$  e  $d_F$ , já calculadas, e lembrando que  $d_T = d_R + d_F$ , considere as seguintes afirmações sobre as distâncias percorridas pelo automóvel, agora com o dobro da velocidade inicial, isto é, 108 km/h.



I - A distância percorrida pelo automóvel durante o tempo de reação do condutor é de  $2d_R$ .

II - A distância percorrida pelo automóvel durante a frenagem é de  $2d_F$ .

III - A distância total percorrida pelo automóvel é de  $2d_T$ .

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas I e II.
- D) Apenas I e III.
- E) I, II e III.

**53. ENEM.** O trem de passageiros da Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM), que circula diariamente entre a cidade de Cariacica, na Grande Vitória, e a capital mineira Belo Horizonte, está utilizando uma nova tecnologia de frenagem eletrônica. Com a tecnologia anterior, era preciso iniciar a frenagem cerca de 400 metros antes da estação. Atualmente, essa distância caiu para 250 metros, o que proporciona redução no tempo de viagem. Considerando uma velocidade de 72 km/h, qual o módulo da diferença entre as acelerações de frenagem depois e antes da adoção dessa tecnologia?



- A) 0,08 m/s<sup>2</sup>
- B) 0,30 m/s<sup>2</sup>
- C) 1,10 m/s<sup>2</sup>
- D) 1,60 m/s<sup>2</sup>
- E) 3,90 m/s<sup>2</sup>

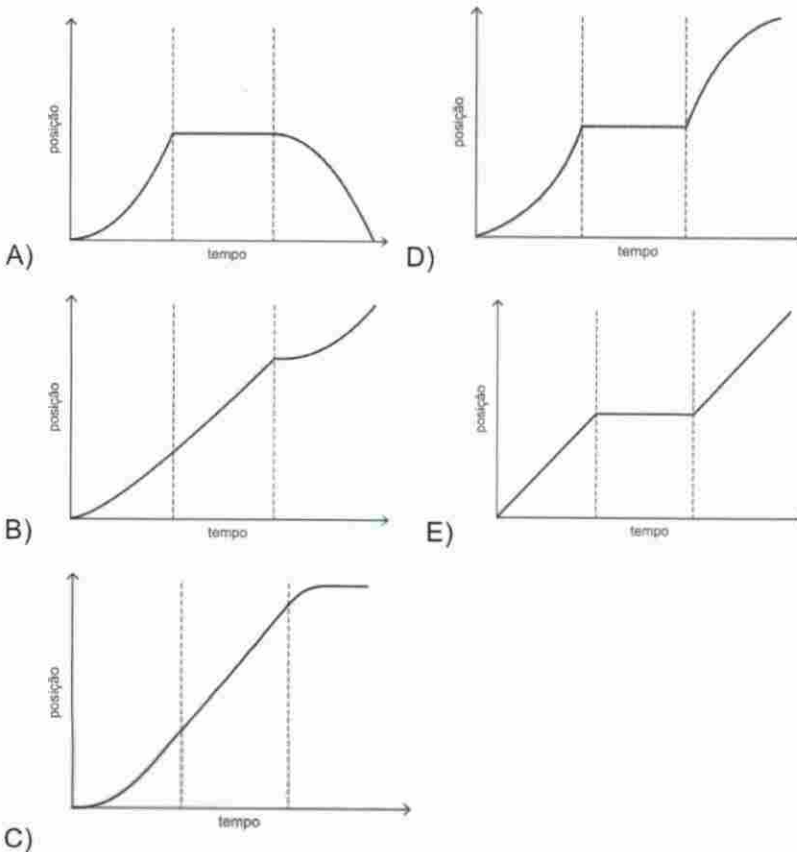
**54. ENEM.** Antes das lombadas eletrônicas, eram pintadas faixas nas ruas para controle da velocidade dos automóveis. A velocidade era estimada com o uso de binóculos e cronômetros. O policial utilizava a relação entre a distância percorrida e o tempo gasto, para determinar a velocidade de um veículo. Cronometrava-se o tempo que um veículo levava para percorrer a distância entre duas faixas fixas, cuja distância era conhecida. A lombada eletrônica é um sistema muito preciso, porque a tecnologia elimina erros do operador. A distância entre os sensores é de 2 metros, e o tempo é medido por um circuito eletrônico. O tempo mínimo, em segundos, que o motorista deve gastar para passar pela lombada eletrônica, cujo limite é de 40 km/h, sem receber uma multa, é de





- A) 0,05.
- B) 11,1.
- C) 0,18.
- D) 22,2.
- E) 0,50.

**55. ENEM.** Para melhorar a mobilidade urbana na rede metroviária é necessário minimizar o tempo entre estações. Para isso a administração do metrô de uma grande cidade adotou o seguinte procedimento entre duas estações: a locomotiva parte do repouso com aceleração constante por um terço do tempo de percurso, mantém a velocidade constante por outro terço e reduz sua velocidade com desaceleração constante no trecho final, até parar. Qual é o gráfico de posição (eixo vertical) em função do tempo (eixo horizontal) que representa o movimento desse trem?



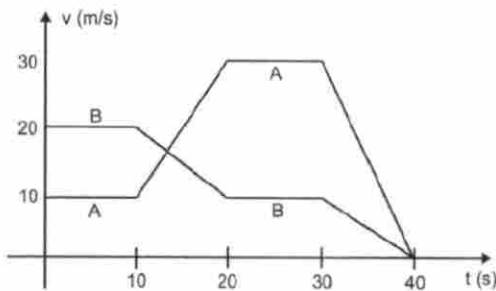
**56. ENEM.**

Rua da Passagem  
 Os automóveis atrapalham o trânsito.  
 Gentileza é fundamental.  
 Não adianta esquentar a cabeça.  
 Menos peso do pé no pedal.





O trecho da música, de Lenine e Arnaldo Antunes (1999), ilustra a preocupação com o trânsito nas cidades, motivo de uma campanha publicitária de uma seguradora brasileira. Considere dois automóveis, A e B, respectivamente conduzidos por um motorista imprudente e por um motorista consciente e adepto da campanha citada. Ambos se encontram lado a lado no instante inicial  $t = 0$  s, quando avistam um semáforo amarelo (que indica atenção, parada obrigatória ao se tornar vermelho). O movimento de A e B pode ser analisado por meio do gráfico, que representa a velocidade de cada automóvel em função do tempo.



As velocidades dos veículos variam com o tempo em dois intervalos: (I) entre os instantes 10 s e 20 s; (II) entre os instantes 30 s e 40 s. De acordo com o gráfico, quais são os módulos das taxas de variação da velocidade do veículo conduzido pelo motorista imprudente, em  $m/s^2$ , nos intervalos (I) e (II), respectivamente?

- A) 1,0 e 3,0
- B) 2,0 e 1,0
- C) 2,0 e 1,5
- D) 2,0 e 3,0
- E) 10,0 e 30,0

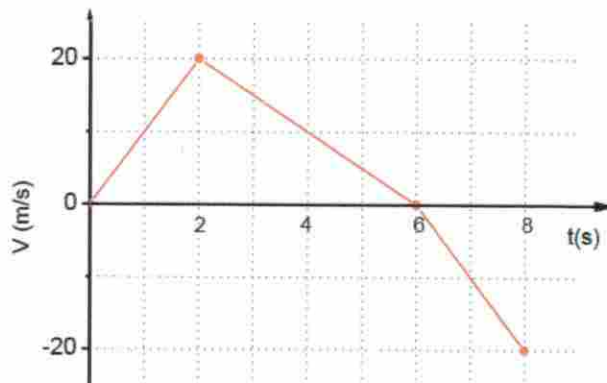
**57. ENEM.** Uma empresa de transportes precisa efetuar a entrega de uma encomenda o mais breve possível. Para tanto, a equipe de logística analisa o trajeto desde a empresa até o local da entrega. Ela verifica que o trajeto apresenta dois trechos de distâncias diferentes e velocidades máximas permitidas diferentes. No primeiro trecho, a velocidade máxima permitida é de 80 km/h e a distância a ser percorrida é de 80 km. No segundo trecho, cujo comprimento vale 60 km, a velocidade máxima permitida é 120 km/h. Supondo que as condições de trânsito sejam favoráveis para que o veículo da empresa ande continuamente na velocidade máxima permitida, qual será o tempo necessário, em horas, para a realização da entrega?

- A) 0,7
- B) 1,4
- C) 1,5
- D) 2,0
- E) 3,0



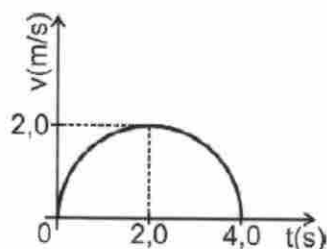


58. **UPF.** Um veículo trafegando sobre uma estrada retilínea tem sua velocidade variando em função do tempo de acordo com o gráfico a seguir. Nessas condições, pode-se afirmar que a distância percorrida em 8 segundos, em m, será de:



- A) 80
- B) 60
- C) 50
- D) 40
- E) 30

59. **ACAFE.** O gráfico da figura abaixo mostra o comportamento da velocidade ( $v$ ) de um veículo variando em função do tempo ( $t$ ) em uma trajetória retilínea.



A distância, em **metros**, percorrida por esse veículo durante o tempo total de movimento (4s) será:

- A)  $\pi$
- B)  $2\pi$
- C)  $\pi/2$
- D)  $4\pi$

60. **ULBRA.** A China é reconhecida por fazer obras de engenharia proporcionais ao seu tamanho, com enorme eficiência e qualidade. Ela já possuía a ponte de Beipanjiang, de 275 m de altura e de 294 m de comprimento, a mais alta ponte ferroviária do mundo. Agora, na mesma região, fez uma ponte rodoviária com 565 metros de altura, até o leito do rio e com extensão de 1340 m.







Supondo que o comprimento total de um trem fosse de 206 m, quanto tempo ele gastaria para atravessar completamente a ponte férrea com uma velocidade constante de 28,8 km/h?

- A) 105,00 s
- B) 96,40 s
- C) 62,50 s
- D) 36,75 s
- E) 17,36 s

**61. UPF.** Em uma fábrica de bebidas, um robô fixo procede ao fechamento das garrafas cheias, colocando 5 tampas por segundo. As garrafas, que estão em uma esteira rolante, deslocam-se para a direita. Entre os centros das garrafas, há uma separação de 10 cm. Considerando essa estrutura, pode-se afirmar que, para o sistema funcionar corretamente, a esteira deve:

- A) estar uniformemente acelerada para a direita.
- B) deslocar-se a uma velocidade de 2 cm/s.
- C) estar com uma aceleração de 2 cm/s<sup>2</sup> para a esquerda.
- D) descrever um movimento retilíneo uniformemente variado, com velocidade inicial de 50 cm/s.
- E) descrever um movimento retilíneo, com velocidade constante de 0,5 m/s.



**62. UPF.** Um carro está parado na rampa de acesso de uma autoestrada, esperando uma diminuição do tráfego de veículos. O motorista verifica que existe um espaço vazio entre um ônibus e um automóvel e acelera seu carro para entrar na autoestrada. O carro parte do repouso, se move ao longo de uma linha reta e atinge uma velocidade igual à do tráfego de veículos ao final da rampa de 100m de comprimento. Considerando que o tráfego de veículos na autoestrada se move com velocidade constante de 20 m/s, podemos afirmar que:

- A) O carro percorre a rampa com aceleração constante de 5 m/s<sup>2</sup>.
- B) O carro percorre a rampa com aceleração constante de 10 m/s<sup>2</sup>.
- C) O carro leva 10 segundos para percorrer a rampa.
- D) O carro leva 5 segundos para percorrer a rampa.
- E) O deslocamento do tráfego de veículos enquanto o carro atravessa a rampa será de 100m.





**63. UFRGS.** Um atleta, partindo do repouso, percorre 100 m em uma pista horizontal retilínea, em 10 s, e mantém a aceleração constante durante todo o percurso. Desprezando a resistência do ar, considere as afirmações abaixo, sobre esse movimento.



- I – O módulo de sua velocidade média é 36 km/h.
- II – O módulo de sua aceleração é  $10 \text{ m/s}^2$ .
- III – O módulo de sua maior velocidade instantânea é 10 m/s.

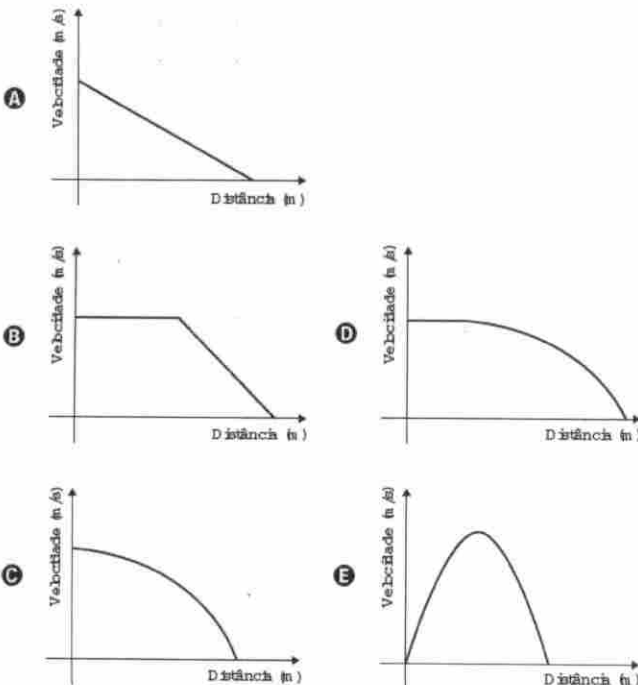
Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e II.
- E) I, II e III.

**64. ENEM.** Dois veículos que trafegam com velocidade constante em uma estrada, na mesma direção e sentido, devem manter entre si uma distância mínima. Isso porque o movimento de um veículo, até que ele pare totalmente, ocorre em duas etapas, a partir do momento em que o motorista detecta um problema que exige uma freada brusca. A primeira etapa é associada à distância que o veículo percorre entre o intervalo de tempo da detecção do problema e o acionamento dos freios. Já a segunda se relaciona com a distância que o automóvel percorre enquanto os freios agem com desaceleração constante.



Considerando a situação descrita, qual esboço gráfico representa a velocidade do automóvel em relação à distância percorrida até parar totalmente?





**65. UFRGS.** Dois motoristas, A e B, dirigem carros idênticos com velocidades constantes numa avenida plana e reta. A velocidade de A é 40 m/s e a de B é 25 m/s. Ambos percebem o sinal vermelho e decidem acionar o freio no mesmo instante. As distâncias que percorrem no intervalo de tempo que, para cada um, transcorre entre a decisão de parar e o efetivo acionamento do freio, são diferentes: o automóvel de A percorre 12 m, e o de B, 10 m. Qual dos motoristas tem o menor tempo de reação (é mais rápido para acionar o freio) e qual o tempo que ele leva para isso?



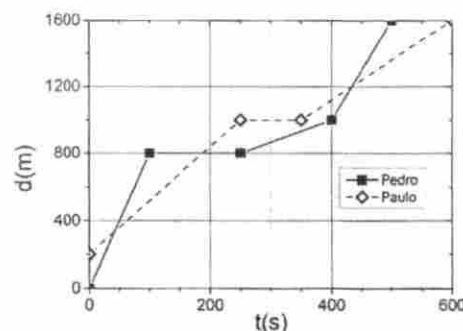
- A) É A; ele leva 0,3 s.
- B) É A; ele leva 3,3 s.
- C) É B; ele leva 0,4 s.
- D) É B; ele leva 2,5 s.
- E) É A; ele leva 0,6 s.

**66. UFRGS.** Um automóvel que trafega em uma auto-estrada reta e horizontal, com velocidade constante, está sendo observado de um helicóptero. Relativamente ao solo, o helicóptero voa com velocidade constante de 100 km/h, na mesma direção e no mesmo sentido do movimento do automóvel. Para o observador situado no helicóptero, o automóvel avança a 20 km/h. Qual é, então, a velocidade do automóvel relativamente ao solo?



- A) 120 km/h.
- B) 100 km/h.
- C) 80 km/h.
- D) 60 km/h.
- E) 20 km/h.

**67. UFRGS.** Pedro e Paulo diariamente usam bicicletas para ir ao médico. O gráfico abaixo mostra como ambos percorreram as distâncias até o colégio, em função do tempo, em certo dia.



Com base no gráfico, considere as seguintes afirmações.

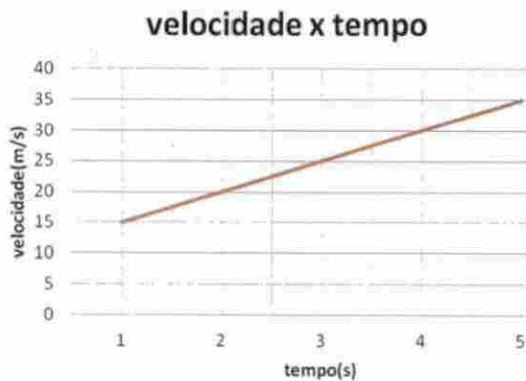
- I – A velocidade média desenvolvida por Pedro foi maior do que a desenvolvida por Paulo.
- II – A máxima velocidade foi desenvolvida por Paulo.
- III – Ambos estiveram parados pelo mesmo intervalo de tempo, durante seus percursos.

Quais estão corretas?



- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.

**68. ULBRA.** Considere um objeto se deslocando em movimento retilíneo uniformemente variado, descrito pelo gráfico abaixo.



Supondo que no instante de tempo, ele tenha partido da posição , determine o deslocamento, em metros, desse móvel entre os instantes  $t = 2\text{ s}$  e  $t = 8\text{ s}$ .

- A) 30
- B) 80
- C) 100
- D) 210
- E) 240

**69. UFRGS.** Considere dois móveis, A e B, deslocando-se sobre a mesma direção e no mesmo sentido, cada um executando um movimento retilíneo uniformemente acelerado. Qual das alternativas expressa uma condição necessária e suficiente para que suas acelerações sejam iguais?



- A) O deslocamento entre a posição inicial e final de A deve ser igual ao deslocamento entre a posição inicial e final de B.
- B) A velocidade inicial de A deve ser igual à velocidade inicial de B.
- C) Em determinado instante, ambos devem ocupar a mesma posição.
- D) Os acréscimos na velocidade de A, por unidade de tempo, devem ser iguais aos acréscimos na velocidade de B, na mesma unidade de tempo.
- E) A velocidade final de A deve ser igual à velocidade final de B.



**70. PUCRS.** Um candidato ao vestibular da PUCRS, para não chegar atrasado às provas, deslocava-se de automóvel pela Av. Ipiranga a uma velocidade de 25 m/s (90 km/h). Ao avistar o controlador eletrônico de velocidade ("pardal"), perto da PUCRS, pisou no freio, e a velocidade diminuiu uniformemente para 15 m/s, com uma aceleração constante de  $-4 \text{ m/s}^2$ , evitando, assim, ser multado. Nestas condições, é correto afirmar que a distância mínima do automóvel ao controlador, no instante em que o candidato pisou no freio, era de, aproximadamente,



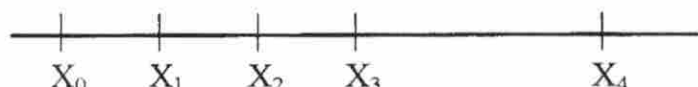
- A) 90 m.
- B) 70 m.
- C) 50 m.
- D) 25 m.
- E) 15 m.

**71. UFRGS.** Um automóvel, A, faz o percurso de ida e de volta sobre o mesmo trecho, de 20 km, de uma rodovia. Na ida sua velocidade média é de 60 km/h e na volta sua velocidade média é de 40 km/h, sendo  $t_A$  o intervalo de tempo para completar a viagem. Outro automóvel, B, faz o mesmo percurso, mas vai e volta com a mesma velocidade média, de 50 km/h, completando a viagem em um intervalo de tempo  $t_B$ . Qual é a razão  $t_A / t_B$  entre os citados intervalos de tempo?



- A) 5/4
- B) 25/24
- C) 1
- D) 25/28
- E) 5/6

**Instrução:** A figura e o enunciado referem-se aos exercícios **72** e **73**.



Um móvel parte do repouso em  $X_0$  e descreve um movimento retilíneo uniformemente acelerado entre  $X_0$  e  $X_3$ . Deste ponto em diante, até  $X_4$ , o movimento passa a ser retilíneo uniforme.

**72. UFRGS.** Sabendo-se que os pontos  $X_0$ ,  $X_1$ ,  $X_2$  e  $X_3$  estão igualmente espaçados e que o móvel leva um tempo  $t_1$  para deslocar-se de  $X_0$  a  $X_1$ , o tempo necessário para chegar a  $X_3$ , a contar da origem  $X_0$ , é



- A)  $\sqrt{2} \cdot t_1$
- B)  $2 \cdot t_1$
- C)  $3 \cdot t_1$
- D)  $\sqrt{3} \cdot t_1$
- E)  $9 \cdot t_1$



73. UFRGS. A velocidade instantânea do móvel em  $X_3$  é igual

- A) à sua velocidade média entre  $X_0$  e  $X_3$ .
- B) à sua velocidade média entre  $X_2$  e  $X_3$ .
- C) à sua velocidade média entre  $X_2$  e  $X_4$ .
- D) à metade da sua velocidade média entre  $X_3$  e  $X_4$ .
- E) à sua velocidade entre  $X_3$  e  $X_4$ .



74. ULBRA. Um objeto em movimento retilíneo está com uma determinada velocidade  $v_0$ , quando começa a desacelerar com  $1\text{m/s}^2$ , percorrendo 48 m e atingindo uma velocidade que é a quinta parte da inicial. Qual é o valor da sua velocidade inicial, em m/s?

- A) 2,5
- B) 5,0
- C) 7,5
- D) 9,0
- E) 10,0

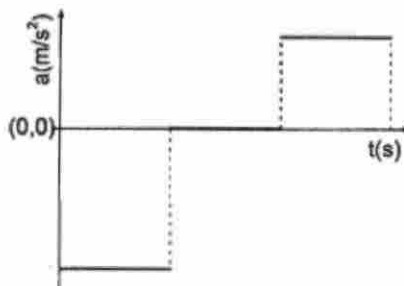


75. UFRGS. Um automóvel que trafega com velocidade constante de 10 m/s, em uma pista reta e horizontal, passa a acelerar uniformemente à razão de 60 m/s em cada minuto, mantendo essa aceleração durante meio minuto. A velocidade instantânea do automóvel, ao final desse intervalo de tempo, e sua velocidade média, no mesmo intervalo de tempo, são, respectivamente,

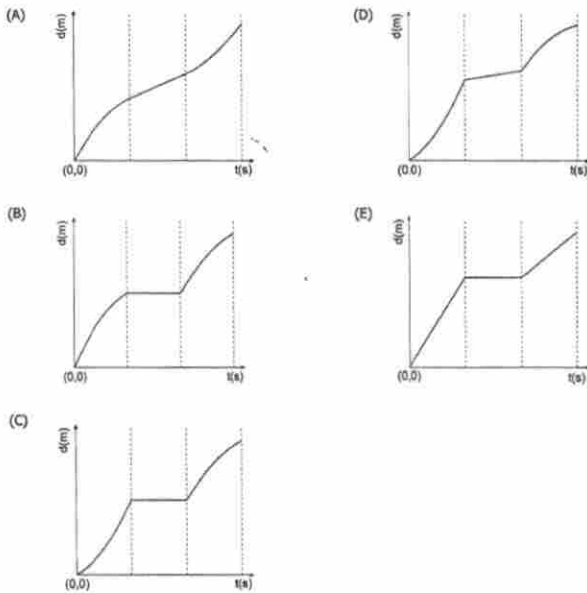
- A) 30 m/s e 15 m/s.
- B) 30 m/s e 20 m/s.
- C) 20 m/s e 15 m/s.
- D) 40 m/s e 20 m/s.
- E) 40 m/s e 25 m/s.



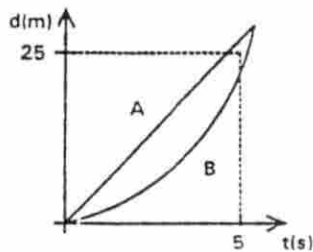
76. UFRGS. Um automóvel viaja por uma estrada retilínea com velocidade constante. A partir de dado instante, considerando com  $t=0$ , o automóvel sofre acelerações distintas em três intervalos consecutivos de tempo, conforme representado no gráfico abaixo:



Assinale a alternativa que contém o gráfico que melhor representa o deslocamento do automóvel nos mesmos intervalos de tempo.  
Informação: nos gráficos, (0,0) representa a origem do sistema de coordenadas.



**77. UFRGS.** Dois automóveis, A e B, movimentam-se por uma rua retilínea. No instante  $t = 0$  se encontram a 25 m de um semáforo que está no "verde". O automóvel A continua em movimento com velocidade constante e o automóvel B acelera. O sinal troca para o "vermelho" em  $t = 5$  s. O diagrama abaixo representa a posição  $d$  dos dois automóveis em função do tempo  $t$  (a origem do eixo das posições está no local ocupado pelos automóveis em  $t = 0$ ).



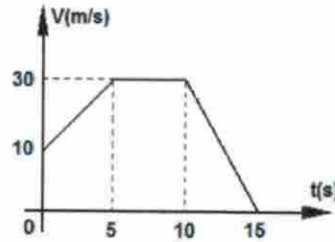
Analisando o diagrama, pode-se afirmar que

- A) somente o automóvel A cruza o semáforo antes que passe para o "vermelho".
- B) os dois automóveis cruzam o semáforo antes que passe para o "vermelho".
- C) somente o automóvel B cruza o semáforo antes que passe para o "vermelho".
- D) nenhum dos dois automóveis cruza o semáforo antes que passe para o "vermelho".
- E) o diagrama não permite decidir quando os automóveis cruzam o semáforo.

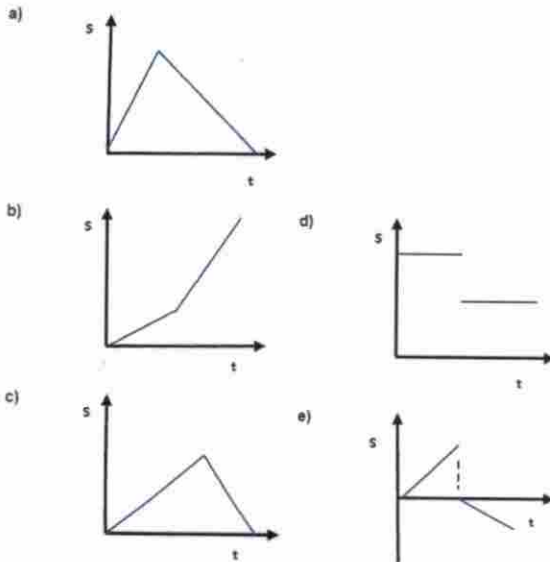


**78. ULBRA.** O gráfico ao lado representa o movimento de um móvel de massa 8 kg. Para o intervalo de tempo entre 5 s e 15 s, determine a sua velocidade média, em km/h.

- A) 15,0
- B) 20,0
- C) 22,5
- D) 54,0
- E) 81,0



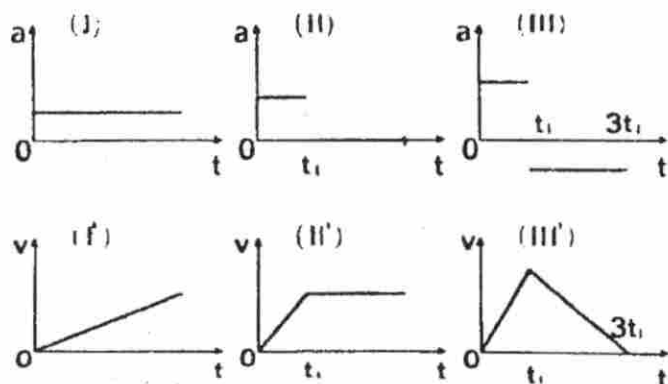
**79. UPF.** Considere a situação em que um jogador de futebol esteja treinando e, para isso, chute uma bola contra uma parede vertical. Suponha-se que a bola realize um movimento em linha reta de ida e volta (jogador-parede-jogador), com velocidade constante na ida, e que, na volta, a velocidade também seja constante, mas menor do que a da ida. Nessas condições e considerando que o tempo de contato com a parede seja muito pequeno e possa ser desprezado, o gráfico que melhor representa o deslocamento (S) da bola em relação ao tempo de movimento (t) é:



**80. UFRGS.** As figuras abaixo representam gráficos da aceleração  $a$  e da velocidade  $v$ , ambos em função do tempo  $t$ , de objetos em movimento retilíneo. Analise os pares de gráficos (I) (I'), (II) (II') e (III) (III') e indique em que casos o gráfico da velocidade em função do tempo refere-se corretamente ao gráfico da aceleração em função do tempo.







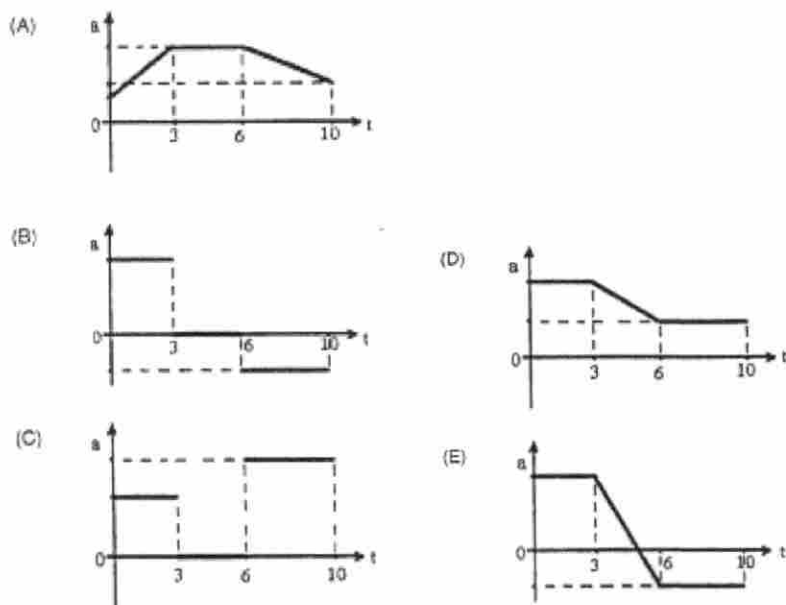
- A) Apenas em (I) (I').
- B) Apenas em (I) (I') e (II) (II'),
- C) Apenas em (II) (II') e (III) (III').
- D) Apenas em (I) (I') e (III) (III').
- E) Em todos.

81. UFRGS. A tabela abaixo apresenta valores da velocidade (V) de um móvel, em movimento retilíneo, em função do tempo (t).

t (s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V (m/s)	3	5	7	9	9	9	9	8	7	6	5

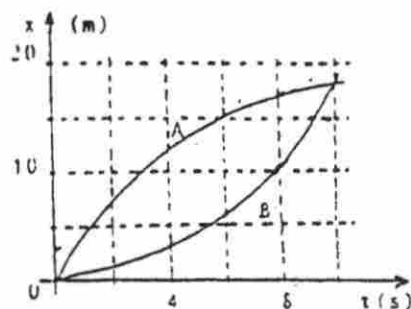


Qual dos gráficos abaixo pode representar corretamente os valores da aceleração (a) desse móvel como função do tempo ?



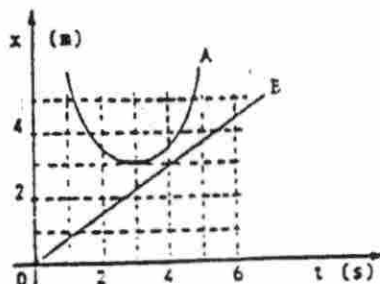


**82. UFRGS.** O gráfico mostra a posição  $x$  de dois móveis, A e B, em função do tempo  $t$ . Os movimentos ocorrem ao longo do eixo  $Ox$ . Analisando o gráfico, pode-se afirmar que



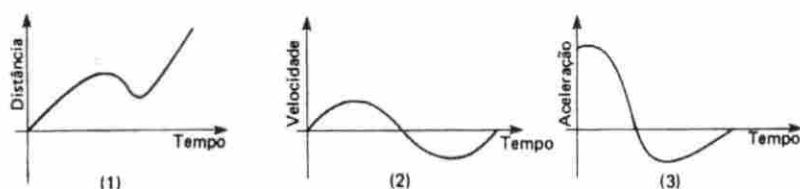
- A) a velocidade média do móvel A foi inferior a do móvel B nos 8 primeiros segundos.
- B) no instante  $t = 8s$  a velocidade instantânea do móvel A foi menor do que a do móvel B.
- C) durante os 10 segundos a velocidade instantânea do móvel A sempre foi maior do que a do móvel B
- D) durante os primeiros 4 segundos a velocidade média do móvel A foi aproximadamente igual a do móvel B.
- E) do instante  $t = 4s$  ao instante  $t = 8s$  o móvel A percorreu uma distância maior do que o B.

**83. UFRGS.** O gráfico mostra as posições ( $x$ ) de dois móveis, A e B, em função do tempo  $t$ . Os movimentos ocorrem ao longo do eixo  $Ox$ . Analisando-se o gráfico pode-se verificar que :



- A) em nenhum instante o móvel A possui velocidade instantânea nula.
- B) o movimento do móvel B é uniformemente acelerado
- C) o móvel B alcança o móvel A no instante  $t = 4s$ .
- D) o módulo da velocidade instantânea do móvel A é sempre maior do que do móvel B.
- E) no instante  $t = 3s$ , o módulo da velocidade instantânea do móvel B é maior do que do móvel A.

**84.** Ao observar o movimento de um corpo que se desloca sempre numa mesma direção e num mesmo sentido, um aluno levantou os seguintes gráficos.



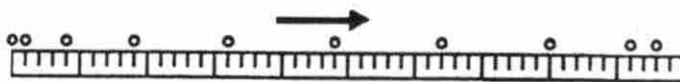


Qual ou quais dentre os gráficos abaixo podem representar corretamente o movimento em questão ?

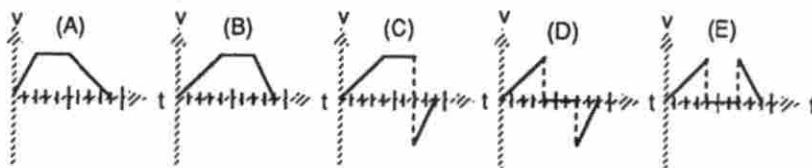
- A) Apenas o gráfico 1.
- B) Apenas o gráfico 2.
- C) Apenas o gráfico 3.
- D) Apenas os gráficos 2 e 3.
- E) Todos os gráficos.

**Instrução:** Observe a figura para responder as questões de números 85 e 86.

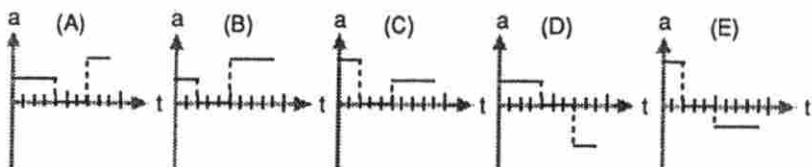
A figura representa a fotografia de múltipla exposição de um objeto que se move em linha reta sobre uma superfície horizontal. A seta indica o sentido do movimento. As posições indicam pelos pontos estão separadas por intervalos iguais de tempo. O primeiro "flash" ocorreu exatamente quando o corpo iniciava seu movimento e o último exatamente no instante em que parava.



**85. UFRGS.** Qual dos seguintes gráficos representa a velocidade em função do tempo ?

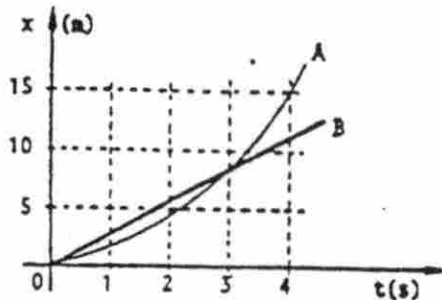


**86. UFRGS.** Quais dos seguintes gráficos representa melhor da aceleração do objeto em função do tempo ?



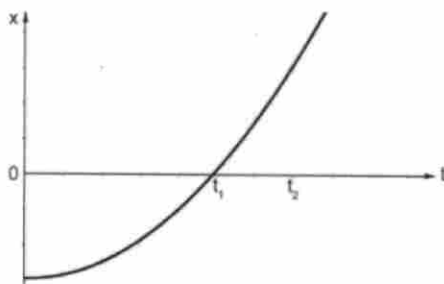


87. UFRGS. Dois ciclistas A e B andam ao longo de uma ciclovía retilínea ocupando as posições X ao longo do tempo t indicados no gráfico. Analisando-se o movimento a partir do gráfico, pode-se afirmar :



- A) Os dois ciclistas percorrem a mesma distância em 4 s.
- B) O módulo da velocidade do ciclista A é constante em todo o percurso.
- C) O módulo da velocidade do ciclista B é maior do que o do ciclista A no instante 3 s.
- D) O módulo da velocidade do ciclista B é sempre maior do que o do ciclista A ao longo do percurso.
- E) O ciclista A ultrapassa o ciclista B antes de transcorridos 4 s.

**INSTRUÇÃO:** Para responder à questão 88, analise o gráfico abaixo. Ele representa as posições x em função do tempo t de uma partícula que está em movimento, em relação a um referencial inercial, sobre uma trajetória retilínea. A aceleração medida para ela permanece constante durante todo o trecho do movimento.

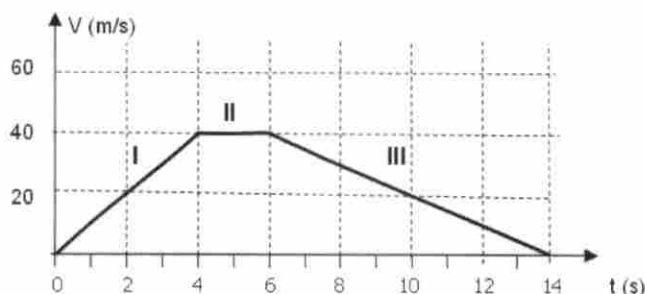


88. PUCRS. Considerando o intervalo de tempo entre 0 e  $t_2$ , qual das afirmações abaixo está correta?

- A) A partícula partiu de uma posição inicial positiva.
- B) No instante  $t_1$ , a partícula muda o sentido do seu movimento.
- C) No instante  $t_1$ , a partícula está em repouso em relação ao referencial.
- D) O módulo da velocidade medida para a partícula diminui durante todo o intervalo de tempo.
- E) O módulo da velocidade medida para a partícula aumenta durante todo o intervalo de tempo.



89. UFRGS. Observe o gráfico abaixo, que mostra a velocidade instantânea  $V$  em função do tempo  $t$  de um móvel que se desloca em uma trajetória retilínea. Neste gráfico, I, II e III identificam, respectivamente, os intervalos de tempo de 0s a 4s, de 4s a 6s e de 6s a 14s.



Nos intervalos de tempo indicados, as acelerações do móvel valem, em  $\text{m/s}^2$ , respectivamente,

- A) 20, 40 e 20.
- B) 10, 20 e 5.
- C) 10, 0 e  $-5$ .
- D)  $-10$ , 0 e 5.
- E)  $-10$ , 0 e  $-5$ .

90. UFRGS. Em grandes aeroportos e shoppings, existem esteiras móveis horizontais para facilitar o deslocamento de pessoas.

Considere uma esteira com 48 m de comprimento e velocidade de 1,0 m/s. Uma pessoa ingressa na esteira e segue caminhando sobre ela com velocidade constante no mesmo sentido de movimento da esteira. A pessoa atinge a outra extremidade 30 s após ter ingressado na esteira. Com que velocidade, em m/s, a pessoa caminha sobre a esteira?



- A) 2,6.
- B) 1,6.
- C) 1,0.
- D) 0,8.
- E) 0,6.



# Aula 3

## Movimentos em campo gravitacional

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.78 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.88
Fazer a questão 97

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.80 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer as questões 94, 95, 103, 105, 107, 109, 111, 112, 113, 114 e 120

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.81 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer as questões 92, 93, 96, 102, 104, 106, 108, 110, 115, 116, 117, 118, 119 e 135

### PARTE 4

Estudar a Parte 4 – P.82 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 4 se necessário
Fazer as questões 98, 99, 121, 122, 123, 124, 127, 129, 130 e 132

### PARTE 5

Estudar a Parte 5 – P.84 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 5 se necessário
Fazer a Leitura 2 – P.90
Analisar os Desafios – P.85
Fazer as questões 91, 100, 101, 125, 126, 128, 131, 133 e 134



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.

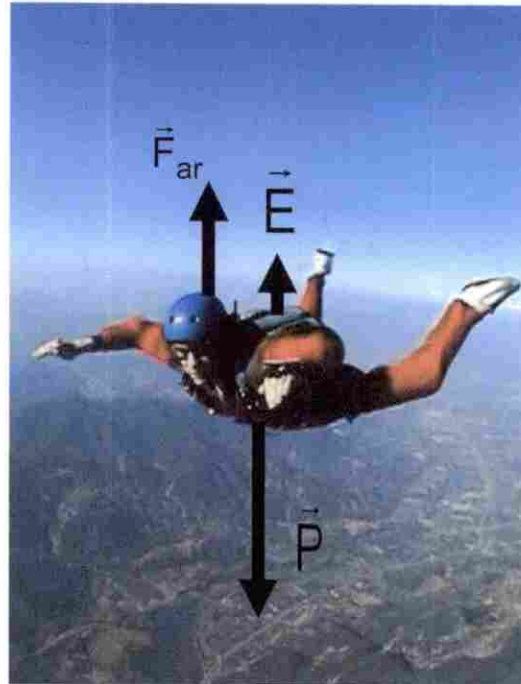


## Parte 1

## Queda Real

**Queda real** ( movimento em uma dimensão): Ocorre na presença do ar.

Forças atuantes durante a queda :



- **Peso** ( $\vec{P}$ ) : força de atração gravitacional exercida pelo planeta sobre o corpo, orientada para o centro de massa do planeta. Seu módulo é função da massa do corpo e da aceleração gravitacional no local onde se encontra.

$$P = \text{força de atração gravitacional} = m \cdot g$$

- **Força de resistência do ar** ( $\vec{F}_{ar}$ ) : exercida pelo ar em sentido oposto ao do movimento do corpo, com módulo dado por :

$$F_{ar} = k \cdot v \quad * k = \text{constante} \Rightarrow F_{ar} \propto v$$

- k é uma constante que depende do meio e da superfície de contato do corpo em queda com o ar. Considerando-se o meio invariável (ar), podemos afirmar que para uma mesma velocidade :

MAIOR SUPERFÍCIE DE CONTATO  $\Rightarrow$  MAIOR k  $\Rightarrow$  MAIOR  $F_{ar}$   
 MENOR SUPERFÍCIE DE CONTATO  $\Rightarrow$  MENOR k  $\Rightarrow$  MENOR  $F_{ar}$

- **Empuxo** ( $\vec{E}$ ) : exercida pelo ar, verticalmente para cima, com módulo igual a:  $E = d_{ar} \cdot V_{ar} \cdot g$

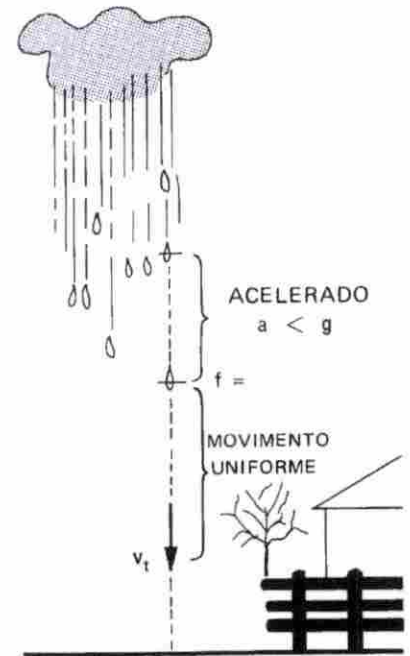
- normalmente a densidade do corpo em queda é muito maior do que a do ar ( $d_c \gg d_{ar}$ ), fazendo com que a força de empuxo seja desprezível em relação as demais forças atuantes sobre o corpo durante a queda.



□ **Velocidade terminal ( ou limite )**

Verifica-se que a força de resistência do ar sobre um corpo (força de atrito com o ar) tem sempre sentido contrário ao seu movimento, e o valor desta força é tanto maior quanto maior for a velocidade do corpo. Em um automóvel, por exemplo, atua uma força de resistência do ar que cresce consideravelmente quando a velocidade do carro é aumentada. Em velocidades elevadas, uma grande parte do combustível gasto pelo automóvel é empregada para vencer esta força de atrito com o ar.

Consideremos um corpo em queda sob a ação de seu peso  $\vec{P}$  e da força  $\vec{f}$  de resistência do ar. No início da queda, a velocidade do corpo é pequena e  $\vec{f}$  é menor do que  $\vec{P}$ . A resultante dessas forças é, portanto, dirigida para baixo e o movimento do corpo será acelerado. Entretanto, como  $\vec{f}$  é contrária a  $\vec{P}$ , a aceleração,  $\vec{a}$ , neste início de queda, é menor do que  $\vec{g}$ . Mas, como o movimento é acelerado, o valor da velocidade do corpo estará crescendo e, conseqüentemente, o valor de  $\vec{f}$  aumentará. Haverá, então, um certo instante em que  $f$  se tornará igual a  $P$ . A partir deste instante, a resultante de  $\vec{f}$  e  $\vec{P}$  será nula e, assim, a velocidade do corpo permanecerá constante (evidentemente, o valor de  $\vec{f}$  também não se alterará).

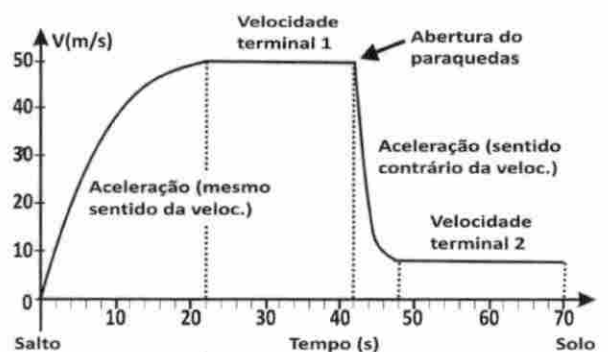


Em resumo : a velocidade do corpo inicialmente aumenta (com aceleração  $a < g$ ) até atingir o valor  $v_t$ , sendo denominada velocidade terminal ou velocidade limite; a partir deste momento, a velocidade não cresce mais e o corpo continua sua queda em movimento uniforme, com velocidade  $v_t$ .

$$a = \frac{F_R}{m} = \frac{P - (F_{AR} + E)}{m} < g$$



**E o paraquedista?**







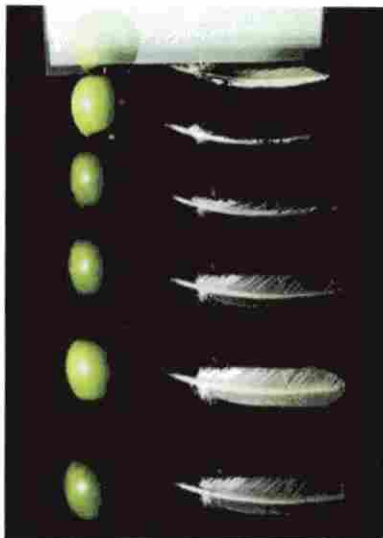
▪ **Parte 2**

**Queda Ideal**

**Queda ideal** (movimento em uma dimensão): Ocorre no vácuo.



$$\rightarrow \vec{F}_{ar} = 0 \text{ e } \vec{E} = 0$$



$$\vec{F}_R = \vec{P} \xrightarrow{a = \frac{F_R}{m}} a = \frac{P}{m} = \frac{m \cdot g}{m} = g$$

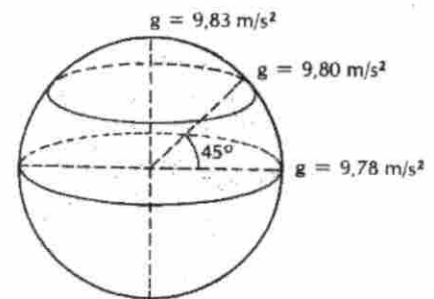
**MQL** é um caso particular de **MRUV**, pois é um movimento retilíneo com aceleração constante.

“No vácuo e em um mesmo local, todos os corpos caem igualmente rápidos, isto é, sob ação de uma mesma aceleração (aceleração gravitacional), independente de suas massas.”

**Aceleração gravitacional ( $\vec{g}$ ) (gravidade)**

nível do mar e latitude 45°  $\Rightarrow g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Latitude (graus)	$g(\text{m/s}^2)$
0	9,780
10	9,782
20	9,786
30	9,793
40	9,802
50	9,811
60	9,819
70	9,826
80	9,831
90	9,832



Usualmente nas questões  $\Rightarrow g = 10 \text{ m/s}^2 = \frac{10\text{m}}{\text{s}}$

**SPF - Space Power Facility**

As instalações da SPF abriga as maiores e mais poderosas condições do mundo da simulação de ambiente espacial. A simulação espacial "vacuum câmara" é a maior do mundo, medindo 100 pés (30,48 m) de diâmetro por 122 pés (37,19 m) de altura. O SPF é localizado no centro da NASA Glenn Research, estação Plum Brook, em Sandusky, Ohio.



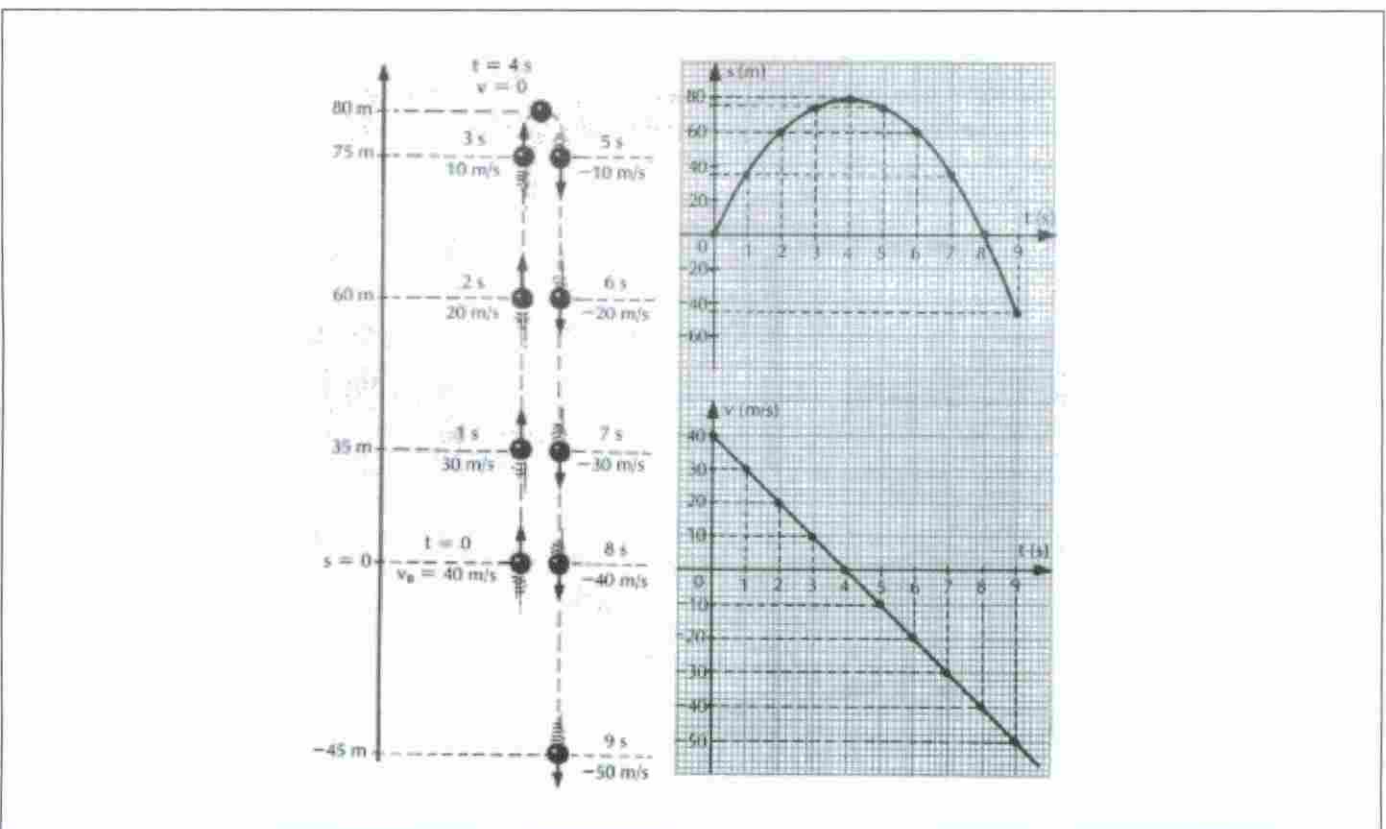
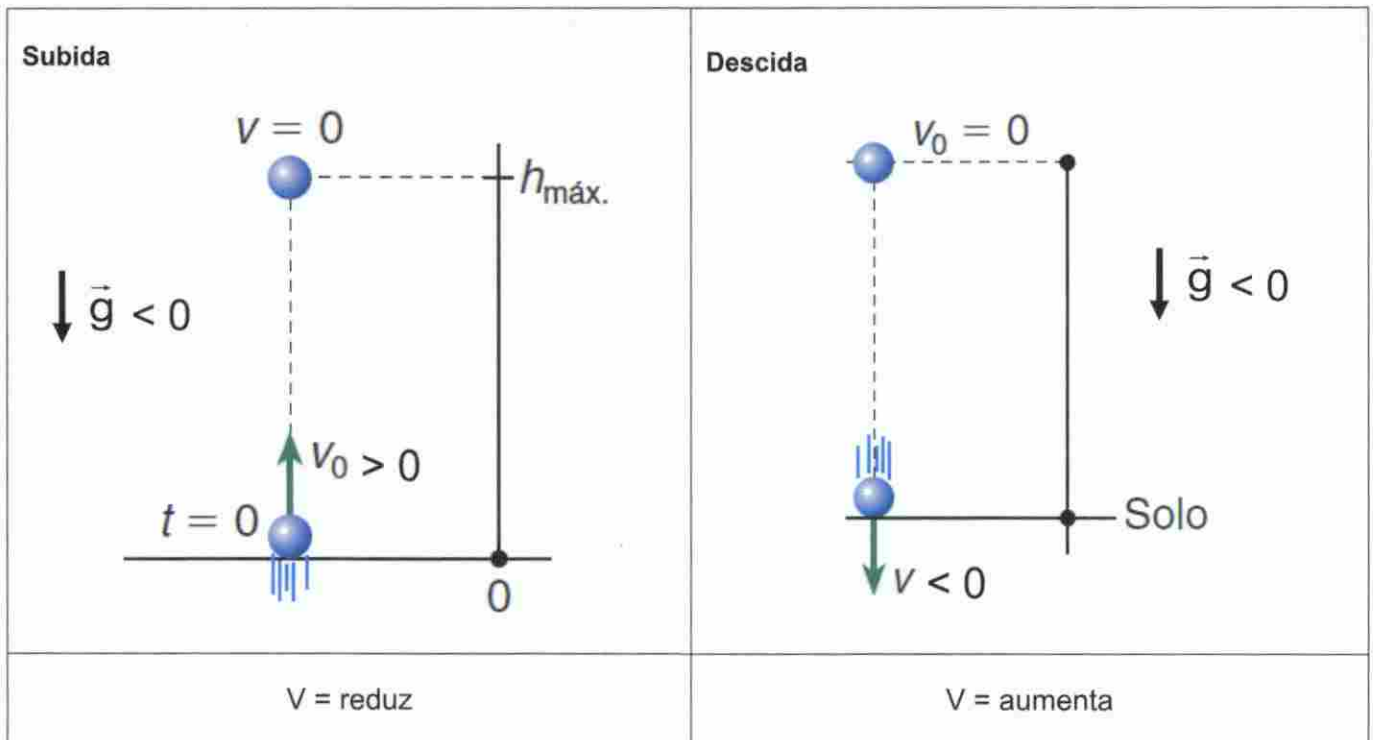


▪ **Parte 3**

**Lançamento Vertical**

**Lançamento vertical** (MQL - Movimento de Queda Livre) ( movimento em uma dimensão)

VÁCUO:  $\vec{F}_R = \vec{P} \rightarrow \vec{a} = \vec{g}$  (MRUV)

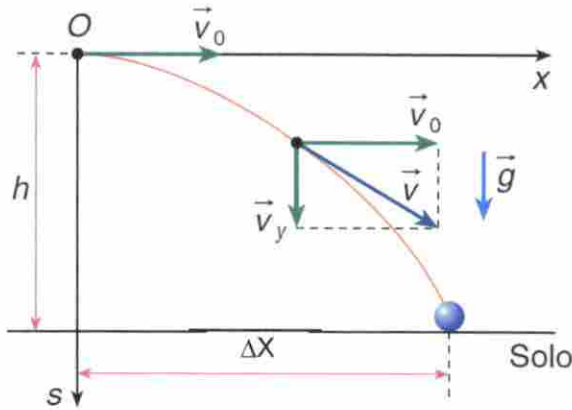




▪ Parte 4

Lançamento Horizontal

Lançamento horizontal ( movimento em duas dimensão )



VÁCUO:  $\vec{F}_R = \vec{P} \rightarrow \vec{a} = \vec{g}$

Trajetória Parabólica

$\vec{V} = \vec{V}_X + \vec{V}_Y$

**HORIZONTAL** ⇒ **MRU**

$\vec{a}_{\text{horizontal}} = 0$

$\vec{V}_X = \text{constante} = \vec{V}_0$

$\Delta X = V_0 \cdot \Delta t$

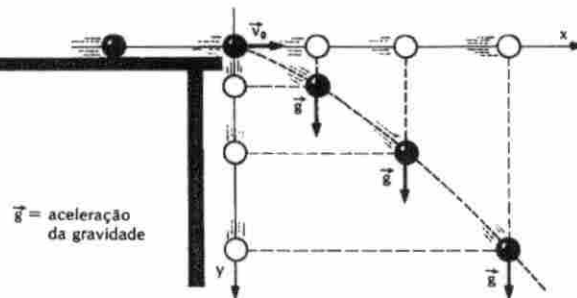
**VERTICAL** ⇒ **MQL (MRUV)**

$\vec{a}_{\text{vertical}} = \vec{g} = \text{constante}$

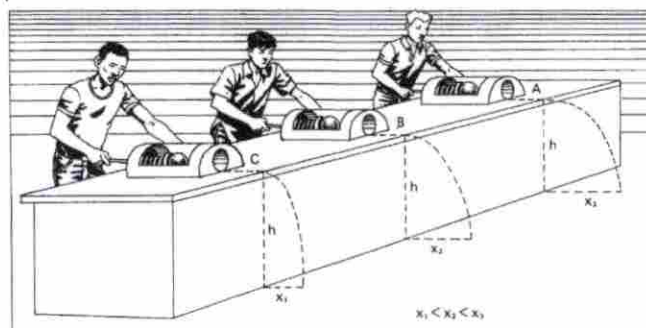
$\vec{V}_{0y} = 0$  e  $V_Y = \text{aumenta}$

$h = \frac{g \Delta t^2}{2}$

**Análise do movimento** - Observe que horizontalmente as projeções indicam mesmas distâncias percorridas em mesmos tempos (MRU). Já na vertical os espaços percorridos são crescentes, indicando um aumento na componente vertical da velocidade.



Comparação dos tempos de queda:

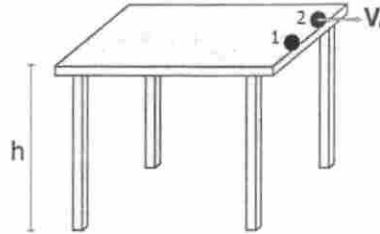




## MODELAGEM

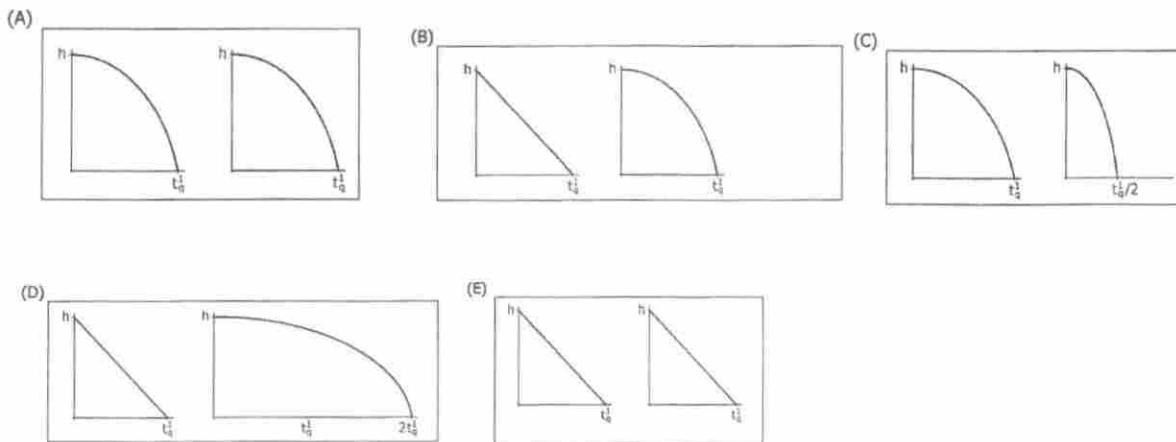
**UFRGS 2018**

Dois objetos de massa  $m_1$  e  $m_2 (=2m_1)$  encontram-se na borda de uma mesa de altura  $h$  em relação ao solo, conforme representa a figura abaixo



O objeto 1 é lentamente deslocado até começar a cair verticalmente. No instante em que o objeto 1 começa a cair, o objeto 2 é lançado horizontalmente com velocidade  $V_0$ . A resistência do ar é desprezível.

Assinale a alternativa que melhor representa os gráficos de posição vertical dos objetos 1 e 2, em função do tempo. Nos gráficos  $t_q$  representa o tempo de queda do objeto 1. Em cada alternativa, o gráfico da esquerda representa o objeto 1 e o da direita representa o objeto 2.



A questão inicia com uma armadilha, o fato das massas das esferas serem diferentes. Sendo a resistência do ar desprezível, a aceleração sobre as esferas na queda é a mesma (gravidade). Como as quedas ocorrem da mesma altura com  $v_{0y} = 0$ , os tempos de queda são os mesmos.

Verticalmente, os movimentos descritos são MRUV, portanto o gráfico posição x tempo deve ser um ramo de parábola com vértice no instante inicial (velocidade vertical inicial nula).

**Resposta: A**

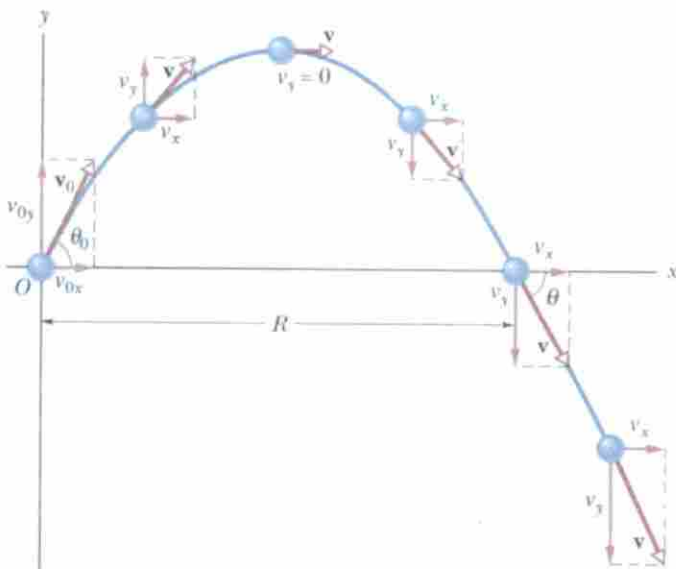


## Parte 4

### Lançamento Oblíquo

**Lançamento oblíquo** ( movimento em duas dimensão )

VÁCUO:  $\vec{F}_R = \vec{P} \rightarrow \vec{a} = \vec{g}$



$$\vec{V} = \vec{V}_X + \vec{V}_Y$$

$$v^2 = v_X^2 + v_Y^2$$

$$\begin{cases} v_X = v_0 \cdot \cos \theta_0 \\ v_{0Y} = v_0 \cdot \sin \theta_0 \end{cases}$$

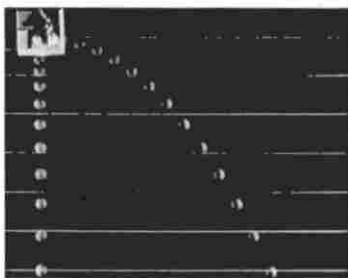
- Trajetória Parabólica
- $\Delta t_{subida} = \Delta t_{descida} \rightarrow \Delta t_{TOTAL} = \Delta t_{subida} + \Delta t_{descida}$
- $v_0 = v_F$  (em qualquer ponto da trajetória o módulo da velocidade é o mesmo na subida e descida)
- altura máxima  $\Rightarrow v = \text{mínimo}$
- $\Delta X = \text{máximo} \Rightarrow \theta_0 = 45^\circ$
- $\vec{V}_X = \text{constante} \rightarrow$  movimento horizontal : MRU
- $V_Y = \text{reduz (subida)} \rightarrow$  movimento vertical : MQL
- $\vec{V}_Y = 0$  (altura máxima)       $V_Y = \text{aumenta (descida)}$

### Fotografias Estroboscópicas

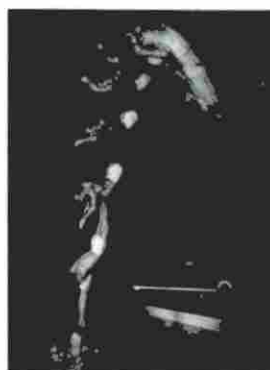
Fotos de múltipla exposição obtidas em mesmos intervalos de tempo. Observe que verticalmente, em todas as imagens, o movimento de subida (quando há) ocorre de forma retardada e a descida acelerada. A aceleração atuante, desprezando-se a ação do ar, é sempre a gravidade local.



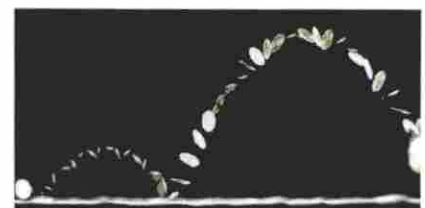
queda no vácuo de dois corpos em um mesmo local



simultaneidade do movimento de dois corpos, um em queda e outro lançado horizontalmente



trajetória parabólica do centro de massa de um nadador que salta de um trampolim

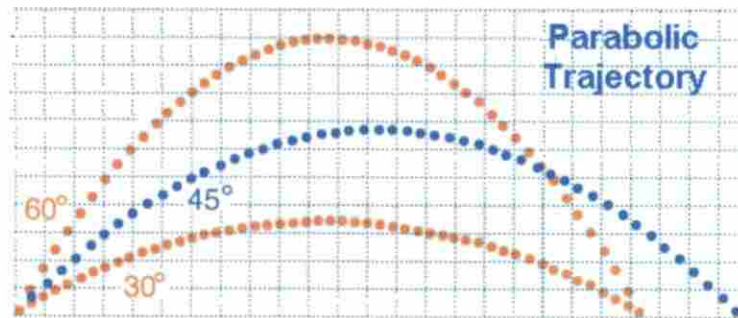


trajetória parabólica do centro de massa de uma moeda lançada



### Alcance máximo no lançamento oblíquo

A mudança no ângulo de lançamento implica em alterações nos valores das componentes da velocidade inicial. A componente vertical alterada produz uma alteração no tempo do movimento e a componente horizontal, por sua vez, contribui para a alteração do alcance horizontal. No ângulo de  $45^\circ$ , esses valores produzem o máximo alcance horizontal. Para outros alcances, menores, um mesmo valor é obtido com dois ângulos diferentes. O menor de  $45^\circ$  com menor altura atingida e o maior do que  $45^\circ$  com maior altura atingida.



### DESAFIO

#### ENEM.

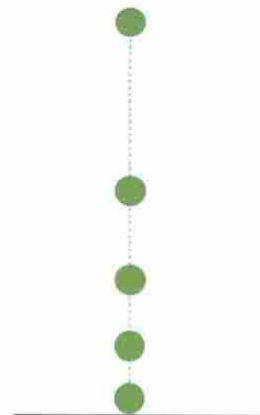
Em uma experiência didática, cinco esferas de metal foram presas em um barbante, de forma que a distância entre esferas consecutivas aumentava em progressão aritmética. O barbante foi suspenso e a primeira esfera ficou em contato com o chão. Olhando o barbante de baixo para cima, as distâncias entre as esferas ficavam cada vez maiores. Quando o barbante foi solto, o som das colisões entre duas esferas consecutivas e o solo foi gerado em intervalos de tempo exatamente iguais. A razão de os intervalos de tempo citados serem iguais é que a

- A) velocidade de cada esfera é constante.
- B) força resultante em cada esfera é constante.
- C) aceleração de cada esfera aumenta com o tempo.
- D) tensão aplicada em cada esfera aumenta com o tempo.
- E) energia mecânica de cada esfera aumenta com o tempo.

Muitas pessoas reclamam dessa questão alegando que o enunciado não cita o fato da queda ocorrer no vácuo. É importante lembrarmos que para casos como esse, onde esferas de metal caem de uma pequena altura, a resistência do ar não assume valores apreciáveis, podendo o movimento ser considerado de queda livre.

A partir desse fato, concluímos que todas as esferas estarão descrevendo MRUV com mesma aceleração (gravidade). Como os tempos que separaram os impactos foram os mesmos, concluímos que a distância crescente entre as esferas obedeceu a relação  $\Delta X \propto \Delta t^2$ . A mesma aceleração (gravidade) resulta da força resultante em cada esfera ser seu peso, força que se mantém constante ao longo da queda.

É importante destacar que a questão pode ser resolvida por eliminação das outras alternativas, todas absurdas.



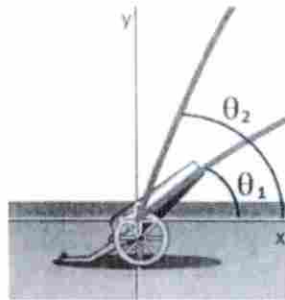
**Resposta B**



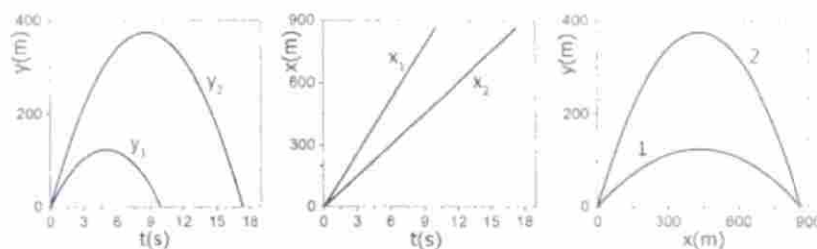
## DESAFIO

### UFRGS 2020

Dois projéteis são disparados simultaneamente no vácuo, a partir da mesma posição no solo, com ângulos de lançamento diferentes,  $\theta_1 < \theta_2$ , conforme representa a figura abaixo.



Os gráficos a seguir mostram, respectivamente, as posições verticais  $y$  como função do tempo  $t$ , as posições horizontais  $x$  como função do tempo  $t$  e as posições verticais  $y$  como função das posições horizontais  $x$ , dos dois projéteis.



Analisando os gráficos, pode-se afirmar que

- I - o valor inicial da componente vertical da velocidade do projétil 2 é maior do que o valor inicial da componente vertical da velocidade do projétil 1.
- II - o valor inicial da componente horizontal da velocidade do projétil 2 é maior do que o valor inicial da componente horizontal da velocidade do projétil 1.
- III - os dois projéteis atingem o solo no mesmo instante.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I
- B) Apenas II
- C) Apenas I e III
- D) Apenas II e III
- E) I, II e III

#### Horizontal

$$\Delta X = v_x \cdot \Delta t$$

#### Vertical

$$\Delta Y = v_{0y} \cdot \Delta t + \frac{a \cdot \Delta t^2}{2}$$

- I – Verdadeiro. A altura máxima atingida por 2 é maior do que por 1. O tempo de movimento de 2 também é maior.
- II – Falso. A declividade de 1 é maior do que 2 no gráfico xxt.
- III – Falso. É possível ver nos dois primeiros gráficos (no eixo horizontal) que o tempo de 2 é maior.

**Resposta A**







## LEITURA 1

### O salto do paraquedista austríaco Felix Baumgartner

Vejamos algumas estimativas do salto de Felix Baumgartner, o paraquedista austríaco que saltou de quase 40 quilômetros de altura.

Ele ultrapassou a velocidade do som?

Se sim, em que posição e em que instante isso aconteceu?

A densidade do ar diminui com a altitude. A cada 5500 m a pressão atmosférica cai para a metade (veja eq. (1)). A 40 quilômetros de altura, a densidade do ar é perto da centésima parte da densidade do ar no nível do mar.



Como a resistência do ar depende de sua densidade, ela também diminui com a altitude. No início do salto, a resistência do ar era muito, muito pequena e o paraquedista começou a cair com uma aceleração próxima da aceleração da gravidade.

Assim, ele foi ganhando velocidade e por volta dos 40 segundos, ultrapassou a velocidade do som.

Considerando que a velocidade do som depende da temperatura, ele ultrapassou a velocidade local do som um pouco antes.

A velocidade máxima pode ter superado os 1.300 km/h, aos 60 segundos e quando estava perto dos 28 mil metros de altura.

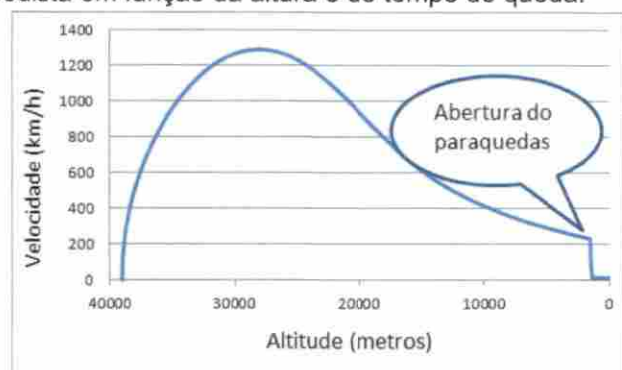
Mas como a resistência do ar depende, também, da velocidade do paraquedista, na medida em que ele caía, a resistência do ar ia aumentando.

Depois de uma queda de cerca de dez quilômetros, o que durou perto de um minuto, ele começou a perder velocidade, pois a força de resistência do ar passou a ser maior do que a força com que o paraquedista estava sendo puxado para baixo que, por sinal, era igual ao seu peso.



Depois de quatro minutos de queda, sua velocidade estava reduzida para pouco mais do que 200 km/h. E foi nessa velocidade que ele abriu o paraquedas. Com o paraquedas aberto, sua velocidade foi reduzida rapidamente

Os gráficos abaixo indicam a velocidade do paraquedista em função da altura e do tempo de queda.





Devido a escala do eixo vertical, a velocidade constante após a abertura do para quedas praticamente se posiciona sobre o eixo horizontal, devido ao seu reduzido valor. A aceleração depende da aceleração da gravidade e da resistência do ar.

Com essas informações, podemos estimar a velocidade do senhor Feliz Baumgartner e concluir que ele ultrapassou a velocidade do som (a 20 graus Celsius) quando estava a cerca de 31 quilômetros de altura e depois de 42 segundos de queda livre. Veja os gráficos.

A velocidade do som em um gás depende de vários fatores, como do peso molecular dos gases, da frequência do som ou da pressão. Entretanto, para um gás ideal, para as frequências típicas do som audível e considerando que a composição química da atmosfera praticamente não varia, a velocidade do som depende basicamente da temperatura e como a temperatura varia com a altitude, ela também varia com a altitude. A 20°C a velocidade do som é de aproximadamente 1240 km/h.



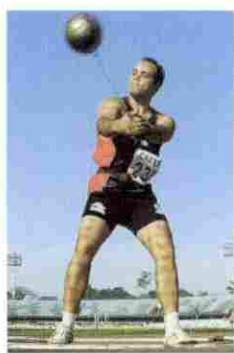


## LEITURA 2

### Arremessos de coisas: como jogar uma coisa bem longe

Muitos esportes, olímpicos ou não, implicam em lançamentos de alguma coisa, ou porque essa é a atividade principal ou porque é necessária para se alcançar um objetivo. O que é lançado pode ser uma pequena bola, como no tênis ou no tênis de mesa, ou uma bola maior, como no basquete ou no futebol. Às vezes, o que é lançado é o próprio atleta, como nos saltos, nos quais eles e elas se lançam no ar procurando atingir uma grande altura ou uma grande distância. Às vezes o importante é a precisão, outras, a força, e em alguns casos, como em uma cobrança de falta em um jogo de futebol, precisão e força são, ambas, muito importantes.

Nos jogos olímpicos há quatro modalidades de lançamentos: de martelo, de peso, de disco e de dardo. Nesses quatro casos, o objetivo é lançar aquilo que se tem nas mãos o mais longe possível. E essas atividades ilustram bem o mote mais rápido, mais alto e mais forte dos Jogos Olímpicos: quanto maior a velocidade com que se lançam esses objetos, mais longe eles irão; e para irem longe, é bom que sejam lançados um pouco para cima, não diretamente para frente, indo, assim, bem alto; e para conseguir tudo isso é preciso que o atleta seja bem forte.



### Como atirar uma coisa bem longe

Se você quiser jogar uma coisa bem longe, uma pedra, por exemplo, você deve jogá-la com grande velocidade: quanto maior a velocidade, mais longe a pedra irá. Mas isso não é tudo. Se você lançar a pedra bem rapidamente, mas diretamente para frente, ela ficará pouco tempo no ar e logo atingirá o chão, não indo muito longe. Então, uma estratégia é jogá-la numa direção inclinada, um pouco para cima e não na horizontal, para que ela permaneça mais tempo no ar e vá mais longe. Mas se você a lançar em uma direção muito para cima, quase na vertical, ela ficará muito tempo no ar, isso é certo, mas não irá muito longe, pois a velocidade na horizontal será pequena.

Assim, há um compromisso entre as duas coisas: lançar com uma velocidade horizontal grande, para que ele vá bem longe, mas com uma velocidade vertical também grande, para que ele permaneça bastante tempo no ar. Se a velocidade máxima que você consegue dar à pedra é a mesma, independentemente da direção, o compromisso entre essas duas coisas antagônicas, quando a resistência do ar não é muito importante e o lançamento ocorre ao nível do solo, é lançar a um ângulo de  $45^\circ$ .

### Alguns detalhes

Mas há alguns detalhes. Essa inclinação de  $45^\circ$  é ideal quando o lançamento é feito do nível do solo. Quando o lançamento é feito a partir de uma certa altura, o melhor ângulo é ligeiramente menor do que  $45^\circ$ : se for lançada a cerca de dois metros de altura, por exemplo, que é aproximadamente a altura que um atleta lança os discos, dardos, martelos e pesos, um ângulo próximo a  $43^\circ$  é o ideal.



Quando a resistência do ar é importante, como ocorre com as bolas de futebol, mas não com dardo ou coisas pesadas, há outro efeito a ser considerado: a resistência do ar. Os goleiros sabem muito bem disso e, quando querem que a bola chutada em um tiro de meta vá bem longe, chutam na formando um ângulo com a horizontal bem menor do que  $45^\circ$ . E os artilheiros sabem muito bem que o ar pode ter outros efeitos, desviando a bola e surpreendendo os goleiros. Esses efeitos também podem estar presentes quando lançamos coisas mais densas ou pesadas do que bolas de futebol.

Mais um detalhe: nós temos mais facilidades para jogar coisas para frente do que para cima, seja essa coisa uma pedra lançada com a mão ou uma bola de futebol chutada com o pé. Possivelmente, essa facilidade está associada aos músculos que são mobilizados para aquela ação. Por sinal, pela importância dos lançamentos em diversos esportes, a dependência da velocidade da coisa lançada com o ângulo que a lançamos tem sido estudada tanto por técnicos e atletas como por cientistas especializados em esportes.

### Dardos, pesos, martelos e discos

O melhor ângulo para lançar essas coisas seria  $45^\circ$  se o lançamento fosse do nível do solo e o ar não tivesse influência alguma. Entretanto, como os lançamentos são feitos a cerca de dois metros de altura, o melhor ângulo seria de aproximadamente  $43^\circ$ , se a velocidade com que lançamos as coisas independesse da direção.

Como conseguimos jogar uma coisa com mais facilidade (e mais velocidade) em uma direção menos inclinada para cima do que em uma direção mais inclinada, é melhor lançar esses objetos com uma inclinação menor do que  $43^\circ$  e mais rapidamente do que a  $43^\circ$ , mas mais lentamente.

A resistência do ar é pouco importante nesses quatro tipos de lançamento. E, paradoxalmente, o efeito do ar ao invés de atrapalhar, ajuda no lançamento de disco por um efeito de sustentação. O disco é lançado com uma certa inclinação em relação à direção da velocidade, o que seria chamado de ângulo de ataque no caso de uma asa de avião. Com isso, o efeito do ar mais importante é a sustentação do disco - novamente, como nas asas dos aviões - e não a resistência. O resultado é que o disco permanece mais tempo no ar do que permaneceria na ausência desse efeito e, portanto, vai mais longe.

Os valores abaixo são bastante aproximados e correspondem a atletas de alto nível. (Se você quiser analisar mais detalhadamente esses lançamentos, procure dados mais precisos do que os valores abaixo, pois eles estão muito aproximados.)

Objeto	peso (homem/mulher)	velocidade	alcance	ângulo de lançamento
Martelo	7,3 kg / 4,0 kg	100 km/h	80 m	$36^\circ$ a $44^\circ$
Peso	7,3 kg / 4,0 kg	55 km/h	23 m	$34^\circ$ a $41^\circ$
Disco	2,0 kg / 1,0 kg	100 km/h	75 m	$30^\circ$ a $40^\circ$
Dardo	800 g / 600 g	110 km/h	100 m	$31^\circ$ a $38^\circ$





## QUESTÕES PÓS-AULA

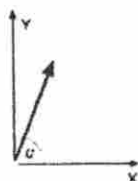
As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

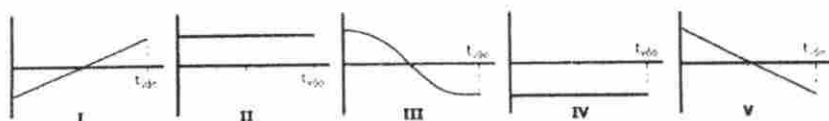
**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**91. UFRGS.** Em uma região onde a aceleração da gravidade tem módulo constante, um projétil é disparado a partir do solo, em uma direção que faz um ângulo  $\alpha$  com a direção horizontal, conforme representado na figura abaixo.



Assinale a opção que, desconsiderando a resistência do ar, indica os gráficos que melhor representam, respectivamente, o comportamento da componente horizontal e da componente vertical, da velocidade do projétil, em função do tempo.



- A) I e V.
- B) II e V.
- C) II e III.
- D) IV e V.
- E) V e II.

**Instrução:** As questões **92** e **93** estão relacionadas ao enunciado abaixo.

Um objeto é lançado da superfície da Terra verticalmente para cima e atinge a altura de 7,2 m. (Considere o módulo da aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$  e despreze a resistência do ar.)





**92. UFRGS.** Qual é o módulo da velocidade com que o objeto foi lançado?

- A) 144 m/s.
- B) 72 m/s.
- C) 14,4 m/s.
- D) 12 m/s.
- E) 1,2 m/s.

**93. UFRGS.** Sobre o movimento do objeto, são feitas as seguintes afirmações.

- I - Durante a subida, os vetores velocidade e aceleração têm sentidos opostos.
- II - No ponto mais alto da trajetória, os vetores velocidade e aceleração são nulos.
- III - Durante a descida, os vetores velocidade e aceleração têm mesmo sentido.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas I e II.
- D) Apenas I e III.
- E) Apenas II e III.



**94. UFRGS.** Para se demonstrar que, partindo do repouso, corpos de forma e massa diferentes levam o mesmo tempo para cair de uma mesma altura, o experimento deve ser feito

- A) no vácuo, pois apenas na ausência de ar a força da gravidade independe da forma e da massa do corpo.
- B) no vácuo, para eliminar as forças de empuxo e de atrito com o ar que se opõem à força da gravidade
- C) no ar, porque a força de atrito com o ar é compensada pela força de empuxo.
- D) no ar, porque no vácuo a força da gravidade não atua sobre nenhum corpo.
- E) no vácuo, porque nele todas as velocidades são iguais e constantes.



**95. ENEM.** Para medir o tempo de reação de uma pessoa, pode-se realizar a seguinte experiência:

- I. Mantenha uma régua (com cerca de 30 cm) suspensa verticalmente, segurando-a pela extremidade superior, de modo que o zero da régua esteja situado na extremidade inferior.





II. A pessoa deve colocar os dedos de sua mão, em forma de pinça, próximos do zero da régua, sem tocá-la.

III. Sem aviso prévio, a pessoa que estiver segurando a régua deve soltá-la. A outra pessoa deve procurar segurá-la o mais rapidamente possível e observar a posição onde conseguiu segurar a régua, isto é, a distância que ela percorre durante a queda.

O quadro seguinte mostra a posição em que três pessoas conseguiram segurar a régua e os respectivos tempos de reação.

Distância percorrida pela régua durante a queda (metro)	Tempo de reação (segundo)
0,30	0,24
0,15	0,17
0,10	0,14

Disponível em: <http://br.geocities.com>, Acesso em: 1 fev. 2009.

A distância percorrida pela régua aumenta mais rapidamente que o tempo de reação porque a

- A) energia mecânica da régua aumenta, o que a faz cair mais rápido.
- B) resistência do ar aumenta, o que faz a régua cair com menor velocidade.
- C) aceleração de queda da régua varia, o que provoca um movimento acelerado.
- D) força peso da régua tem valor constante, o que gera um movimento acelerado.
- E) velocidade da régua é constante, o que provoca uma passagem linear de tempo.

**96. ENEM.** O Super-homem e as leis do movimento. Uma das razões para pensar sobre a física dos super-heróis é, acima de tudo, uma forma divertida de explorar muitos fenômenos físicos interessantes, desde fenômenos corriqueiros até eventos considerados fantásticos. A figura seguinte mostra o Super-homem lançando-se no espaço para chegar ao topo de um prédio de altura  $H$ . Seria possível admitir que com seus superpoderes ele estaria voando com propulsão própria, mas considere que ele tenha dado um forte salto. Neste caso, sua velocidade final no ponto mais alto do salto deve ser zero, caso contrário, ele continuaria subindo. Sendo  $g$  a aceleração da gravidade, a relação entre a velocidade inicial do Super-homem e a altura atingida é dada por:  
 $v^2 = 2gH$



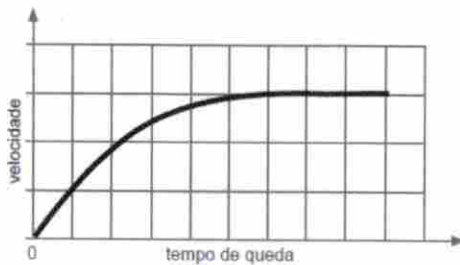
KAKALIOS, J. The Physics of Superheroes. Gotham Books, USA, 2005.



A altura que o Super-homem alcança em seu salto depende do quadrado de sua velocidade inicial porque

- A) a altura do seu pulo é proporcional à sua velocidade média multiplicada pelo tempo que ele permanece no ar ao quadrado.
- B) o tempo que ele permanece no ar é diretamente proporcional à aceleração da gravidade e essa é diretamente proporcional à velocidade.
- C) o tempo que ele permanece no ar é inversamente proporcional à aceleração da gravidade e essa é inversamente proporcional à velocidade média.
- D) a aceleração do movimento deve ser elevada ao quadrado, pois existem duas acelerações envolvidas: a aceleração da gravidade e a aceleração do salto.
- E) a altura do seu pulo é proporcional à sua velocidade média multiplicada pelo tempo que ele permanece no ar, e esse tempo também depende da sua velocidade inicial.

**97. PUCRS.** O gráfico mostra a velocidade instantânea de uma gota de chuva caindo verticalmente através da atmosfera. Analisando o gráfico, verifica-se que, após algum tempo de queda, a gota de chuva atinge uma velocidade constante, denominada velocidade terminal.



Considerando que as únicas forças que atuam sobre a gota, em qualquer ponto da sua trajetória, são a força peso ( $P$ ), o empuxo exercido ( $E$ ) e a força de atrito com o ar, também chamada de força de arrasto ( $A$ ), a partir do instante em que a gota atinge a velocidade terminal, os módulos das forças atuantes sobre ela satisfazem a relação

- A)  $P = E$
- B)  $P = A$
- C)  $E = A$
- D)  $P = E - A$
- E)  $P = E + A$

**98. PUCRS.** Uma esteira horizontal despeja minério dentro de um vagão. As pedras de minério saem da esteira com velocidade horizontal de  $8,0\text{m/s}$  e levam  $0,60\text{s}$  numa trajetória parabólica até o centro do vagão. Considerando o peso como força resultante atuando em cada pedra e a aceleração da gravidade como  $10\text{m/s}^2$ , os módulos dos deslocamentos horizontal e vertical, bem como o da velocidade das pedras quando chegam ao vagão são, respectivamente,







- A) 6,0m 6,0m 14m/s
- B) 6,0m 4,8m 14m/s
- C) 4,8m 3,6m 10m/s
- D) 4,8m 1,8m 10m/s
- E) 4,8m 1,8m 6,0m/s

**99. UPF.** O Brasil, em 2014, sediou o Campeonato Mundial de Basquete. Mais de 20 equipes de diferentes nacionalidades coloriram, com seus balões de ar quente, o céu de Rio Claro, no interior de São Paulo. Desse feito, um professor de Física propôs a um estudante de ensino médio a seguinte questão: considere um balão deslocando-se horizontalmente, a 80 m do solo, com velocidade constante de 6 m/s. Quando ele passa exatamente sobre uma pessoa parada no solo, deixa cair um objeto que estava fixo em seu cesto. Desprezando qualquer atrito do objeto com o ar e considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , qual será o tempo gasto pelo objeto para atingir o solo, considerado plano? A resposta correta para a questão proposta ao estudante é:



- A) 2 segundos.
- B) 3 segundos.
- C) 4 segundos.
- D) 5 segundos.
- E) 6 segundos.

**100. UPF.** Na Copa do Mundo de 2014, alguns gols foram marcados a partir de cobranças de falta. Nessa situação, considere que um jogador bate uma falta de modo que a velocidade inicial da bola forma um ângulo de  $45^\circ$  com o plano do gramado. Depois de 2 s de voo no ponto mais alto de sua trajetória, a bola bate na parte superior da trave, que está a 2,4 m do plano do gramado. Considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e desprezando os efeitos do atrito com o ar, pode-se dizer que a distância, em metros, do ponto onde foi batida a falta até a trave, é de, aproximadamente:



- A) 22
- B) 32
- C) 42
- D) 52
- E) 62

**101. UPF.** Considere um vagão deslocando-se em uma trajetória retilínea com velocidade constante e igual a 5 m/s. Um observador, A, dentro dele, lança uma pedra verticalmente para cima. Um outro observador, B, do lado de fora do vagão e em repouso em relação à Terra, observa o vagão passar. Sendo  $V_A$  e  $V_B$ , respectivamente, as velocidades da pedra no ponto mais alto de sua trajetória em relação a cada observador, pode-se concluir que:





- A)  $V_A = 0$  e  $V_B = 0$
- B)  $V_A = 0$  e  $V_B = 5$  m/s
- C)  $V_A = 5$  m/s e  $V_B = 0$
- D)  $V_A = 5$  m/s e  $V_B = 5$  m/s
- E)  $V_A = 0$  e  $V_B = 10$  m/s

**102. UPF.** Quanto ao movimento de um corpo lançado verticalmente para cima e submetido somente à ação da gravidade, desprezando o efeito do ar, pode-se afirmar:



- I. A aceleração escalar do corpo no ponto de altura máxima é zero.
- II. O tempo necessário para a subida é igual ao tempo de descida, quando o corpo é lançado de um ponto e retorna ao mesmo ponto.
- III. A aceleração escalar é maior na descida do que na subida.
- IV. Para um dado ponto na trajetória, a velocidade escalar tem os mesmos valores, em módulo, na subida e na descida.

Está correto o que se afirma em:

- A) todas as alternativas.
- B) apenas I, II e IV.
- C) apenas II, III e IV.
- D) apenas II e IV.
- E) apenas I e II.

**103. UPF.** Sobre um rio, há uma ponte de 20 metros de altura de onde um pescador deixa cair um anzol ligado a um peso de chumbo. Esse anzol, que cai a partir do repouso e em linha reta, atinge uma lancha que se deslocava com velocidade constante de 20m/s por esse rio. Nessas condições, desprezando a resistência do ar e admitindo que a aceleração gravitacional seja  $10\text{m/s}^2$ , pode-se afirmar que no exato momento do início da queda do anzol a lancha estava a uma distância do vertical da queda, em metros, de:



- A) 80
- B) 100
- C) 40
- D) 20
- E) 60

**104. UCPEL.** Um garoto lança uma bola na vertical para cima com velocidade inicial de 30,0 m/s. Assinale a opção correta em relação ao movimento da bola, se a aceleração gravitacional for considerada constante.



- A) A velocidade da bola durante a subida é sempre igual a 30 m/s. Na altura máxima, porém, a velocidade se torna zero e a bola recomeça o movimento a partir daí com a mesma velocidade na qual foi lançada (30 m/s).
- B) A bola tem aceleração máxima logo após ser lançada pelo menino e aceleração zero na altura máxima.



- C) A bola encontra-se em movimento retilíneo uniformemente variado, pois sua aceleração é constante. Na altura máxima, a velocidade é igual a zero.
- D) A aceleração da bola é a maior possível na altura máxima e mínima, instantes antes de retornar ao solo.
- E) A aceleração e a velocidade são máximas no momento do lançamento e mínimas na altura máxima, quando o movimento preserva sua direção e inverte seu sentido.

**105. PUCRS.** Um corpo é considerado em queda livre quando a única força atuante sobre o mesmo é seu peso. Nesse tipo de movimento, nas proximidades da Terra,

- A) a aceleração de movimento do corpo é a aceleração da gravidade
- B) a aceleração do corpo aumenta uniformemente
- C) a aceleração do corpo é nula quando o corpo começa a cair
- D) a velocidade é constante
- E) o valor da velocidade dobra em cada segundo



**106. UFRGS.** Um projétil de brinquedo é arremessado verticalmente para cima, da beira da sacada de um prédio, com uma velocidade inicial de 10 m/s. O projétil sobe livremente e, ao cair, atinge a calçada do prédio com uma velocidade de módulo igual a 30 m/s. Indique quanto tempo o projétil permaneceu no ar, supondo o módulo da aceleração da gravidade igual a 10 m/s<sup>2</sup> e desprezando os efeitos de atrito sobre o movimento do projétil.

- A) 1 s
- B) 2 s
- C) 3 s
- D) 4 s
- E) 5 s



**107. UFRGS.** Que distância terá caído, após transcorrer um intervalo de tempo de um segundo, um corpo que, largado do repouso, sobre queda livre num lugar onde a aceleração da gravidade é 9,8 m/s<sup>2</sup>?

- A) 2,45m
- B) 4,90m
- C) 9,80m
- D) 19,60m
- E) 49,00m



**108. UFRGS.** Um projétil é lançado verticalmente para cima, a partir do nível do solo, com velocidade inicial de 30 m/s. Admitindo  $g = 10$  m/s<sup>2</sup> e desprezando a resistência do ar, analise as seguintes afirmações a respeito do movimento desse projétil.





- I - 1 s após o lançamento, o projétil se encontra na posição de altura 25 m com relação ao solo.  
 II - 3 s após o lançamento, o projétil atinge a posição de altura máxima.  
 III - 5 s após o lançamento, o projétil se encontra na posição de altura 25 m com relação ao solo.

Quais estão corretas?

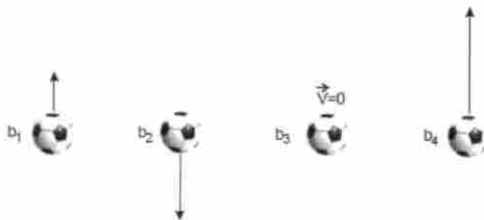
- A) Apenas I.  
 B) Apenas II.  
 C) Apenas III.  
 D) Apenas II e III.  
 E) I, II e III.

**109. UFRGS.** Uma pedra foi deixada cair do alto de uma torre e atingiu o chão com uma velocidade de 27 m/s. Supondo que, do início ao fim do movimento, o módulo da aceleração da pedra foi constante e igual a  $9 \text{ m/s}^2$ , qual é a altura da torre?

- A) 3 m.  
 B) 13,5 m.  
 C) 27 m.  
 D) 40,5 m.  
 E) 81 m.



**110.** Quatro bolas de futebol, com raios e massas iguais, foram lançadas verticalmente para cima, a partir do piso de um ginásio, em instantes diferentes. Após um intervalo de tempo, quando as bolas ocupavam a mesma altura, elas foram fotografadas e tiveram seus vetores velocidade identificados conforme a figura abaixo:



Desprezando a resistência do ar, considere as seguintes afirmativas:

- I. No instante indicado na figura, a força sobre a bola  $b_1$  é maior que a força sobre a bola  $b_3$ .  
 II. É possível afirmar que  $b_4$  é a bola que atingirá a maior altura a partir do solo.  
 III. Todas as bolas estão igualmente aceleradas para baixo.

Assinale a alternativa correta.

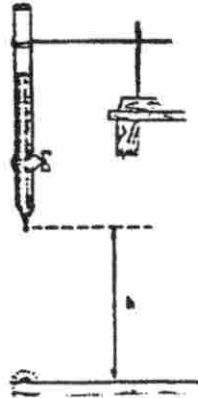
- A) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.  
 B) Somente a afirmativa I é verdadeira.  
 C) Somente a afirmativa II é verdadeira.  
 D) Somente a afirmativa III é verdadeira.  
 E) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.





**111. UFRGS.** Uma bureta é montada de modo que sua extremidade inferior fique a uma altura  $h$  acima do chão. Ela contém água e goteja regularmente 50 gotas em 25 s. Esta frequência foi ajustada de modo que, para  $h = 1,22$  m, no mesmo instante em que uma gota é liberada, a antecedente atinge o chão. Qual é o módulo da aceleração da gravidade no local dessa experiência, em  $m/s^2$ , desprezando-se o atrito com o ar ?

- A) 9,75
- B) 9,76
- C) 9,78
- D) 9,80
- E) 9,81

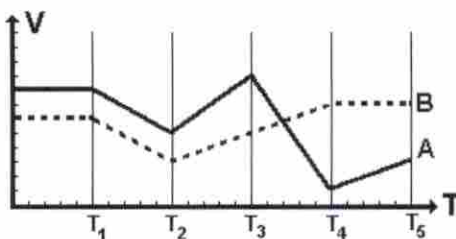


**112.** De um corpo que cai livremente, desde o repouso, em um planeta X, foram tomadas fotografias de múltipla exposição à razão de 1200 fotos por minuto. Assim, entre duas posições vizinhas, decorre um intervalo de tempo de  $1/20$  de segundo. A partir das informações constantes da figura abaixo podemos concluir que a aceleração da gravidade no planeta X, expressa em  $m/s^2$ , é

- A) 20
- B) 50
- C) 30
- D) 40
- E) 10



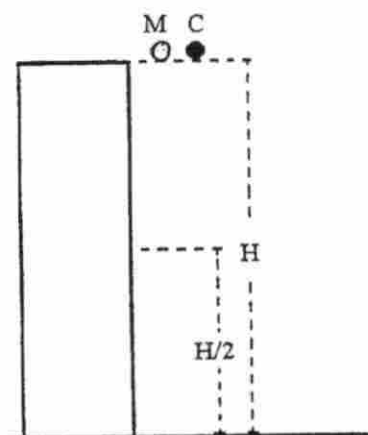
**113.** A figura adiante representa as velocidades em função do tempo de dois corpos, que executam movimentos verticais. O corpo A, de massa  $M$ , é descrito por uma linha contínua; o corpo B, de massa  $3M$ , por uma linha tracejada. Em um dos intervalos de tempo listados adiante, ambos estão sobre a ação exclusiva de um campo gravitacional constante. Tal intervalo é:





- A) de 0 a  $T_1$
- B) de  $T_1$  a  $T_2$
- C) de  $T_2$  a  $T_3$
- D) de  $T_3$  a  $T_4$
- E) de  $T_4$  a  $T_5$

**114. UFRGS.** A figura abaixo representa uma esfera de madeira (M) e uma de chumbo (C), ambas inicialmente em repouso, no topo de uma torre que tem altura  $H$  em relação ao solo. A esfera C é vinte vezes mais pesada do que a esfera M. Num experimento, primeiro solta-se a esfera M; depois, no instante em que a esfera M se encontra à altura  $H/2$ , solta-se a esfera C.



Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do parágrafo abaixo.

Desprezando-se os efeitos do ar sobre o movimento das esferas, pode-se afirmar que, quando a esfera M atinge o solo, a esfera C se encontra a uma altura .....  $H/2$  e que, comparando-se os módulos das velocidades das esferas ao atingirem a altura  $H/2$ , o módulo da velocidade da esfera M é ..... da esfera C.

- A) maior do que – igual ao
- B) maior do que – menor do que o
- C) menor do que – igual do
- D) menor do que – menor do que o
- E) igual a – igual ao

**Instrução:** As questões 115 e 116 estão relacionadas ao enunciado abaixo.

Um objeto é lançado da superfície da Terra verticalmente para cima e atinge a altura de 7,2 m. (Considere o módulo da aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$  e despreze a resistência do ar.)





**115. UFRGS.** Qual é o módulo da velocidade com que o objeto foi lançado?

- A) 144 m/s.
- B) 72 m/s.
- C) 14,4 m/s.
- D) 12 m/s.
- E) 1,2 m/s.

**116. UFRGS.** Sobre o movimento do objeto, são feitas as seguintes afirmações.

- I - Durante a subida, os vetores velocidade e aceleração têm sentidos opostos.
- II - No ponto mais alto da trajetória, os vetores velocidade e aceleração são nulos.
- III - Durante a descida, os vetores velocidade e aceleração têm mesmo sentido.

Quais estão corretas?

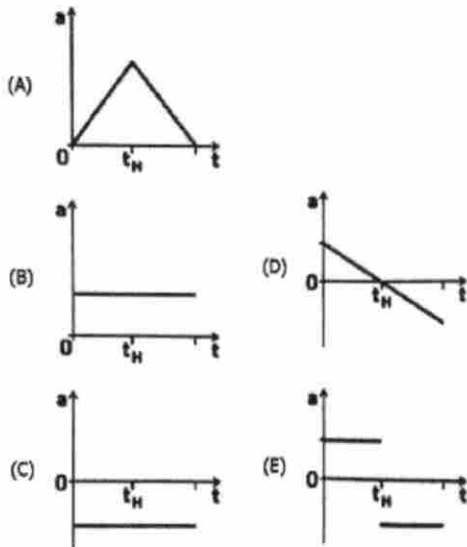
- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas I e II.
- D) Apenas I e III.
- E) Apenas II e III.

**117. PUCRS.** Um objeto de massa 1,0 kg é lançado verticalmente para cima com uma velocidade inicial de 30 m/s em relação a um observador em repouso no solo. Despreze os efeitos da resistência do ar e considere a aceleração da gravidade constante e igual a 10 m/s<sup>2</sup> para o local do lançamento. Ao atingir, pela primeira vez, a altura de 25 m em relação ao nível do lançamento, o intervalo de tempo decorrido a partir do instante de lançamento e o valor da força resultante calculada para o objeto serão, respectivamente,

- A) 1 s e 1 N
- B) 3 s e 1 N
- C) 1 s e 10 N
- D) 3 s e 10 N

**118. UFRGS.** Considere que uma pedra é lançada verticalmente para cima e atinge uma altura máxima H. Despreze a resistência do ar e considere um referencial com origem no solo e sentido positivo do eixo vertical orientado para cima.

Assinale o gráfico que melhor representa o valor da aceleração sofrida pela pedra, desde o lançamento até o retorno ao ponto de partida.



**119. UFRGS.** Enquanto uma pedra sobe verticalmente no campo gravitacional terrestre, depois de ter sido lançada para cima,

- A) o módulo da sua velocidade aumenta
- B) o módulo da força gravitacional sobre a pedra aumenta
- C) o módulo da sua aceleração aumenta
- D) o sentido da sua velocidade se inverte
- E) o sentido da sua aceleração não muda

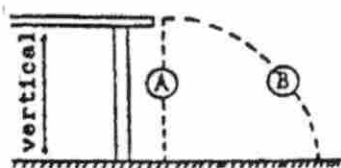


**120.** Uma partícula em queda livre, a partir do repouso, tem velocidade 30 m/s após um tempo  $t$  e no instante  $2t$  atinge o solo. A altura da qual a partícula foi abandonada com relação ao solo é ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- A) 360 m
- B) 180 m
- C) 30 m
- D) 10 m
- E) 3 m



**121. UFRGS.** A figura representa o movimento de dois corpos, A e B, caindo sob ação do campo gravitacional terrestre e no vácuo. No mesmo instante em que se deixou cair A livremente, B foi projetada horizontalmente da mesma cota.



Qual dos corpos chega antes ao solo e por quê?

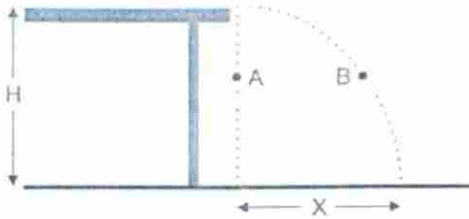




- A) A chega antes porque é acelerado diretamente pela gravidade.
- B) B chega antes porque possui velocidade inicial.
- C) A chega antes porque descreve uma trajetória mais curta.
- D) Ambos chegam juntos porque, com relação à direção vertical, eles possuem a mesma velocidade inicial e sofrem a mesma aceleração.
- E) Ambos chegam juntos porque a velocidade inicial de B é compensada por uma aceleração menor.

**Instrução:** As questões 122 e 123 referem-se ao enunciado abaixo.

Na figura que segue, estão representadas as trajetórias de dois projéteis, A e B, no campo gravitacional terrestre. O projétil A é solto da borda de uma mesa horizontal de altura  $H$  e cai verticalmente; o projétil B é lançado da borda dessa mesa com velocidade horizontal de 1,5 m/s. (O efeito do ar é desprezível no movimento desses projéteis.)



**122. UFRGS.** Se o projétil A leva 0,4 s para atingir o solo, quanto tempo levará o projétil?

- A) 0,2 s.
- B) 0,4 s.
- C) 0,6 s.
- D) 0,8 s.
- E) 1s.



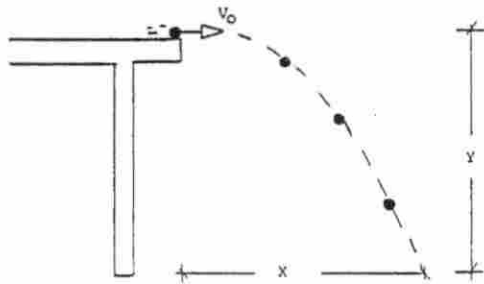
**123. UFRGS.** Qual será o valor do alcance horizontal  $X$  do projétil B?

- A) 0,2 m.
- B) 0,4 m.
- C) 0,6 m.
- D) 0,8 m.
- E) 1m.



**124. PUCRS.** Uma esfera está deslizando sobre uma mesa sem atritos, com certa velocidade  $V_0$ . Quando a esfera abandona a superfície da mesa, projetando-se no vácuo, descreve a trajetória representada na figura abaixo. A altura da mesa  $Y$  é de 5m e o alcance horizontal  $X$  é 10m.

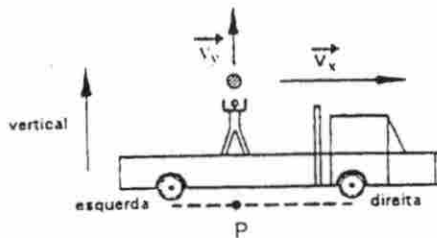




Qual a velocidade inicial  $V_0$  da esfera, em m/s?

- A) 2
- B) 4
- C) 5
- D) 8
- E) 10

**125. UFRGS.** A figura representa um menino parado sobre a carroceria de um veículo que se desloca com velocidade horizontal constante  $\vec{V}_x$  em uma rua reta e plana. O menino segura em suas mãos uma bola de bilhar e a joga verticalmente para cima, com velocidade inicial  $\vec{V}_y$  no instante em que o veículo passa pela posição que corresponde, no solo, ao ponto assinalado com a letra P. A bola sobe até certa altura e, a partir daí, começa a cair, retornando novamente às mãos do menino.

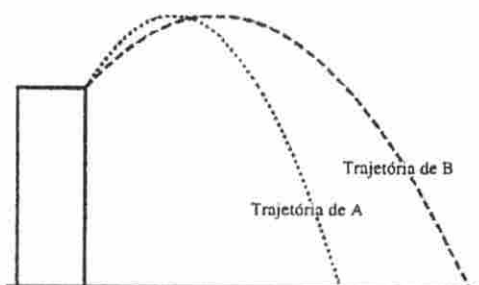


Após descrever a trajetória de subida e descida a bola encontra-se, para um observador parado no solo na posição assinalada por P,

- A) na mesma posição em que se encontrava antes do lançamento.
- B) à direita de P, independentemente da relação  $V_y / V_x$ .
- C) à esquerda de P, independentemente da relação  $V_y / V_x$ .
- D) à direita de P, apenas se  $V_y / V_x > 1$ .
- E) à esquerda de P, apenas se  $V_y / V_x > 1$ .

**126. UFRGS.** A figura abaixo representa as trajetórias dos projéteis A e B, desde seu lançamento simultâneo do topo de uma torre, até atingirem o solo, considerado perfeitamente horizontal. A altura máxima é a mesma para as duas trajetórias, e o efeito do ar, desprezível nesses movimentos.





Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do parágrafo abaixo.

O projétil A atinge o solo ..... o projétil B. Sobre a componente **horizontal** da velocidade no ponto mais alto da trajetória, pode-se afirmar que ela é .....

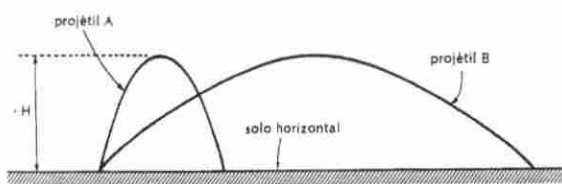
- A) antes que – nula para ambos os projéteis
- B) antes que – maior para o projétil B do que para o projétil A
- C) antes que – menor para o projétil B do que para o projétil A
- D) ao mesmo tempo que – menor para o projétil B do que para o projétil A
- E) ao mesmo tempo que – maior para o projétil B do que para o projétil A

**127. UFRGS.** Um corpo é lançado, no ar, horizontalmente de uma certa elevação, com uma velocidade inicial  $v$ . O corpo bate no solo a uma distância  $d$  da base da elevação. Despreza-se a força que o ar faz sobre o corpo. Qual a alternativa que indica corretamente o que ocorre com o módulo e a direção da velocidade de translação e da aceleração resultante sobre o corpo ?



	velocidade		aceleração	
	módulo	direção	módulo	direção
A)	varia	varia	varia	varia
B)	varia	não varia	varia	não varia
C)	não varia	varia	varia	varia
D)	não varia	varia	não varia	não varia
E)	varia	varia	não varia	não varia

**128.** Em uma região onde o efeito do ar é desprezível e o campo da gravidade é uniforme, dois projéteis A e B são lançados a partir de uma mesma posição de um plano horizontal. O intervalo de tempo decorrido desde o lançamento até o retorno ao solo horizontal é chamado de tempo de voo.





Sabendo-se que os projéteis A e B atingem a mesma altura máxima  $H$  e foram lançados no mesmo instante, podemos concluir que

- A) os projéteis foram lançados com velocidades de mesma intensidade.
- B) as velocidades dos projéteis no ponto mais alto da trajetória são iguais.
- C) os ângulos de tiro (ângulo entre a velocidade de lançamento e o plano horizontal) são complementares.
- D) a cada instante os projéteis A e B estavam na mesma altura e o tempo de vôo é o mesmo para os dois.
- E) durante o vôo, os projéteis têm acelerações diferentes.

**129. UFRGS.** Uma pessoa que segura uma moeda entre os dedos, dentro de um trem parado, deixa-a cair livremente. A moeda leva 0,4 s para atingir o piso do trem. A experiência é repetida nas mesmas condições, porém com o trem em movimento retilíneo uniforme com velocidade de 8 m/s. Qual é a distância, medida sobre o piso do vagão, que separa os pontos de impacto da moeda na primeira e na segunda experiência ?

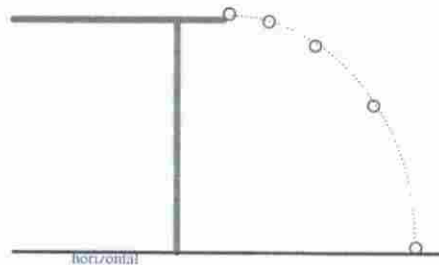
- A) Zero
- B) 0,8 m
- C) 3,2 m
- D) 4,0 m
- E) 8,0 m



**130.** Uma bolinha, lançada horizontalmente da extremidade de uma mesa, descreve a trajetória mostrada na figura. O intervalo de tempo que a bolinha leva para percorrer a distância entre duas posições sucessivas é  $(1/8)$  s.

Considerando-se a aceleração da gravidade igual a  $10\text{m/s}^2$ , qual é a altura aproximada da mesa?

- A) 0,31 m
- B) 0,80 m
- C) 1,25 m
- D) 2,50 m
- E) 5,00 m



**131. PUCRS.** Uma esfera de aço é lançada obliquamente com pequena velocidade, formando um ângulo de  $45^\circ$  com o eixo horizontal. Durante sua trajetória, desprezando-se o atrito com o ar, pode-se afirmar que





- A) a velocidade é zero no ponto de altura máxima.  
B) a componente vertical da velocidade mantém-se constante em todos os pontos.  
C) a componente horizontal da velocidade é variável em todos os pontos.  
D) o vetor velocidade é o mesmo nos pontos de lançamento e de chegada.  
E) a componente vertical da velocidade é nula no ponto de máxima altura.

132. PUCRS. Um projétil é disparado horizontalmente do alto de um prédio de 80 m de altura, com velocidade inicial de 50 m/s, conforme a figura abaixo.



Considerando-se  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , e desprezando-se o atrito com o ar, o objeto atinge o solo num ponto distante do prédio em aproximadamente.

- A) 100 m.  
B) 200 m.  
C) 300 m.  
D) 400 m.  
E) 500 m.

133. ACAFE. Um rapaz lança aqui na Terra uma pedra de 100 g verticalmente para cima e ela atinge a altura máxima de 5 m. Imagine agora que essa pedra foi lançada da mesma forma e com a mesma velocidade inicial na Lua.



Com base no exposto, marque a alternativa **correta** que indica qual a relação entre o tempo de subida da pedra na Terra e o tempo de subida da pedra na Lua.

- A)  $t_{\text{TERRA}} = 0,16 \cdot t_{\text{LUA}}$ .  
B)  $t_{\text{TERRA}} = 10/1,6 \cdot t_{\text{LUA}}$ .  
C)  $t_{\text{TERRA}} = 0,10 \cdot t_{\text{LUA}}$ .  
D)  $t_{\text{TERRA}} = 1,6 \cdot t_{\text{LUA}}$ .



134. Em 1971, no final da última caminhada na superfície da Lua, o comandante da Apollo 15, astronauta David Scott, realizou uma demonstração ao vivo para as câmeras de televisão, deixando cair uma pena de falcão de 0,03kg e um martelo de alumínio de 1,32kg. Assim ele descreveu o experimento:



*Bem, na minha mão esquerda, eu tenho uma pena; na minha mão direita, um martelo. Há muito tempo, Galileu fez uma descoberta muito significativa sobre objetos em queda em campos gravitacionais, e nós pensamos: que lugar seria melhor para confirmar suas descobertas do que na Lua? Eu deixarei cair a pena e o martelo (...)*



Depois de abandonados simultaneamente e da mesma altura a pena e o martelo, Scott comentou: *O que acham disso? Isso mostra que o Sr. Galileu estava correto em sua descoberta.*

A descoberta de Galileu, comprovada pelo astronauta David Scott na superfície da Lua, foi a seguinte:

- A) na Lua não há gravidade e, portanto a pena e o martelo flutuaram.
- B) em queda livre, um corpo mais pesado, como o martelo, chega ao solo em menos tempo do que um mais leve, como a pena.
- C) ambos os objetos chegam juntos ao solo, pois, como a gravidade lunar é desprezível, não importa qual objeto tem maior massa.
- D) na ausência de resistência do ar, o corpo mais pesado (martelo) chega primeiro ao solo, pois a gravidade de um planeta é diretamente proporcional a massa do corpo que cai.
- E) na ausência de resistência do ar, mesmo com massas diferentes, eles levam o mesmo intervalo de tempo para chegar ao solo, pois caem com a mesma aceleração.

135. UPF. Dois objetos A e B de massas 400g e 800g, respectivamente, são lançados a partir do solo verticalmente para cima, ao mesmo tempo e com velocidades iniciais idênticas. Em um contexto no qual a resistência do ar é desprezada, analise as afirmativas que seguem.



- I. O objeto A atingirá uma altura que será o dobro da atingida pelo objeto B.
- II. A aceleração de A é a mesma de B.
- III. O objeto A atingirá a altura máxima antes do objeto B.
- IV. Os dois objetos gastarão o mesmo tempo para atingir a altura máxima.

Está **correto** apenas o que se afirma em:

- A) II e IV.
- B) I e IV.
- C) III e IV.
- D) I e II.
- E) II e III.



# Aula 4

## M.C.U.

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.111 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.119
Fazer as questões 140, 144, 153, 160, 161, 162, 163, 171 e 172

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.114 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer as questões 141, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 165, 170, 174 e 178

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.115 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Analisar os Desafios – P.116
Fazer as questões 136, 137, 138, 139, 142, 143, 145, 151, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 164, 166, 167, 168, 169, 173, 175, 176, 177, 179 e 180



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



▪ **Parte 2**

**Introdução**

**M.C.U. – Movimento Circular Uniforme (Grandezas)**

Um ponto material realiza movimento circular e uniforme (MCU) quando a sua trajetória é uma **circunferência** e o **módulo da sua velocidade é constante**.



ponteiros de um relógio



engrenagens

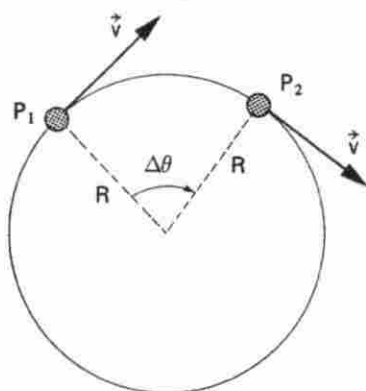


hélices de um ventilador



polias

**Grandezas físicas associadas ao movimento**



**R** - raio da trajetória (m)

**Δl** - deslocamento linear (m) Ex. : 1 rotação  $\Rightarrow \Delta l = 2 \cdot \pi \cdot R$

$\frac{1}{2}$  rotação  $\Rightarrow \Delta l = \pi \cdot R$

**Δθ** - deslocamento angular (rad) Ex. : 1 rotação  $\Rightarrow \Delta \theta = 360^\circ = 2\pi \text{ rad}$

$\frac{1}{2}$  rotação  $\Rightarrow \Delta \theta = 180^\circ = \pi \text{ rad}$

$$\Delta \theta = \frac{\Delta l}{R}$$

• **PERÍODO ( T )** : Tempo de uma rotação. [ s ]

$$T = \frac{\Delta t}{n}$$

• **FREQUÊNCIA ( f )** : Número de rotações efetuadas na unidade de tempo. [ Hz ]

$$f = \frac{n}{\Delta t}$$

RPM  $\xrightarrow{+60}$  Hz

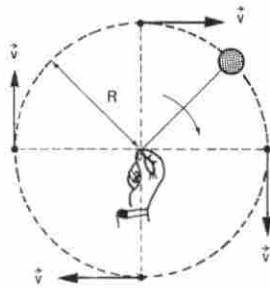
$$T = \frac{1}{f} \text{ e } f = \frac{1}{T}$$







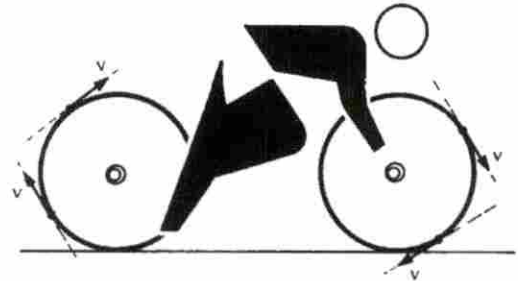
- VELOCIDADE TANGENCIAL (VELOCIDADE LINEAR) ( $\vec{v}$ ) : É o vetor velocidade instantânea. [ m/s ].



Módulo :  $V = \frac{\Delta l}{\Delta t}$

**Direção** : Vetor tangente à trajetória.  
( perpendicular ao raio da trajetória )

**Sentido** : do movimento

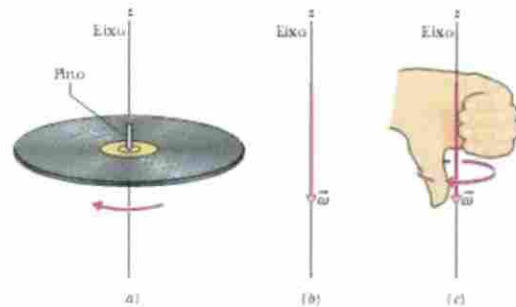


- VELOCIDADE ANGULAR ( $\vec{\omega}$ ) :

Módulo :  $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$

**Direção**: Perpendicular ao plano da trajetória

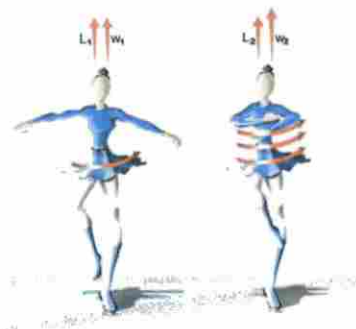
**Sentido**: Regra da "mão direita"



### Situação da Bailarina:

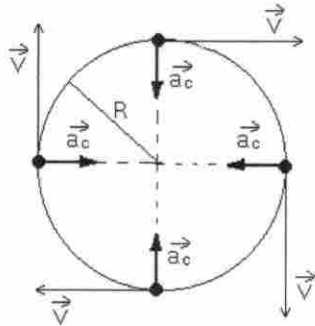
No movimento de **rotação** de um corpo rígido, se observa sempre que um torque é a ele aplicado, como num pião. Relembrando alguns corpos em movimento de rotação, vale ficar atento aos detalhes do exemplo da patinadora. Em espetáculos de patinação artística no gelo, frequentemente se vê uma patinadora girar em torno de si mesma com os braços abertos na horizontal. Ao encolher os braços sobre o peito, nota-se que a sua velocidade angular aumenta consideravelmente. Isso é perceptível pelo aumento da frequência de giro. A distribuição de massa do corpo no espaço afeta a rotação.

No movimento de translação, quando a mesma força é aplicada a objetos de **massas** diferentes, observam-se **acelerações** diferentes. No movimento de rotação, quando o mesmo **torque** é aplicado em objetos idênticos com **distribuição diferente de massa**, observam-se **acelerações angulares** diferentes. Não é a massa que afeta a velocidade angular da patinadora, mas a distribuição da massa do seu corpo. Essa distribuição pode ser expressa através de uma quantidade denominada momento de inércia.





• **ACELERAÇÃO CENTRÍPETA** ( $\vec{a}_c$ ) : Associado a variação na direção do vetor velocidade tangencial. [  $m/s^2$  ]



**Módulo :**  $a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot R$

**Direção :** perpendicular ao vetor velocidade.

**Sentido :** o vetor  $\vec{a}_c$  aponta para o centro da trajetória.

**M C U**

Período (  $T$  ) = constante

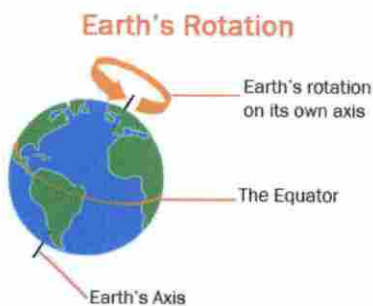
Frequência (  $f$  ) = constante

Velocidade Tangencial (  $\vec{v}$  ) = constante *apenas em módulo*

Velocidade Angular (  $\omega$  ) = constante

Aceleração Centrípeta (  $\vec{a}_c$  ) = constante *apenas em módulo*

## Exemplo – Movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo



**Período (  $T$  )** = 23h56min  $\cong$  24 horas = 1 dia

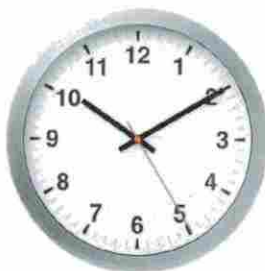
**Frequência (  $f$  )** = 1/24 voltas/hora

**Velocidade angular (  $\omega$  )** =  $\pi/12$  rad/h = 0,26 rad/h

**Velocidade linear (  $v$  )** = 1675 km/h  $\div$  3,6 = 465 m/s

**Aceleração centrípeta (  $a_c$  )** = 0,034  $m/s^2$

## Exemplo – Ponteiros de um relógio



$T_{\text{segundos}} = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$        $T_{\text{minutos}} = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$        $T_{\text{horas}} = 12 \text{ h}$

$f_{\text{segundos}} = 1 \text{ RPM} = 1/60 \text{ Hz}$        $f_{\text{minutos}} = 1/3600 \text{ Hz}$

$\omega_{\text{segundos}} = 2\pi \text{ rad} / 60 \text{ s} = \pi/30 \text{ rad/s}$

$\omega_{\text{horas}} = 2\pi \text{ rad} / 12 \text{ h} = \pi/6 \text{ rad/h}$



## ▪ Parte 2

## Relações

## Relações

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$V = \omega \cdot R$$

 MODELAGEM

## UPF

Um corpo descreve um movimento circular uniforme cuja trajetória tem 5 m de raio. Considerando que o objeto descreve 2 voltas em 12 s, é possível afirmar que sua velocidade tangencial, em m/s, é de, aproximadamente (Considere  $\pi = 3,14$ )

- A) 3,14
- B) 5,2
- C) 15,7
- D) 6,28
- E) 31,4

$R = 5 \text{ m}$   
 $n = 2 \text{ voltas}$   
 $\Delta t = 12 \text{ s}$   
 $\pi = 3,14$

$$\begin{aligned} v &= \omega \cdot R \\ v &= (2 \cdot \pi \cdot f) \cdot R \\ v &= 2 \cdot 3,14 \cdot (2/12) \cdot 5 \\ v &= 5,2 \text{ m/s} \end{aligned}$$

**Resposta B**

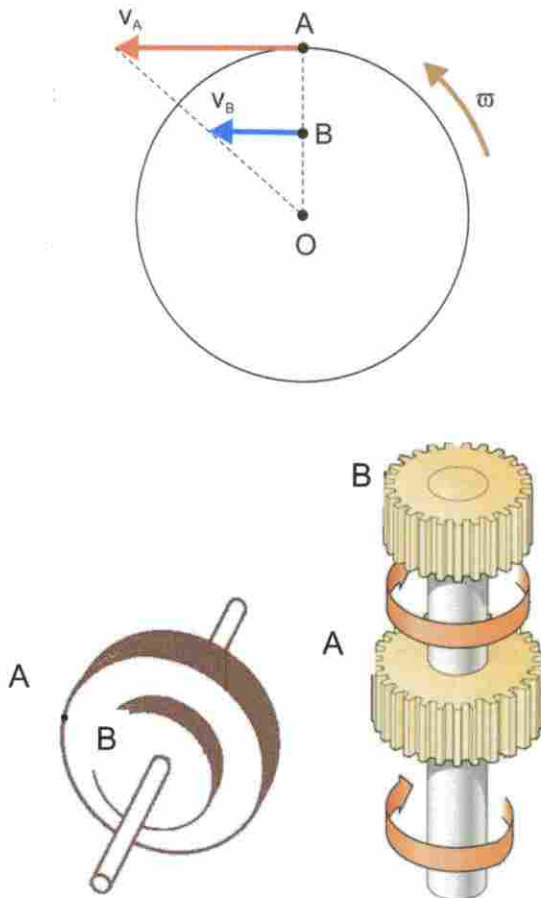


▪ Parte 3

Observações

Observações

I - Dois pontos sobre uma barra que gira em MCU.



- Mesmos períodos de rotação

$$T_A = T_B$$

- Mesmas frequências

$$f_A = f_B$$

- Mesmas velocidades angulares  
(a exceção do centro onde é nula)

$$\omega_A = \omega_B$$

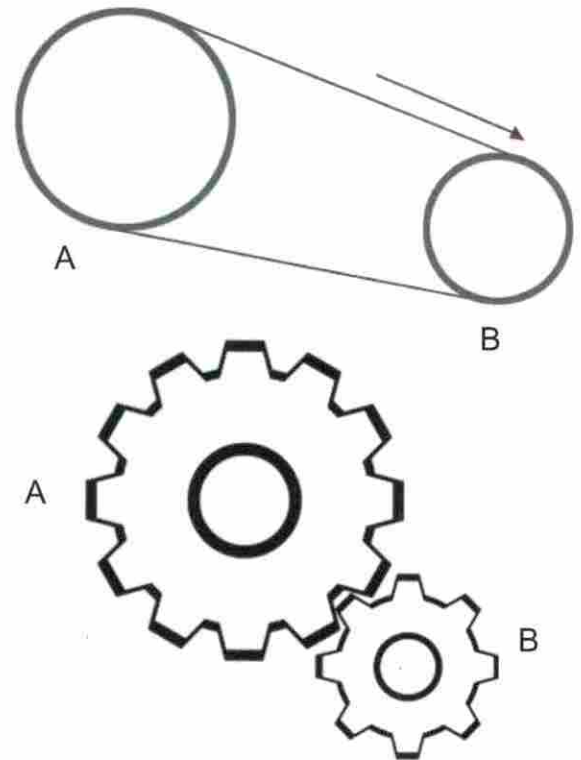
- Maior velocidade tangencial (linear) para pontos mais externos (maior raio)

$$v_A > v_B$$

- Maior aceleração centrípeta para pontos mais externos (maior raio)

$$a_{cA} > a_{cB}$$

II – Transmissão Integral de movimento. ( Ex. : bicicleta )



Engrenagens: Raio (R) ∝ N° de dentes

- Mesmos módulos das velocidades tangenciais nas periferias das polias

$$v_A = v_B \text{ (periferias)}$$

- Maior período para a polia de maior raio, que tem um ponto da periferia percorrendo maior distância para uma volta com mesmo valor de velocidade tangencial.

$$T_A > T_B$$

- Maior frequência de rotação para a polia de menor raio.

$$f_A < f_B$$

- Maior velocidade angular para a polia de maior frequência (menor raio)

$$\omega_A < \omega_B$$

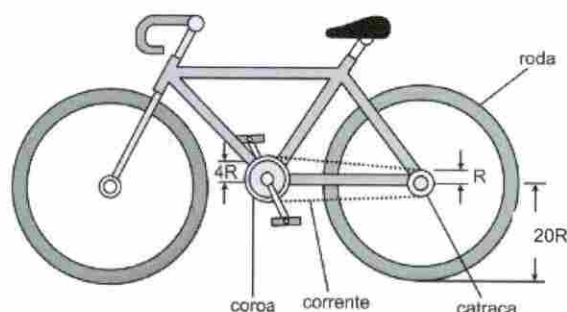
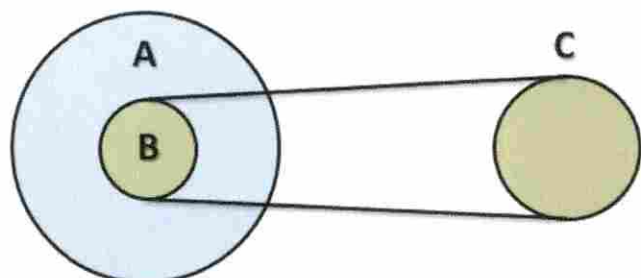
- Maior aceleração centrípeta para polia de menor raio

$$a_{cA} < a_{cB}$$



## Exemplo

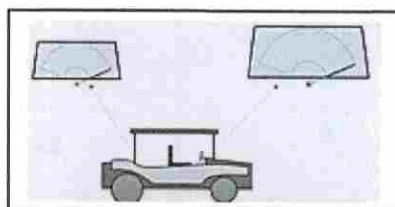
Bicicleta



## DESAFIO

### ACAFE 18/1

O funcionamento do limpador de para-brisa deve ser verificado com o motor ligado, nas respectivas velocidades de acionamento, devendo existir no mínimo 02 (duas) velocidades distintas e parada automática (quando aplicável). A velocidade menor deve ser de 20 ciclos por minuto e a maior com, no mínimo, 15 ciclos por minuto a mais do que a menor.



Considere um automóvel com o limpador de para-brisa dianteiro (raio de 40cm) e traseiro (raio de 20cm), como mostra a figura ao lado.

Com base no exposto, assinale a alternativa **correta** para as razões  $\omega_{\text{dianteiro}}/\omega_{\text{traseiro}}$  e  $V_{\text{dianteiro}}/V_{\text{traseiro}}$ , respectivamente, para pontos na extremidade dos limpadores deste automóvel, se a velocidade de acionamento do traseiro for a menor e do dianteiro for a maior. (Tome os movimentos como MCU).

- A) 4/3 e 3/4
- B) 4/3 e 7/4
- C) 7/4 e 7/2
- D) 7/2 e 4/3

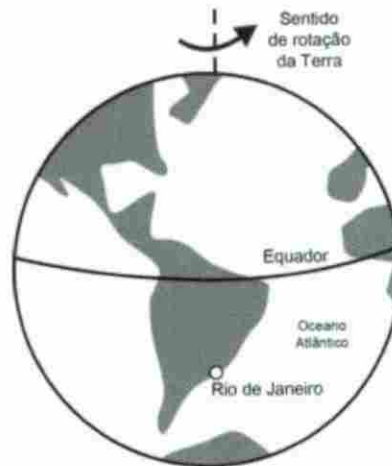
$$\frac{\omega_D}{\omega_T} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_D}{2 \cdot \pi \cdot f_T} = \frac{35}{20} = \frac{7}{4}$$

$$\frac{v_D}{v_T} = \frac{\omega_D \cdot R_D}{\omega_T \cdot R_T} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_D \cdot R_D}{2 \cdot \pi \cdot f_T \cdot R_T} = \frac{35 \cdot 40}{20 \cdot 20} = \frac{7}{2}$$

**Resposta D**

 DESAFIO**ENEM 2019 1a**

Na madrugada de 11 de março de 1978, partes de um foguete soviético reentraram na atmosfera acima da cidade do Rio de Janeiro e caíram no Oceano Atlântico. Foi um belo espetáculo, os inúmeros fragmentos entrando em ignição devido ao atrito com a atmosfera brilharam intensamente, enquanto “cortavam o céu”. Mas se a reentrada tivesse acontecido alguns minutos depois, teríamos uma tragédia, pois a queda seria na área urbana do Rio de Janeiro e não no oceano.



De acordo com os fatos relatados, a velocidade angular do foguete em relação à Terra no ponto de reentrada era

- A) igual à da Terra e no mesmo sentido.
- B) superior à da Terra e no mesmo sentido.
- C) inferior à da Terra e no sentido oposto.
- D) igual à da Terra e no sentido oposto.
- E) superior à da Terra e no sentido oposto.

Por se tratar de órbita de satélite em torno de planeta a questão pode ser classificada como sendo de Gravitação Universal. Mas na realidade uma boa concepção de movimento circular uniforme e a capacidade de imaginar o que está ocorrendo são determinantes para o acerto.

Se a reentrada se deu sobre o Rio de Janeiro e os fragmentos caíram no Oceano Atlântico, a cidade seria atingida os fragmentos entrassem minutos depois na atmosfera, deveriam se mover no mesmo sentido da órbita da terra, estar à esquerda do Rio de Janeiro e ter uma maior velocidade angular para atingir a cidade.

**Resposta B**



## ANOTAÇÕES

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing notes.



## LEITURA

### A Física e o Carro de Fórmula 1

A Fórmula 1 (F1) movimenta milhões de dólares a cada temporada. Aliás, um único carro pode superar o valor de 1 milhão de dólares. E esse valor é apenas do carro. Soma-se a este valor o salário do piloto, as concessões de transmissão pela TV, propagandas, transporte para os vários circuitos espalhados pelo mundo. E marketing de empresas do automobilismo como: Brawn, Ferrari, McLaren, Honda, Renault, BMW entre outras.

Porém, para que tudo corra bem durante a corrida, o carro precisa estar muito bem preparado. Afinal, as leis da física não podem tirar férias e nem favorecer a esta ou aquela equipe!

A saída é procurar

tê-las como aliadas. E isso é feito através do design do carro, das condições de temperatura e umidade no momento da corrida, direção e velocidade do vento, rendimento do motor, material utilizado na composição das peças, etc.



A Física começa mostrar sua força na largada - quando a velocidade dos carros é ainda muito baixa- pois eles partiram de um estado de repouso. Enquanto a velocidade do carro é pequena, o ar que corre por baixo do veículo é também muito lento. Como consequência, a pressão sobre o carro não é suficientemente grande para mantê-lo estável na pista (esta pressão sobre o carro é tratada como *down force* pelos especialistas). Associado com a super-tração fornecida pelo motor, o carro patina de um lado para o outro. Repare esse efeito no momento da largada!

Isso poderia ser reduzido fazendo-se algumas adaptações no carro. Porém as equipes precisam obedecer às normas impostas pela FIA. Essas normas estabelecem algumas regras como (altura, peso, largura, distância entre eixos...). Esses efeitos combinados nos leva a uma curiosidade: se a distância entre os eixos, a massa, o comprimento do carro não forem consideradas, o veículo poderia capotar durante uma curva ou no final de uma grande reta devido a um efeito simples de transferência de massa!

Outra curiosidade, o carro "sofre ataque" de acelerações de até 5g no momento em que faz uma curva a alta velocidade! Puxa!!! Este valor é tão razoável, que na freada ao final de uma reta, lágrimas do piloto podem sair espontaneamente e atingir o visor do capacete! A tontura e perda de sentido são, também, reflexo de acelerações ou desacelerações intensas. Para suportar tanta aceleração sem se movimentar, o piloto é preso por um cinto especial apertado ao máximo suportável por ele.

Para manter esta grande bala com rodas, toda a atenção deve ser voltada para a aerodinâmica do carro. Por isso, as suspensões tem um desenho em forma de asa de avião invertida, aumentando a pressão sobre o carro. Acredita-se que 2% da força aerodinâmica seja proveniente deste fato. Tudo é verificado, a inclinação do bico e das asas são muito importantes. E acredite, tal inclinação induz a presença de uma *down force* muito grande. Tão grande, que dentro do bico do carro temos uma terceira suspensão, mais rígida e "inteligente" que as duas normais, responsável por entrar em ação para evitar que o carro seja esmagado contra o solo! O termo "inteligente" usado há pouco faz sentido. São conjuntos de molas, ligas, juntas e outras "parafernalias" que são segredo de cada equipe. Daí ficarem escondidas dentro do bico do carro.

Embaixo dos carros, existem uma espécie de "ventuinha" – na verdade muito mais que isso – cuja função é jogar o ar que passa por baixo do veículo a uma velocidade ainda maior para trás. A pressão embaixo do carro diminui e ele acaba sendo comprimido sobre o solo, estabilizando-se.





Os freios são acionados pelo próprio piloto e tem que ser feito com muito cuidado para não travar as rodas. Pois, assim sendo, o coeficiente de atrito com solo diminuiria. Estragaria o pneu e o carro poderia sair tangente à um ponto na curva. Outro efeito: estando mais lisos, teriam menor aderência pra arrancar, perdendo preciosos segundos ao longo da corrida. Para reduzir a velocidade de um carro a 320Km/h, discos e pastilhas de fibra de carbono são usados. Esse material é leve, resistentes e eficientes mesmo quando submetidos a temperaturas superiores a 700°C. Muitas vezes é possível ver o sistema de freios avermelhados, frutos do aquecimento produzido durante a corrida. Os pneus deixaram de ser absolutamente lisos desde 1998, por determinação da FIA. Foi uma medida pra dar mais segurança nas curvas, garantindo melhor aderência nas curvas. Essa aderência, complementando, é melhor quando os pneus se encontram aquecidos. Por isso, é comum vermos os pilotos "dançando" com o veículo nas pistas quando está em baixa velocidade.

O cockpit também é projetado com material ultra-resistente. Capazes de suportar forças de até 25 toneladas lateralmente. Por isso, não é de se assustar que um piloto saia caminhando naturalmente desta célula de sobrevivência, após um choque violento. Aliado à proteção, outras tantas partes do veículo são projetadas de tal forma a serem arremessadas violentamente durante um choque. Isso garante a dissipação da energia na hora do impacto, evitando que essa energia tenha que ser recebida pelo piloto, podendo provocar sua morte.

Outra força muito importante é a força de arrasto. Essa força é aquela responsável por "segurar" o carro enquanto ele se desloca. Uma duplicação na velocidade do carro, implica numa força de arrasto quatro vezes maior. É como se o ar possuísse mãos e segurasse o veículo. Como esta força é proporcional à velocidade; é mais fácil que o carro atinja a velocidade de 150 Km/h do que vai daí à marca dos duzentos e tantos quilômetros horários.

Um carro de Fórmula 1 atinge, aproximadamente, 156 Km/h apenas de primeira marcha! Gasta menos de 15,0 s para ir de 0 a 320 Km/h! Em algumas equipes, a inclinação da asa traseira é ajustada automaticamente, para se adaptar à força de arrasto e agir bravamente para que o carro não levante voo numa curva!

Mais uma curiosidade: as marchas são trocadas automaticamente, através do comando do piloto num circuito eletrônico que fica sob o volante. São pequenas alavancas e botões comandando uma supermáquina. O piloto deve ficar atento também ao sentido do vento. A equipe faz o monitoramento o tempo todo. Se o vento estiver à favor do movimento do carro, o veículo pode ter limite de rotações do seu motor atingido ao final de uma reta, o que é muito arriscado. Deve-se evitar trabalhar na situação limite para reduzir o desgaste das peças.

A massa carro + piloto + combustível também é limitada pela FIA. Quando cheio, os carros da Fórmula 1 podem carregar algo ao redor de 115 -125L, tendo um rendimento que dificilmente supera 1,9 Km/L. Também, para produzir tanta potência! Durante períodos de chuva, em que um ritmo melhor é exigido, esse rendimento aumenta um pouco.

O painel de controle é composto de algumas luzes indicadoras de possíveis problemas em vários sistemas. Mais uma vez, molas, alavancas e luzes auxiliam o piloto.

Observe ainda durante uma corrida, que os olhos do piloto ficam quase no nível da carroceria do carro. Não precisa mais, dizem os pilotos. Eles têm como referência os contornos das pistas e os retrovisores.

E assim um carro vai para a pista. Eletricidade, magnetismo, forças de atrito, pressão, alavancas, molas, suportes, massas, ótica, inércia... que estresse heim!!!??? Que nada. É por isso que durante todo o ano os engenheiros ficam atentos ao comportamento do carro. Numa reta ou numa curva, em alta ou baixa velocidade. O desprezo de uma dessas variáveis pode significar a perda completa do controle do carro e ir parar na grama ou na caixa de britas, antes do muro de pneus... isso se o coeficiente de atrito ajudar!





## QUESTÕES PÓS-AULA

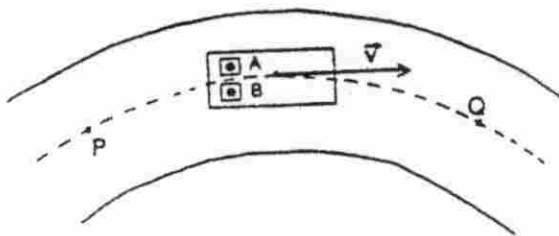
As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

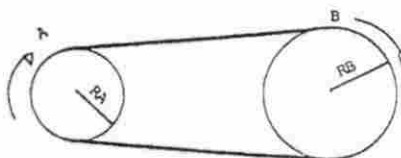
**136. UFRGS.** O desenho representa duas pessoas A e B sentadas no interior de um ônibus. A está sentada num banco que fica para o lado externo da curva e B num que fica para o lado interno. O ônibus trafega com velocidade linear  $\vec{v}$  de módulo constante.



Enquanto o ônibus se encontra fazendo a curva entre os pontos **P** e **Q**, é correto afirmar que

- A) a velocidade linear de A é igual à de B.
- B) a velocidade angular de A é maior que a de B.
- C) a velocidade linear de B é maior que a de A.
- D) A e B têm mesma velocidade angular.
- E) a aceleração centrípeta de B é maior que a de A.

**137. PUCRS.** Uma polia de raio  $R_A = 0,2\text{m}$  está ligado, através de uma correia, a outra polia B de raio  $R_B = 0,4\text{m}$  sem nenhum deslizamento entre as polias e a correia, durante o movimento.



Se o movimento descrito pelas polias A e B for um movimento circular uniforme, então a velocidade angular da polia A é numericamente

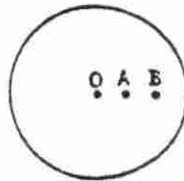


- A) igual à velocidade angular da polia B.
- B) igual à velocidade tangencial da polia A.
- C) menor do que a velocidade angular da polia B.
- D) maior do que a velocidade angular da polia B.
- E) igual da velocidade tangencial da polia B.

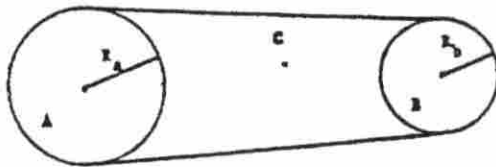
**138. UFRGS.** O disco da figura gira em torno do centro O com movimento circular uniforme. Nessa situação o módulo da velocidade linear do ponto A é ..... ao do ponto B, e o módulo da velocidade angular do ponto A é ..... ao ponto B. Qual a alternativa que preenche corretamente as lacunas acima?



- A) igual - superior
- B) superior - inferior
- C) superior - igual
- D) inferior - igual
- E) inferior - inferior



**139. UFRGS.** A figura mostra duas polias A e B e de raios  $R_A$  e  $R_B$ , respectivamente, sendo  $R_A > R_B$ . Essas polias estão unidas por uma correia C, e o atrito impede que ele deslize quando as polias giram.



Se A estiver girando com uma frequência  $f$  constante

- A) A e B têm o mesmo período
- B) A e B têm a mesma frequência
- C) o módulo da velocidade angular de A é maior do que o módulo da velocidade angular de B
- D) o módulo da velocidade tangencial de A é o mesmo da velocidade tangencial de B
- E) o módulo da velocidade angular de A é o mesmo que o módulo da velocidade tangencial de B

**140. PUCRS.** A velocidade do movimento de rotação da Terra é, aproximadamente,

- A)  $(\pi/12)\text{rad/h.}$
- B)  $(\pi/6)\text{rad/h.}$
- C)  $(\pi/4)\text{rad/h.}$
- D)  $\pi \text{ rad/h.}$
- E)  $2\pi \text{ rad/h.}$





**141. PUCRS.** Um móvel descreve uma trajetória circular de 10m de raio, realizando uma volta a cada 10 segundos. Nesta situação a velocidade tangencial do móvel é

- A) 1m/s
- B)  $2\pi$  m/s
- C)  $3\pi$  m/s
- D) 10 m/s
- E)  $20\pi$  m/s



**142. UFRGS.** Para um observador O, um disco metálico de raio  $r$  gira em movimento uniforme em torno de seu próprio eixo, que permanece em repouso.

Considere as seguintes afirmações sobre o movimento do disco.

- I – O módulo  $v$  da velocidade linear é o mesmo para todos os pontos do disco, com exceção do seu centro.
- II – O módulo  $\omega$  da velocidade angular é o mesmo para todos os pontos do disco, com exceção do seu centro.
- III – Durante uma volta completa, qualquer ponto da periferia do disco percorre uma distância igual a  $2\pi r$ .

Quais estão corretas do ponto de vista do observador O?

- A) apenas II.
- B) apenas III.
- C) apenas I e II.
- D) apenas II e III.
- E) I, II e III.



**143. UFRGS.** Analise as seguintes afirmações

- I - Duas pessoas sentadas em um mesmo automóvel podem estar se deslocando em relação à estrada com diferentes velocidades lineares.
- II - Um corpo é deixado cair livremente de uma altura  $H$  acima do solo horizontal e outro é lançado horizontalmente, no mesmo instante e a partir da mesma altura  $h$  acima do solo, com grande velocidade. Desprezando-se o efeito das forças que o ar exerce sobre eles, atingirão o solo ao mesmo tempo.
- III - Quando o módulo da velocidade de um móvel for constante, este móvel não possui aceleração.

Quais afirmações estão corretas?

- A) Apenas I
- B) Apenas II
- C) Apenas III
- D) Apenas I e II
- E) I, II e III





144. A respeito do movimento dos ponteiros das horas e dos minutos de um relógio, podemos afirmar que

- A) as velocidades angulares são iguais.
- B) as velocidades tangenciais são iguais.
- C) os períodos são iguais.
- D) a frequência do ponteiro das horas é maior.
- E) a velocidade angular do ponteiro dos minutos é maior.



145. UFRGS. Uma barra rígida descreve um movimento circular uniforme em torno de uma de suas extremidades. Sendo o módulo  $\omega$  o módulo da velocidade angular e  $v$  o módulo da velocidade tangencial de um ponto da extremidade livre da barra, os módulos dessas velocidades para um ponto no centro da barra são, respectivamente,

- A)  $2\omega$  e  $v$
- B)  $\omega$  e  $v/2$
- C)  $\omega$  e  $v$
- D)  $2\omega$  e  $2v$
- E)  $\omega/2$  e  $v/2$



146. A velocidade de um automóvel pode ser medida, facilmente, através de um dispositivo que registra o número de rotações efetuadas por uma de suas rodas, desde que se conheça seu diâmetro. Considere, por exemplo, um pneu cujo diâmetro é de 0,5 m. Se o pneu executa 480 rotações em cada minuto, pode-se afirmar que a velocidade do automóvel, em m/s, é

- A)  $4\pi$
- B)  $8\pi$
- C)  $12\pi$
- D)  $16\pi$
- E)  $20\pi$



147. PUCRS. As rodas de um carro têm 60,0 cm de diâmetro e realizam 5 voltas por segundo. Pode-se concluir que a velocidade desse carro é, aproximadamente

- A) 9,42m/s
- B) 12,4m/s
- C) 18,8m/s
- D) 20,8m/s
- E) 25,6m/s





**148. UFRGS.** Uma roda de  $r$  igual a 1,0 m gira uniformemente, completando 20 voltas por segundo. Qual o módulo da velocidade tangencial de um ponto dessa roda localizado em  $r/2$  ?

- A) 10 m/s
- B) 20 m/s
- C)  $20 \pi$  m/s
- D) 40 m/s
- E)  $40 \pi$  m/s



**149. PUCRS.** Uma roda gira com uma frequência constante de 20 Hz. Nessa situação, um ponto situado a 10 cm do eixo de rotação percorre uma distância de \_\_\_\_\_ em  $1/\pi$  segundos.

- A) 2,0 m
- B) 4,0 m
- C) 6,0 m
- D) 8,0 m
- E) 10 m



**150. UFRGS.** Na temporada automobilística de Fórmula 1 do ano passado, os motores dos carros de corrida atingiram um "giro" de 18.000 rotações por minuto. Em rad/s, qual é o valor dessa velocidade angular

- A)  $300 \pi$ .
- B)  $600 \pi$ .
- C)  $9.000 \pi$ .
- D)  $18.000 \pi$ .
- E)  $36.000 \pi$ .



**151. UFRGS.** X e Y são dois pontos da superfície da Terra. O ponto X encontra-se sobre a linha do equador, e o ponto Y sobre o trópico de Capricórnio. Designando-se por  $\omega_x$  e  $\omega_y$ , respectivamente, as velocidades angulares de X e Y em torno do eixo polar e por  $a_x$  e  $a_y$ , as correspondentes acelerações centrípetas, é correto afirmar que

- A)  $\omega_x < \omega_y$  e  $a_x = a_y$
- B)  $\omega_x > \omega_y$  e  $a_x = a_y$
- C)  $\omega_x = \omega_y$  e  $a_x > a_y$
- D)  $\omega_x = \omega_y$  e  $a_x = a_y$
- E)  $\omega_x = \omega_y$  e  $a_x < a_y$



**152.** A velocidade de rotação das pás de um ventilador é 600 rotações por minuto. O diâmetro formado pelo giro das pás é 40 cm. Qual o valor da aceleração centrípeta dos pontos na periferia?

- A)  $50 \pi^2$  m/s<sup>2</sup>.
- B)  $80 \pi^2$  m/s<sup>2</sup>.
- C)  $600 \pi^2$  m/s<sup>2</sup>.
- D)  $700 \pi^2$  m/s<sup>2</sup>.
- E)  $800 \pi^2$  m/s<sup>2</sup>.





**153. UFRGS.** O ponteiro de certo instrumento de medição executa um movimento circular uniforme, percorrendo um ângulo de  $\omega$  radianos em 1 segundo. Quais são, em radianos, os ângulos percorridos por esse ponteiro em  $1/\omega$  segundos e em  $2\pi/\omega$  segundos, respectivamente?



- A) 1 e  $2\pi$ .
- B) e  $2\pi\omega$ .
- C) 1 e  $\pi$ .
- D) e  $2\pi$ .
- E)  $\pi/2$  e  $\pi$ .

**154. UFRGS.** Para um observador O, um disco metálico de raio  $r$  gira em movimento uniforme em torno de seu próprio eixo, que permanece em repouso. Considere as seguintes afirmações sobre o movimento do disco.



I - O módulo  $v$  da velocidade linear é o mesmo para todos os pontos do disco, com exceção do seu centro.

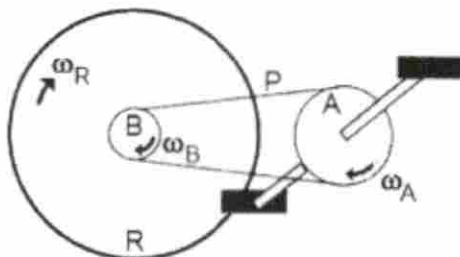
II - O módulo  $\omega$  da velocidade angular é o mesmo para todos os pontos do disco, com exceção do seu centro.

III- Durante uma volta completa, qualquer ponto da periferia do disco percorre uma distância igual a  $2\pi r$ .

Quais estão corretas do ponto de vista do observador O ?

- A) Apenas II.
- B) Apenas III.
- C) Apenas I e II.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.

**155. UFRGS.** A figura apresenta esquematicamente o sistema de transmissão de uma bicicleta convencional.

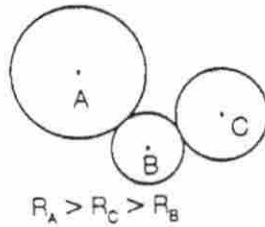


Na bicicleta, a coroa A conecta-se à catraca B através da correia P. Por sua vez, B é ligada à roda traseira R, girando com ela quando o ciclista está pedalando. Nesta situação, supondo que a bicicleta se move sem deslizar, as magnitudes das velocidades angulares,  $\omega_A$ ,  $\omega_B$  e  $\omega_R$ , são tais que



- A)  $\omega_A < \omega_B = \omega_R$ .
- B)  $\omega_A = \omega_B < \omega_R$ .
- C)  $\omega_A = \omega_B = \omega_R$ .
- D)  $\omega_A < \omega_B < \omega_R$ .
- E)  $\omega_A > \omega_B = \omega_R$ .

**156.** As rodas A, B e C giram, sem deslizamento, com velocidades angulares  $\omega_A, \omega_B, \omega_C$ , tais que



- A)  $\omega_A = \omega_B = \omega_C$
- B)  $\omega_A > \omega_B > \omega_C$
- C)  $\omega_A > \omega_C > \omega_B$
- D)  $\omega_A < \omega_B < \omega_C$
- E)  $\omega_A < \omega_C < \omega_B$

**157. PUCRS.** Considerar um ventilador com hélice girando. Em relação aos pontos da hélice, é correto afirmar que

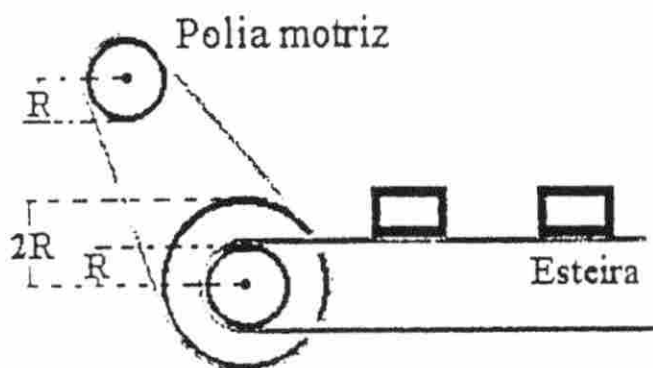
- A) todos têm a mesma velocidade linear.
- B) todos têm a mesma aceleração centrípeta.
- C) os pontos mais afastados do eixo de rotação têm maior velocidade angular.
- D) os pontos mais afastados do eixo de rotação têm menor aceleração centrípeta.
- E) os pontos mais afastados do eixo de rotação têm maior velocidade linear.



**158. UFRGS.** A figura abaixo representa uma correia transportadora com o seu sistema de acionamento. As duas polias menores têm o mesmo raio  $R$ , e a polia maior tem raio  $2R$ . O atrito entre as correias e as polias é suficiente para que não ocorra deslizamento de umas sobre as outras. A polia motriz gira em sentido horário com frequência constante  $f_1$ ; as outras duas polias são concêntricas, estão unidas rigidamente e giram com frequência constante  $f_2$ .







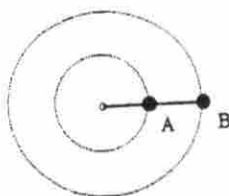
Considere as seguintes afirmações.

- I – Os objetos transportados pela correia deslocam-se para a direita.
- II - A aceleração centrípeta na periferia da polia motriz é 4 vezes maior do que na periferia da outra polia pequena.
- III – Os objetos transportados pela correia movimentam-se com velocidade linear menor do que a velocidade tangencial na periferia da polia motriz.

Quais estão corretas ?

- A) Apenas I.
- B) Apenas I e II.
- C) Apenas I e III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.

**159. ULBRA.** As duas pedras A e B, mostradas na figura, executam um movimento circular uniforme, presas a uma mesma corda.



Referente ao fato, está correto afirmar que

- A) as pedras A e B tem iguais velocidades lineares.
- B) a pedra A tem velocidade angular menor do que a pedra B.
- C) as pedras A e B tem iguais velocidades angulares.
- D) a pedra A tem frequência menor do que a pedra B.
- E) a pedra A percorre a mesma distância da pedra B num mesmo tempo.

**160. PUCRS.** Os ponteiros de um relógio realizam movimento circular que pode ser considerado uniforme. A velocidade angular do ponteiro de segundos vale

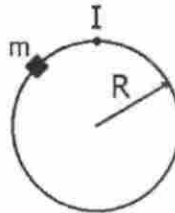




- A)  $\pi/30$  rad/s
- B)  $\pi/20$  rad/s
- C)  $\pi/2$  rad/s
- D)  $\pi$  rad/s
- E)  $2\pi$  rad/s

**161. UFRGS.** A figura abaixo representa um móvel  $m$  que descreve um movimento circular uniforme de raio  $R$ , no sentido horário, com velocidade de módulo  $V$ .

Assinale a alternativa que melhor representa, respectivamente, os vetores velocidade  $\mathbf{V}$  e a aceleração  $\mathbf{a}$  do móvel quando passa pelo ponto  $I$ , assinalando na figura.



- (A)  $\mathbf{V} \rightarrow$   $\mathbf{a} \uparrow$
- (B)  $\mathbf{V} \rightarrow$   $\mathbf{a} = 0$
- (C)  $\mathbf{V} \rightarrow$   $\mathbf{a} \downarrow$
- (D)  $\mathbf{V} \leftarrow$   $\mathbf{a} \uparrow$
- (E)  $\mathbf{V} \leftarrow$   $\mathbf{a} \downarrow$

**162. UFRGS.** O volante de um motor gira com movimento circular uniforme completando  $1,2 \times 10^3$  voltas em um minuto. Qual o período desse movimento?

- A)  $1,2 \times 10^{-3}$  s
- B)  $0,8 \times 10^{-3}$  s
- C)  $5,0 \times 10^{-2}$  s
- D) 2,0 s
- E) 20 s



**163.** A velocidade angular do movimento do ponteiro das horas vale

- A)  $\frac{\pi}{24}$  rad/h
- B)  $\frac{\pi}{12}$  rad/h
- C)  $\frac{\pi}{6}$  rad/h
- D)  $\frac{\pi}{4}$  rad/h
- E)  $\frac{\pi}{3}$  rad/h

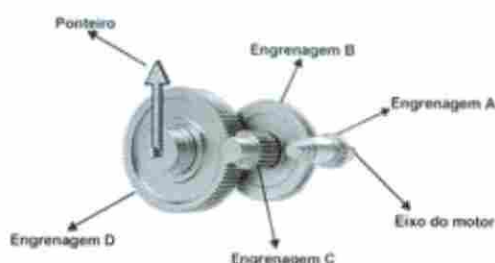




**164. ENEM.** A invenção e o acoplamento entre engrenagens revolucionaram a ciência na época e propiciaram a invenção de várias tecnologias, como os relógios. Ao construir um pequeno cronômetro, um relojoeiro usa o sistema de engrenagens mostrado. De acordo com a figura, um motor é ligado ao eixo e movimenta as engrenagens fazendo o ponteiro girar. A frequência do motor é de 18 RPM, e o número de dentes das engrenagens está apresentado no quadro.



Engrenagem	Dentes
A	24
B	72
C	36
D	108



A frequência de giro do ponteiro, em RPM, é

- A) 1.
- B) 2.
- C) 4.
- D) 81.
- E) 162.

**165.** Uma barra gira em torno do ponto O com velocidade angular constante, completando uma volta a cada segundo. A velocidade escalar de um ponto P da barra, distando 2 m do ponto O, é



- A)  $4\pi$  m/s
- B)  $\pi$  m/s
- C)  $\frac{\pi}{2}$  m/s
- D)  $8\pi$  m/s
- E) n.d.a.

**166.** No site [www.agespacial.gov.br](http://www.agespacial.gov.br), da Agência Espacial Brasileira, aparece a seguinte informação:



*“O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) vem sendo construído desde a década de 80 e está atualmente preparado para lançar foguetes de sondagem e veículos lançadores de satélites de pequeno porte. Localizado na costa do nordeste brasileiro, próximo ao Equador, a posição geográfica do CLA aumenta as condições de segurança e permite menores custos de lançamento.”*

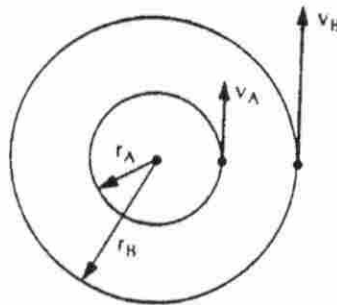


Um dos fatores determinantes dessa redução de custos se deve à inércia do movimento de rotação da Terra. Graças à essa inércia, o veículo lançador consome menos energia para fazer com que o satélite adquira a sua velocidade orbital. Isso ocorre porque, nas proximidades do Equador, onde se encontra o CLA,

- A) a velocidade tangencial da superfície da Terra é maior do que em outras latitudes.
- B) a velocidade tangencial da superfície da Terra é menor do que em outras latitudes.
- C) a velocidade tangencial da superfície da Terra é igual à velocidade orbital do satélite.
- D) a aceleração da gravidade na superfície da Terra é menor do que em outras latitudes.
- E) a aceleração da gravidade na superfície da Terra é maior do que em outras latitudes.

167. Em duas pistas circulares e concêntricas, com raios  $r_A = 3$  m e  $r_B = 6$  m, dois móveis executam movimentos circulares e uniformes com frequências iguais a 0,5 Hz. Nessa situação, a relação entre as velocidades tangenciais  $v_A/v_B$  tem módulo

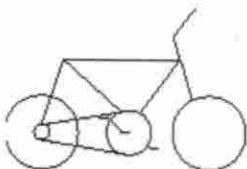
- A) 1,0
- B) 1,5
- C) 2,0
- D) 0,5
- E) 0,2



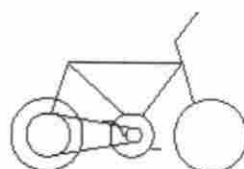
168. As bicicletas possuem uma corrente que liga uma coroa dentada dianteira, movimentada pelos pedais, a uma coroa localizada no eixo da roda traseira, como mostra a figura.



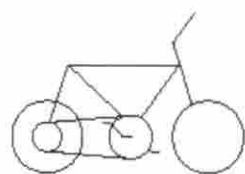
O número de voltas dadas pela roda traseira a cada pedalada depende do tamanho relativo destas coroas. Em que opção abaixo a roda traseira dá o maior número de voltas por pedaladas?



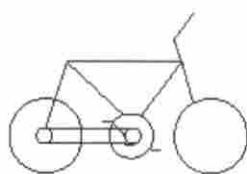
A)



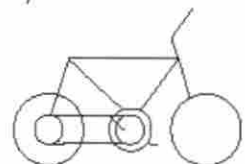
D)



B)

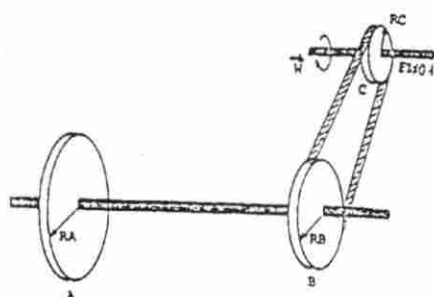


E)



C)

**169. PUCRS.** Um motor aciona o eixo 1, imprimindo a este uma velocidade angular constante  $\omega$ . As polias B e C estão ligadas através de uma correia e as polias A e B estão ligadas por um eixo.



Com relação ao sistema, podemos afirmar que as velocidades periféricas tangenciadas  $V$  e angulares  $\omega$  de cada polia são

- A)  $V_B > V_C$   $\omega_B = \omega_A$
- B)  $V_B = V_C$   $\omega_B = \omega_A$
- C)  $V_B = V_C$   $\omega_B > \omega_A$
- D)  $V_B < V_C$   $\omega_B > \omega_A$
- E)  $V_B < V_C$   $\omega_B = \omega_A$

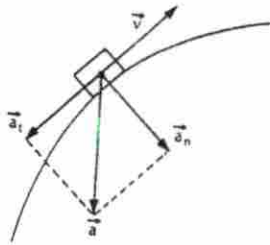
**170. UFRGS.** Levando-se em conta unicamente o movimento de rotação da Terra em torno de seu eixo imaginário, qual é aproximadamente a velocidade tangencial de um ponto na superfície da Terra, localizado sobre o equador terrestre? (Considere  $\pi = 3,14$ ; raio da Terra  $R_T = 6.000$  km)



- A) 440 km/h.
- B) 800 km/h.
- C) 880 km/h.
- D) 1.600 km/h.
- E) 3.200 km/h.



171. Na figura representa-se um bloco em movimento sobre uma trajetória curva, bem como o vetor velocidade  $\vec{v}$ , o vetor aceleração  $\vec{a}$  e seus componentes intrínsecos, aceleração tangencial  $\vec{a}_t$  e aceleração normal  $\vec{a}_n$ . Analisando-se a figura, conclui-se que



- A) módulo da velocidade está aumentando.
- B) módulo da velocidade está diminuindo.
- C) movimento é uniforme.
- D) movimento é necessariamente circular.
- E) movimento é retilíneo.

172. ENEM. O Brasil pode se transformar no primeiro país das Américas a entrar no seleto grupo das nações que dispõem de trens-bala. O Ministério dos Transportes prevê o lançamento do edital de licitação internacional para a

construção da ferrovia de alta velocidade Rio-São Paulo. A viagem ligará os 403 quilômetros entre a Central do Brasil, no Rio, e a Estação da Luz, no centro da capital paulista, em uma hora e 25 minutos. Disponível em: <http://oglobo.globo.com>. Acesso em: 14 jul. 2009.

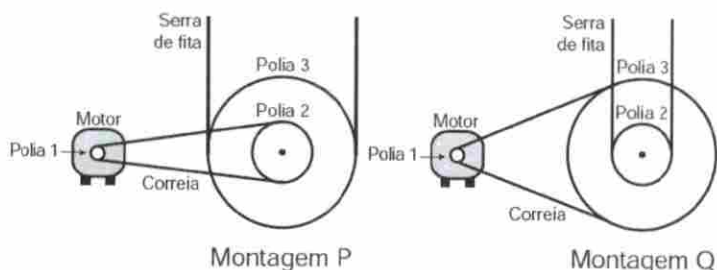
Devido à alta velocidade, um dos problemas a ser enfrentado na escolha do trajeto que será percorrido pelo trem é o dimensionamento das curvas. Considerando-se que uma aceleração lateral confortável para os passageiros e segura para o trem seja de  $0,1g$ , em que  $g$  é a aceleração da gravidade (considerada igual a  $10 \text{ m/s}^2$ ), e que a velocidade do trem se mantenha constante em todo o percurso, seria correto prever que as curvas existentes no trajeto deveriam ter raio de curvatura mínimo de, aproximadamente,

- A) 80 m.
- B) 430 m.
- C) 800 m.
- D) 1.600 m.
- E) 6.400 m.



173. ENEM. Para serrar ossos e carnes congeladas, um açougueiro utiliza uma serra de fita que possui três polias e um motor. O equipamento pode ser montado de duas formas diferentes, P e Q. Por questão de segurança, é necessário que a serra possua menor velocidade linear.





Por qual montagem o açougueiro deve optar e qual a justificativa desta opção?

- A) Q, pois as polias 1 e 3 giram com velocidades lineares iguais em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.
- B) Q, pois as polias 1 e 3 giram com frequências iguais e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.
- C) P, pois as polias 2 e 3 giram com frequências diferentes e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.
- D) P, pois as polias 1 e 2 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver menor raio terá menor frequência.
- E) Q, pois as polias 2 e 3 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.

**174. UFRGS.** Em voos horizontais de aeromodelos, o peso do modelo é equilibrado pela força de sustentação para cima, resultante da ação do ar sobre as suas asas. Um aeromodelo, preso a um fio, voa em um círculo horizontal de 6 m de raio, executando uma volta completa a cada 4 s. Sua velocidade angular, em rad/s, e sua aceleração centrípeta, em  $m/s^2$ , valem, respectivamente,



- A)  $6\pi^2$ .
- B)  $\pi/2$  e  $3\pi^2/2$ .
- C)  $\pi/2$  e  $\pi^2/4$ .
- D)  $\pi/4$  e  $\pi^2/4$ .
- E)  $\pi/4$  e  $\pi^2/16$ .

**175.** Para misturar o concreto, um motor de 3,5 HP tem solidária ao seu eixo uma engrenagem de 8 cm de diâmetro, que se acopla a uma grande cremalheira em forma de anel, com 120 cm de diâmetro, fixa ao redor do tambor misturador.



Quando o motor é ligado, seu eixo gira com frequência de 3 Hz. Nessas condições, o casco do misturador dá um giro completo em:

- A) 3 s
- B) 5 s
- C) 6 s
- D) 8 s
- E) 9 s





176. Admita que em um trator semelhante ao da foto a relação entre o raio dos pneus de trás ( $r_T$ ) e o raio dos pneus da frente ( $r_F$ ) é  $r_T = 1,5 r_F$ . Chamando de  $v_T$  e  $v_F$  os módulos das velocidades de pontos desses pneus em contato com o solo e de  $f_T$  e  $f_F$  as suas respectivas frequências de rotação, pode-se afirmar que, quando esse trator se movimenta, sem derrapar, são válidas as relações:



- A)  $v_T = v_F$  e  $f_T = f_F$ .
- B)  $v_T = v_F$  e  $1,5 f_T = f_F$
- C)  $v_T = v_F$  e  $f_T = 1,5 f_F$
- D)  $v_T = 1,5 v_F$  e  $f_T = f_F$
- E)  $1,5 v_T = v_F$  e  $f_T = f_F$



177. UPF. Recentemente, foi instalada, em Passo Fundo, uma ciclovia para que a população possa andar de bicicleta. Imagine que, em um final de semana, pai e filho resolveram dar uma volta, cada um com sua respectiva bicicleta, andando lado a lado, com a mesma velocidade. Admitindo-se que o diâmetro das rodas da bicicleta do pai é o dobro do diâmetro das rodas da bicicleta do filho, pode-se afirmar que as rodas da bicicleta do pai, em relação às da bicicleta do filho giram com:



- A) o dobro da frequência e da velocidade angular.
- B) a metade da frequência e da velocidade angular.
- C) a metade da frequência e a mesma velocidade angular.
- D) a mesma frequência e a metade da velocidade angular.
- E) a mesma frequência e o dobro da velocidade angular.

178. UFSC. A cadeira de rodas é um instrumento muito utilizado por pessoas que apresentam dificuldades de locomoção. As mais simples movimentam-se por meio da força do próprio usuário ou da força da pessoa que a empurra. Todavia, existem as elétricas, cuja força motriz provém de um motor elétrico acoplado a ela. Hoje, muitas delas são encontradas em residências, no entanto seu uso é bem comum em hospitais e clínicas médicas.







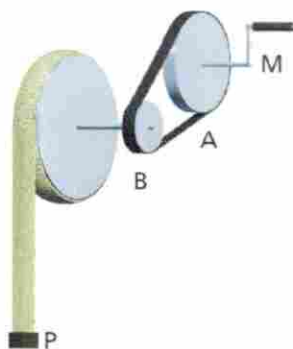
Considere um senhor de 80 kg que percorreu com movimento uniforme 18,0 m em 10 s utilizando uma dessas cadeiras. A roda traseira da cadeira mede 60,0 cm de diâmetro e a roda dianteira mede 20,0 cm de diâmetro. Com base no exposto acima, é correto afirmar que:

- 01. a velocidade linear da roda dianteira da cadeira de rodas é maior que a velocidade linear da roda traseira.
- 02. em 10 s a roda traseira realiza dez voltas completas.
- 04. o período de rotação da roda traseira da cadeira de rodas é 1,0 s.
- 08. a velocidade angular da roda dianteira da cadeira de rodas é igual à velocidade angular da roda traseira.
- 16. o conjunto homem + cadeira realizou um movimento retilíneo e uniforme.
- 32. a frequência de rotação da roda dianteira da cadeira de rodas é de 3 Hz.

**179.** O mecanismo apresentado na figura acima é utilizado para enrolar mangueiras após terem sido usadas no combate a incêndios. A mangueira é enrolada sobre si mesma, camada sobre camada, formando um carretel cada vez mais espesso. Considerando ser o diâmetro da polia **A** maior que o diâmetro da polia **B**, quando giramos a manivela **M** com velocidade constante, verificamos que a polia **B** gira ..... que a polia **A**, enquanto a extremidade **P** da mangueira sobe com movimento ..... A opção que preencheria corretamente as lacunas acima é:

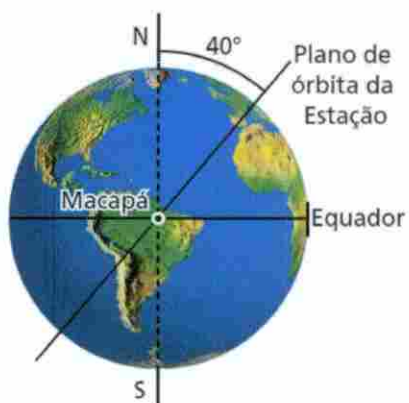


- A) mais rapidamente — acelerado.
- B) mais rapidamente — uniforme.
- C) com a mesma velocidade — uniforme.
- D) mais lentamente — uniforme.
- E) mais lentamente — acelerado.



**180.** A Estação Espacial Internacional mantém atualmente uma órbita circular em torno da Terra, de tal forma que permanece sempre em um plano, normal a uma direção fixa no espaço. Esse plano contém o centro da Terra e faz um ângulo de  $40^\circ$  com o eixo de rotação da Terra. Em certo momento, a Estação passa sobre Macapá, que se encontra na linha do Equador. Depois de uma volta completa em sua órbita, a Estação passará novamente sobre o Equador em um ponto que está a uma distância de Macapá de, aproximadamente:





Dados da Estação: Período aproximado: 90 minutos

Altura acima da Terra = 350 km

Dados da Terra: Circunferência no Equador = 40 000 km

- A) zero km.
- B) 500 km.
- C) 1 000 km.
- D) 2 500 km.
- E) 5 000 km.



# Aula 5

## Leis de Newton I

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.139 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer as questões 182, 186, 188, 190, 193, 201, 213, 218 e 219

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.142 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer as questões 181, 183, 185, 187, 189, 191, 195, 196, 197, 198, 199, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 214, 215, 216, 217, 220, 221, 222, 223, 224 e 225

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.145 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer a Leitura – P.149
Analisar o Desafio – P.147
Fazer as questões 184, 192, 194, 200 e 202



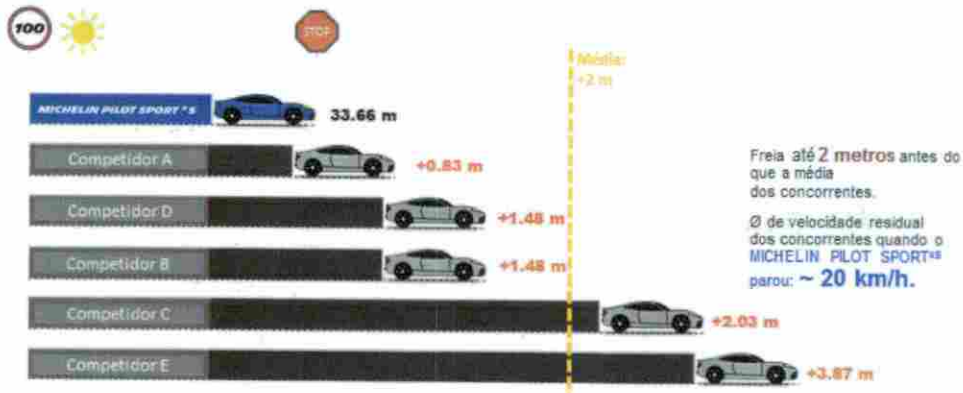
A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



▪ **Parte 1**

1ª Lei de Newton

**Dinâmica** é a parte da mecânica que estuda as **causas** que produzem e modificam os movimentos dos corpos.



## Força resultante ( $\vec{F}_R$ )

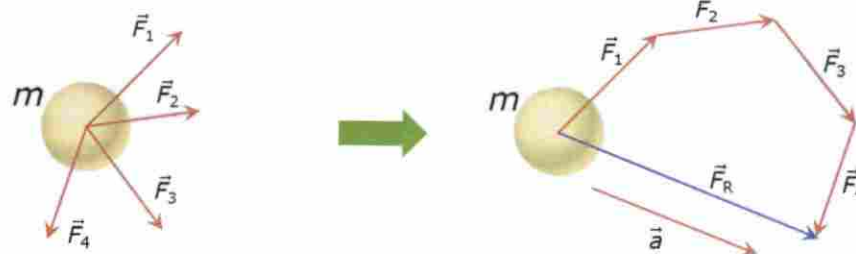
Do ponto de vista da dinâmica, força é a causa que produz a aceleração de um corpo, isto é, a **força produz variação de velocidade em um corpo**.

Deste modo a força é a causa que tem como efeito dinâmico a aceleração.

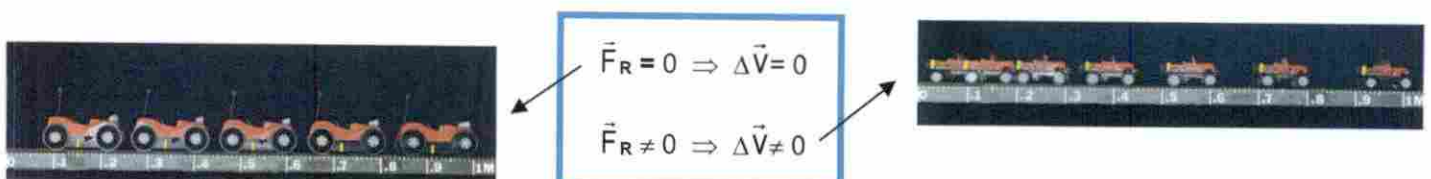
Do mesmo modo que a aceleração, a **força** é também uma **grandeza vetorial**.

Se em um ponto material atua um sistema de forças  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n$ , a soma vetorial  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n$  denomina-se resultante do sistema de forças. Indicando a resultante por  $\vec{F}_R$ , temos :

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \Sigma \vec{F}_n$$



A obtenção de  $\vec{F}_R$  obedece ao estudo da soma vetorial já estudada.





## 1ª Lei de Newton : Princípio da Inércia

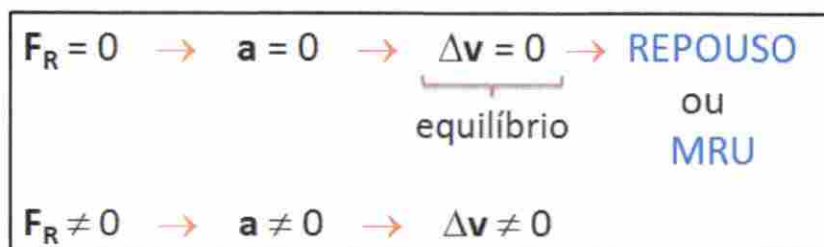


### INÉRCIA

Tendência natural que um corpo apresenta de resistir à variações em sua velocidade. Pode ser medida pela massa do corpo.



“ Um corpo por si próprio ( $\vec{F}_R = 0$ ) encontra-se em repouso ou em MRU. Para abandonar qualquer um desses estados deve atuar sobre o corpo uma força resultante externa ( $\vec{F}_R \neq 0$ ). ”



### EXEMPLOS :

**Inércia de movimento** - O exemplo mais simples, do ponto de vista da observação da inércia dos corpos, é aquele dos passageiros num veículo. Quando o veículo é freado, os passageiros tendem a manter-se no seu estado de movimento. Por isso, as pessoas "vão para a frente" do ônibus quando este é freado. Na realidade, a mudança do estado de movimento é apenas do ônibus. Os passageiros simplesmente tendem a manter-se como estavam. Da inércia resultam os ferimentos em acidentes no tráfego.



**Inércia de movimento** - O princípio da inércia explica por que as pessoas se ferem em acidentes automobilísticos. Conquanto os carros tenham suas velocidades reduzidas pela colisão, a tendência das pessoas é manterem-se em movimento. Daí resulta os corpos serem jogados contra o pára-brisas ou outras partes do carro. O uso do cinto de segurança tenta minimizar o efeito, fixando as pessoas ao veículo.

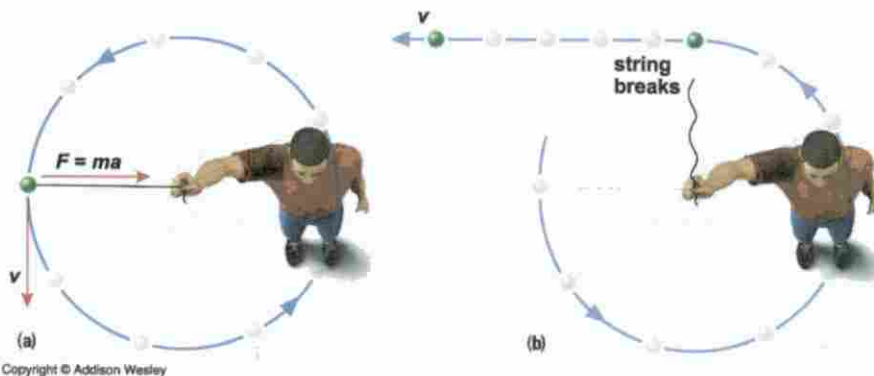




Movimento de um corpo livre da ação de uma força resultante → MRU



Inércia de rotação



**Airbag e cinto de segurança** - O **airbag** é um dispositivo de segurança de alguns veículos automotivos, também conhecido por bolsa ou almofada de ar. Seu princípio de funcionamento é basicamente simples: no momento em que o veículo sofre um forte impacto, sensores distribuídos em partes específicas do mesmo são acionados, emitindo um sinal elétrico ao sensor mais próximo da região do impacto, inflando o airbag apropriado.



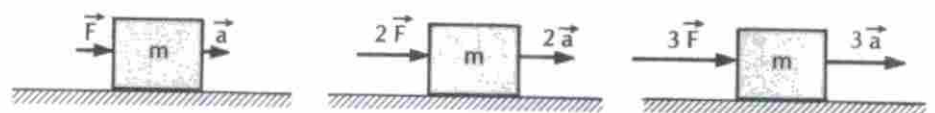
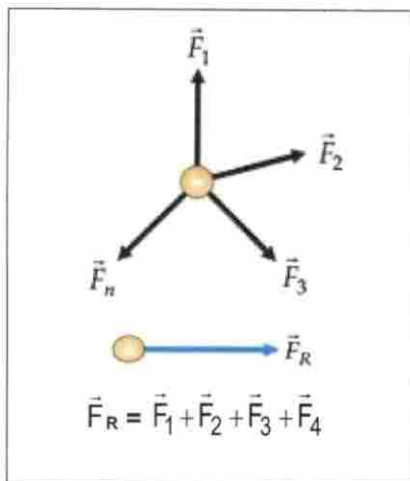
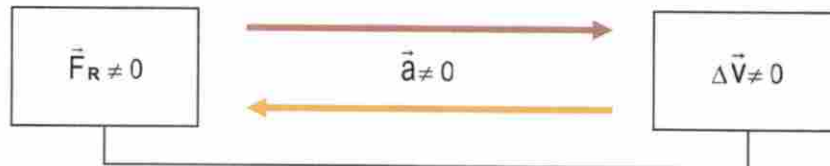
“Os airbags – bolsas infláveis que protegem os ocupantes de veículos em caso de colisão – complementam a proteção dada pelos cintos de segurança. As bolsas são feitas de um polímero com alta resistência ao impacto, como, por exemplo, Nylon. Um sensor de colisão liga um filamento que está em contato com uma pastilha de azida de sódio, situada dentro do airbag, disparando uma reação em que se forma grande quantidade de nitrogênio. A velocidade de formação do gás alcança 300 km/h, o que faz com que a bolsa seja inflada em fração de segundo”.



▪ Parte 2

2ª Lei de Newton

2ª Lei de Newton : Princípio fundamental da dinâmica



$$\frac{F_{R1}}{a_1} = \frac{F_{R2}}{a_2} = \frac{F_{R3}}{a_3} = \dots = \frac{F_{Rn}}{a_n} = \text{constante} = m$$

$$F_R \propto a$$

Uma força resultante  $\vec{F}_R$  aplicada em um ponto material produz uma aceleração  $\vec{a}$  com :

- i) mesma direção e mesmo sentido de  $\vec{F}_R$ .
- ii) módulo diretamente proporcional à intensidade da força resultante.

$\vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m}$

ou

$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$

e em módulo



$F_R = m \cdot a$

Unidade :  $1N = 1kg \cdot \frac{m}{s^2}$

**UNIDADES DE MASSA E FORÇA** : A massa de um corpo é medida através de uma balança, que a compara com a massa padrão. A massa padrão é adotada como sendo igual a 1 kg. A unidade de massa no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o **quilograma** (definido tomando o valor numérico fixo do da constante de Planck (h) será  $6,626070040 \times 10^{-34}$  quando expresso na unidade J.s, que é igual a  $kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$ ). O aparelho constituído por uma mola helicoidal e um ponteiro que se desloca ao longo de uma escala graduada denomina-se **dinamômetro** ou **balança de mola** e destina-se a medir as imensidades das forças.





<p><b>Balança mede massa.</b></p> 	<p><b>Dinamômetro mede força.</b></p> 
---	--

A **unidade de massa** no S. I. é o **quilograma** ( kg ).

$$1\text{g} = \frac{1}{1000}\text{kg} = 10^{-3}\text{kg} \quad \mathbf{1\text{ kg} = 10^3\text{ g}} \quad 1\text{ t} = 10^3\text{ kg}$$

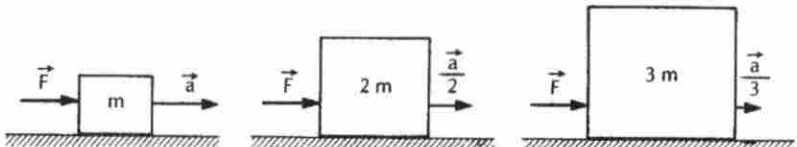
A **unidade de força** no S.I. é o **Newton** ( N ).

$$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \mathbf{1\text{ kgf} \cong 9,8\text{ N}} \quad 1\text{ N} = 10^5\text{ din [CGS]}$$

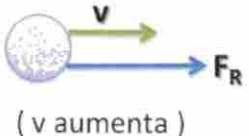
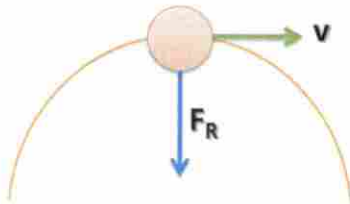
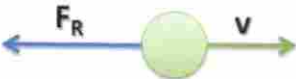
**Obs. 1 :** Se sobre um corpo de *massa constante* atuar uma *força resultante constante*, então a *aceleração produzida também será constante*, isto é, o corpo descreve uma *MRUV*.

$$\vec{F}_R = \text{constante} \Rightarrow \vec{a} = \text{constante (MRUV)}$$

**Obs. 2:** Se fizermos variar a massa de uma corpo que sofre a ação de uma força resultante constante, então a aceleração produzida será inversamente proporcional a massa.

$\vec{F}_R = \text{constante} \quad a \propto \frac{1}{m}$	
--	--

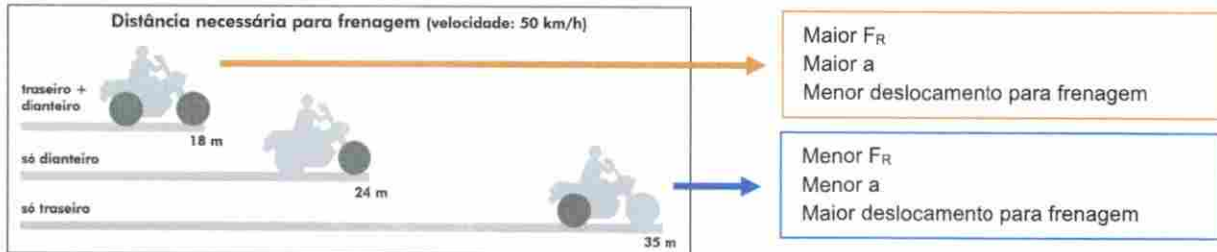
**Obs. 3 :**  $\vec{F}_R \neq 0 \rightarrow \vec{a} \neq 0$

 <p>( v aumenta )</p>	
 <p>( v reduz )</p>	<p><math>\vec{F}_R \perp \vec{v}</math> : varia a direção da velocidade</p>





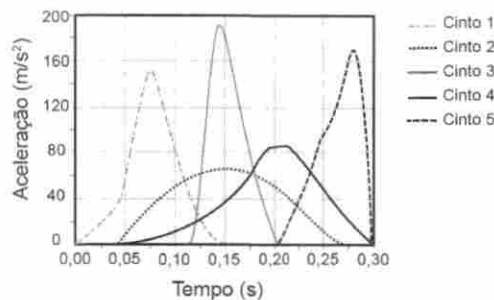
**Obs. 4 :** Quando a resultante das forças que atua sobre um corpo aumenta, podemos afirmar que a aceleração sobre o mesmo também aumenta, isto é, a variação da velocidade (aumento, redução ou variação na direção) na unidade de tempo, é cada vez maior.



## MODELAGEM

### ENEM 2017 1ª

Em uma colisão frontal entre dois automóveis, a força que o cinto de segurança exerce sobre o tórax e o abdômen do motorista pode causar lesões graves nos órgãos internos. Pensando na segurança do seu produto, um fabricante de automóveis realizou testes em cinco modelos diferentes de cinto. Os testes simularam uma colisão de 0,30 segundo de duração, e os bonecos que representavam os ocupantes foram equipados com acelerômetros. Esse equipamento registra o módulo da desaceleração do boneco em função do tempo. Os parâmetros como massa dos bonecos, dimensões dos cintos e velocidade imediatamente antes e após o impacto foram os mesmos para todos os testes. O resultado final obtido está no gráfico de aceleração por tempo.



Qual modelo de cinto oferece menor risco de lesão interna ao motorista?

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

A ideia do cinto de segurança é interpretada normalmente apenas como sendo impedir que um ocupante “bata” em um componente do veículo ou seja lançado para fora do mesmo. Sob análise da 2ª Lei de Newton, quando ocorre a colisão uma força atua sobre o ocupante levando-o da sua velocidade ao repouso. Essa força resultante é dada por:

$$F_R = m \cdot a$$

Como a massa do ocupante ou de algum órgão de seu corpo é a mesma independente de como ocorra o evento, concluímos que se a aceleração média atuante durante a colisão for menor, a força resultante também será. No caso da questão, a menor aceleração média ocorre no uso do cinto 2.

**Resposta B**



## MODELAGEM

**UFRGS 2018**

O cabo-de-guerra é uma atividade esportiva na qual duas equipes, A e B, puxam uma corda pelas extremidades opostas, conforme representa a figura abaixo.



Figura adaptada de Thaddeus56 (SVG conversion) & Parutakupiu (original image) - Obra do próprio, domínio público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3325188>. Acesso em: 18 set. 2017.

Considere que a corda é puxada pela equipe A com uma força horizontal de módulo 780 N e pela equipe B com uma força horizontal 720 N. Em dado instante, a corda arrebenta.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem. A força resultante sobre a corda, no instante imediatamente anterior ao rompimento, tem módulo 60 N e aponta para a ..... Os módulos das acelerações das equipe A e B, no instante imediatamente posterior ao rompimento da corda, são, respectivamente, ....., supondo que cada equipe tem massa de 300 kg.

- A) esquerda    2,5 m/s<sup>2</sup>            2,5 m/s<sup>2</sup>
- B) esquerda    2,6 m/s<sup>2</sup>            2,4 m/s<sup>2</sup>
- C) esquerda    2,4 m/s<sup>2</sup>            2,6 m/s<sup>2</sup>
- D) direita       2,6 m/s<sup>2</sup>            2,4 m/s<sup>2</sup>
- E) direita       2,4 m/s<sup>2</sup>            2,6 m/s<sup>2</sup>

O sentido da aceleração é o mesmo da força resultante, definido pela força de maior módulo. Nesse caso, para a esquerda.

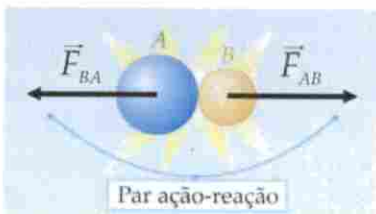
Equipe A	Equipe B
$F_R = m \cdot a$	$F_R = m \cdot a$
$780 = 300 \cdot a$	$720 = 300 \cdot a$
$a = 2,6 \text{ m/s}^2$	$a = 2,4 \text{ m/s}^2$

**Resposta B**

### ▪ Parte 3

### 3ª Lei de Newton

#### 3ª Lei de Newton : Princípio da “Ação e Reação”



“Sempre que um corpo sofre ação de uma força  $\vec{F}_{BA}$ , esse reage à força sofrida exercendo no agente da força que sobre ele atua, uma força de reação  $\vec{F}_{AB}$ , de mesmo módulo e direção da força  $\vec{F}_{BA}$  e de sentido oposto”.

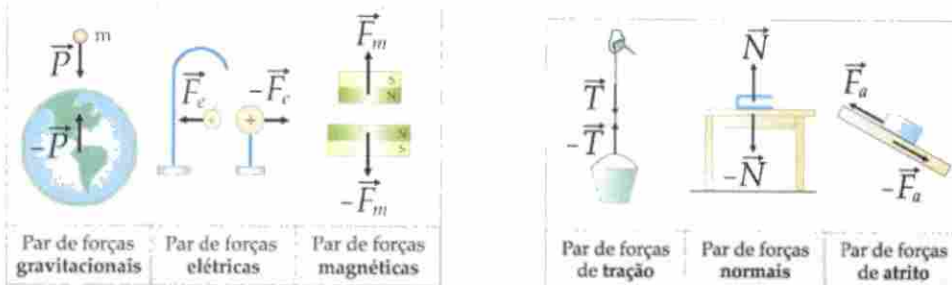




$\vec{F}_{BA}$  e  $\vec{F}_{AB}$  : PAR AÇÃO e REAÇÃO  $\Rightarrow$  **Mesmo módulo** ( $F_{BA} = F_{AB}$ )  
**Mesma direção** ( $\vec{F}_{BA} // \vec{F}_{AB}$ )  
**Sentidos opostos**  
 $(\vec{F}_{BA} \neq \vec{F}_{AB})$

**OBSERVAÇÕES :**

I) Forças podem ser de **campo** ou de **contato**.


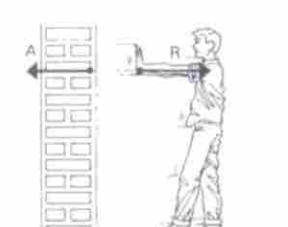
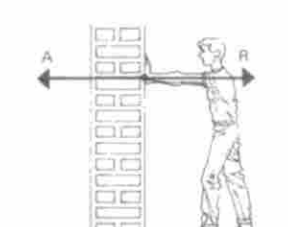



II) Forças aparecem sempre aos pares, pois a toda ação corresponde **uma** reação.

III) Um par ação e reação nunca se anula, pois são força aplicadas em corpos diferentes.

IV) As forças de campo sempre obedecem à 3ª Lei de Newton, isto é, constituem um *par ação e reação*.

**ANÁLISE DOS EFEITOS DA AÇÃO E DA REAÇÃO :**

<p><b>a) Efeito observável da ação:</b> O jogador exerce uma ação sobre a bola. A bola exerce uma reação sobre o pé. A bola, sob o efeito da ação, entra em movimento, enquanto que o pé, sob efeito da reação, não se desloca. Aparece apenas o efeito da ação.</p> 	<p><b>b) Efeito observável da reação :</b> Um patinador, com um par de patins nos pés, empurra uma parede com violência. Realizando esta ação ele sofre uma reação em sentido oposto. Esta reação fará com que o patinador seja lançado no sentido oposto ao da parede. Aparece apenas o efeito da reação.</p> 	<p><b>c) Efeito não-observável, tanto da ação como da reação :</b> Suponhamos que você se aproxime de uma parede e exerça sobre ela uma ação. A parede responderá pela força de reação. A resistência da parede e a força de atrito entre seus sapatos e o chão impedirão que se observe tanto o efeito da ação quanto o da reação.</p> 	<p><b>d) Efeito observável tanto da ação como da reação :</b> Dois patinadores estão com as mãos encostadas. Num certo instante, o patinador A empurra o patinador B. A ação do patinador A fará com que o patinador B acelere para a direita, enquanto a reação do patinador B fará com que o A acelere para a esquerda. Neste caso, observamos tanto o efeito da ação como o da reação.</p> 
--	--	--	---

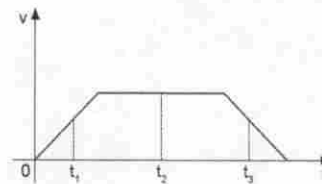


## DESAFIO

### PUCRS 18/1

A migração pendular é um fenômeno urbano no qual diariamente milhões de pessoas residentes em pequenas cidades se deslocam para grandes centros urbanos para trabalhar e/ou estudar, retornando ao final do dia para suas residências. Nas cidades próximas de Porto Alegre, um meio de transporte muito utilizado é o Trensurb, que em 2016 teve uma média de 186.343 usuários por dia útil. Uma criança embarca em um dos vagões do Trensurb segurando um balão que contém, em seu interior, gás hélio. Enquanto o trem está parado, o balão encontra-se na posição vertical. O gráfico a seguir representa a velocidade medida para o vagão do Trensurb em que a criança embarcou em função do tempo necessário para ele se movimentar entre duas estações consecutivas.

Considere que as janelas dos vagões estejam fechadas e que, nesse intervalo de tempo, a criança permaneça em repouso em relação ao vagão.



As respectivas posições do balão nos instantes  $t_1$ ,  $t_2$  e  $t_3$  encontram-se na alternativa



A questão da PUCRS trabalha uma situação bastante específica envolvendo o princípio da inércia: aquela em que o fluido que envolve o corpo é mais denso do que o mesmo.

Esse fato enganou muitos candidatos acostumados com seu cotidiano, onde o ar envolve muitos corpos mais densos do que o mesmo, inclusive seu próprio corpo. Nesse caso, quando ocorre uma aceleração, a tendência, por inércia, do nosso corpo é "ir para trás e quando ocorre uma frenagem "ir para frente". Esse raciocínio levaria a pessoa a escolher a alternativa A. No caso da questão, ocorre de maneira diferente. O balão é menos denso que o ar, pois contém em seu interior gás Hélio (outra maneira de ver isso é o fato de que ele está tracionando o fio para cima). Quando o fluido que envolve o corpo é mais denso do que o corpo ocorre a situação oposta a proposta inicialmente. O fluido mais denso possui maior inércia do que o balão, tendendo, portanto, mais intensamente a manter sua situação de repouso quando o carro acelera, "ficando para trás". Nesse momento ele empurra o balão para a frente. Você pode realizar uma experiência caseira: Pegue um pote transparente quase cheio de água. Tampe-o bem. Coloque na horizontal e faça um movimento lateral simulando a aceleração do carro. Observe as bolhas na parte superior do líquido e veja que elas também vão para frente na arrancada.



Na verdade, o líquido tende a ir para trás e com isso empurra o ar, que é menos denso que a água, e esse vai para frente dando lugar para o líquido. Ou seja, é essa força das moléculas do líquido que supera a inércia e empurra o ar para frente, assim como na questão. **Resposta: A**



## ANOTAÇÕES

A large rectangular area for notes, consisting of approximately 25 horizontal rows. Each row is defined by a solid top line and a dashed bottom line, providing a guide for handwriting.



## LEITURA

## As Forças da Natureza.

Há quatro forças fundamentais atuando no interior dos átomos, forças estas que determinam as interações entre as partículas individuais e o comportamento, em larga escala, de toda a matéria no universo. Estas são a **força nuclear forte** e a **força nuclear fraca**, a **força eletromagnética** e a **força de gravidade**. A Gravidade é uma força de atração que atua entre todas as partículas no universo, sendo de natureza sempre atrativa, nunca repulsiva. Esta força, que agrega a matéria, é responsável pelo peso dos corpos, por manter a Lua em sua órbita em volta da Terra, pelo confinamento dos planetas em suas órbitas ao redor do Sol, e por agregar as galáxias, entre muitos outros fenômenos da natureza. A força eletromagnética determina como ocorrem as interações entre partículas eletricamente carregadas e com campos magnéticos. Esta força pode ser atrativa ou repulsiva. Cargas elétricas com o mesmo sinal repelem-se; com sinais diferentes, atraem-se. A força eletromagnética é responsável por manter os elétrons em orbitais atômicas, sendo portanto a força responsável pela existência dos átomos. A força eletromagnética também controla o comportamento de plasmas (um plasma é, por exemplo, uma mistura de quantidades iguais de íons positivos e elétrons) como em proeminências solares, laços coronais, e outros tipos de atividade solar. A força eletromagnética também governa a emissão e a absorção de luz e outras formas de radiação eletromagnética. Luz é emitida quando uma partícula com carga elétrica é acelerada (por exemplo, quando um elétron passa na proximidade de um íon ou interage com um campo magnético) ou quando um elétron atômico sofre transição de um nível mais alto de energia para outro de menor energia. Já a interação forte, também chamada de força forte, corresponde a dois níveis de interação. No primeiro nível, a força forte corresponde à interação entre os núcleons por meio da troca de mésons, confinando prótons e nêutrons em núcleos atômicos. No segundo nível, a força forte corresponde à interação entre quarks, --- partículas massivas com valores semi-inteiros de spin e de carga elétrica ---, por meio da troca de glúons, partículas não massivas, sem carga elétrica mas que carregam a chamada carga de cor. A interação forte entre os quarks é descrita pela cromodinâmica quântica. A interação forte é a fonte básica das vastas quantidades de energia que são libertadas pelas reações nucleares que alimentam as estrelas. A força nuclear fraca causa o decaimento radioativo de certos núcleos atômicos. Em particular, esta força governa o processo de emissão (decaimento) beta no qual um nêutron divide-se espontaneamente em um próton, um elétron e um anti-nêutrino. Se um nêutron no interior de um núcleo atômico decair deste modo, o núcleo emite um elétron (partícula beta) e o nêutron transforma-se em um próton. Isto aumenta em uma unidade o número de prótons desse núcleo, mudando assim o seu número atômico e transformando-o no núcleo de um elemento químico diferente. A força nuclear fraca é responsável por sintetizar elementos químicos no interior de estrelas e em explosões de supernovas, através de processos que envolvem a captura e o decaimento de nêutrons. Um nêutron é estável (não é radioativo), e tem vida longa, quando confinado dentro do núcleo atômico. Uma vez removido do núcleo atômico, um nêutron livre sofrerá decaimento beta, tipicamente em cerca de  $886,7 \pm 1,9$  s. O processo de decaimento beta inverso ocorre nos interiores de estrelas em colapso de supernova, quando prótons e elétrons se fundem para criarem as vastas quantidades de nêutrons que abundam, como produto final do colapso de supernova, uma estrela de nêutrons. As interações nucleares fraca e forte, somente são efetivas para distâncias extremamente curtas. O alcance da força forte é de cerca de 10-15 metros e o da força fraca é de 10-17 metros. Em contraste, as interações eletromagnética e gravitacional são forças de longo alcance, sendo a sua intensidade inversamente proporcional ao quadrado da distância. Em princípio, a força gravitacional entre duas massas, ou a força eletromagnética entre duas partículas carregadas eletricamente, não se reduz completamente a zero até que a separação entre as massas ou as partículas se torne infinita. A gravitação é a mais fraca das forças em termos de intensidade. As intensidades relativas dessas interações são dadas por: Nuclear Forte  $\sim 1$ ; Eletromagnética  $\sim 10^{-2}$ ; Nuclear Fraca  $\sim 10^{-14}$ ; Gravitacional  $\sim 10^{-37}$ . No entanto, devido ao curto alcance da força nuclear e à tendência da matéria, em escalas macroscópicas, ser eletricamente neutra, é a gravitação a força que governa o movimento de corpos celestes como planetas, estrelas e galáxias. Maiores detalhes das principais características das partículas elementares e das quatro interações da natureza serão examinadas mais adiante neste curso.



## QUESTÕES PÓS-AULA

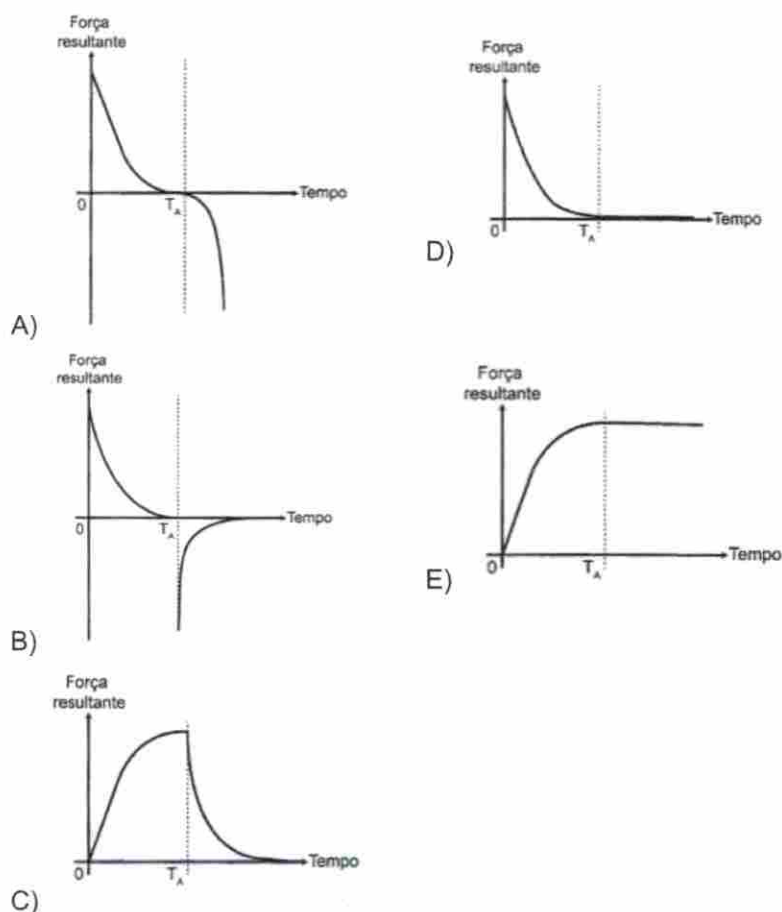
As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**181. ENEM.** Em um dia sem vento, ao saltar de um avião, um paraquedista cai verticalmente até atingir a velocidade limite. No instante em que o paraquedas é aberto (instante  $T_A$ ), ocorre a diminuição de sua velocidade de queda. Algum tempo após a abertura do paraquedas, ele passa a ter velocidade de queda constante, que possibilita sua aterrissagem em segurança. Que gráfico representa a força resultante sobre o paraquedista, durante o seu movimento de queda?





**182. UPF.** Galileu Galilei, na última parte de seu livro Discursos e demonstrações concernentes a duas novas ciências, publicado em 1638, trata do movimento do projétil da seguinte maneira: "Suponhamos um corpo qualquer, lançado ao longo de um plano horizontal, sem atrito; sabemos que esse corpo se moverá indefinidamente ao longo desse plano, com um movimento uniforme e perpétuo [...]" O mencionado por Galileu refere-se:



- A) à lei da gravitação universal.
- B) ao princípio da inércia ou primeira lei de Newton.
- C) ao princípio fundamental da dinâmica ou segunda lei de Newton.
- D) ao princípio da ação e reação ou terceira lei de Newton.
- E) ao princípio de Arquimedes.

**183. UPF.** Considerando as afirmativas referentes às leis de Newton:

I. O sistema de propulsão a jato funciona baseado no princípio da ação e reação.

II. Fisicamente, a função do cinto de segurança, que previne lesões mais graves em motoristas e passageiros no caso de acidentes, está relacionada com a primeira lei.

III. Se a resultante das forças que atuam numa partícula é nula, podemos afirmar que a partícula está necessariamente em repouso.

IV. No caso de um corpo em queda livre, dizemos que ele está sujeito apenas à força de atração da Terra e à força de reação, de modo que a resultante forneça aceleração  $g$ .

Está correto apenas o que se afirma em:

- A) I
- B) I e II
- C) I, II e III
- D) II, III e IV
- E) II e IV



**184. UCPEL.** Considere as Leis de Newton e assinale a opção correta relativa a um objeto que está apoiado em um plano horizontal sem qualquer tipo de atrito.

- A) Uma força surge no objeto devido a mudanças em sua aceleração. Quando dois objetos de mesma massa possuem a mesma aceleração, eles estão, conseqüentemente, sujeitos à ação de forças de mesma intensidade. A trajetória de um objeto acelerado pode ser tanto curvilínea, quanto retilínea.
- B) Uma aceleração surge nesse objeto, quando ele está submetido à ação de uma força. Conseqüentemente, a velocidade do objeto também varia e sua trajetória pode ser tanto curvilínea, quanto retilínea.







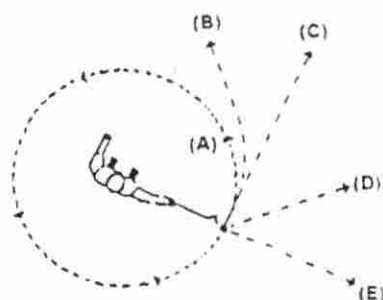
- C) O objeto pode estar acelerado sem que haja uma força atuando sobre ele, desde que ele se encontre em movimento. Entretanto, quando há uma força atuando sobre um corpo, a aceleração será inversamente proporcional a essa força.
- D) Uma aceleração no objeto faz com que surja nele uma força que é diretamente proporcional à sua massa. Quanto maior a massa, maior a aceleração. A velocidade do objeto pode ou não alterar-se devido à aplicação dessa aceleração.
- E) De acordo com lei da ação e reação, o objeto pode ser acelerado sem que haja uma força atuando sobre ele. A aceleração pode ser causada pela variação de velocidade que será, então, responsável pela força que surge no objeto.

**185. UCPEL.** Conta a lenda que Sir Isaac Newton, um dos físicos mais conhecidos da história, teve sua ideia sobre o comportamento de corpos em um campo gravitacional, quando estava cochilando embaixo de uma macieira e foi atingido, na cabeça, por uma maçã. Assinale a opção correta em relação à segunda Lei de Newton  $F = m \cdot a$ .



- A) Quanto maior for a massa de um objeto, menor a força necessária para acelerá-lo, já que a aceleração é inversamente proporcional à massa.
- B) Um objeto é primeiramente acelerado e, então, surge nele uma força que é proporcional à sua massa.
- C) Pode-se medir a massa de um objeto, conhecendo-se apenas a aceleração com a qual ele se desloca.
- D) Um objeto, quando nele existe uma força resultante nula, pode ter uma aceleração constante.
- E) Um objeto, quando recebe um puxão ou um empurrão, desenvolve uma aceleração que é inversamente proporcional à sua massa.

**186. UFRGS.** Uma bola de madeira, presa por um cordão, é feita girar, descrevendo uma trajetória circular em um plano horizontal. A figura representa essa situação, vista de cima, exatamente no instante em que o cordão se rompe.



Observando-se o evento de cima, a trajetória que a bola segue, após a ruptura do cordão, é aquela assinalada pela letra



- A) A
- B) B
- C) C
- D) D
- E) E

**187. UFRGS.** Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas das afirmações abaixo.

I - Quando a resultante das forças que atuam sobre um corpo X é igual a resultante das que atuam sobre um corpo Y, sendo a massa de X menor que a de Y, o módulo da aceleração de X é ..... que o de Y.

II - Quando a resultante das forças que atuam sobre um corpo é nula, ele ..... estar em movimento.

- A) menor - pode.
- B) menor - não pode.
- C) o mesmo - não pode.
- D) maior - pode.
- E) maior - não pode.



**188. UFRGS.** Considere as seguintes situações ocorrendo com uma borracha nesta sala:

- I - Deitada no chão
- II - Oscilando para um barbante
- III - Caindo

Em que situação há uma força resultante atuando na borracha?

- A) apenas em I
- B) apenas em III
- C) apenas em I e II
- D) apenas em II e III
- E) em I, II e III



**189. UFRGS.** Duas partículas de massas diferentes,  $m_1$  e  $m_2$ , estão sujeitas a uma mesma força resultante. Qual é a relação entre as respectivas acelerações,  $a_1$  e  $a_2$ , dessas partículas ?

- A)  $a_1 = a_2$
- B)  $a_1 = (m_1 + m_2) a_2$
- C)  $a_1 = (m_2 / m_1) a_2$
- D)  $a_1 = (m_1 / m_2) a_2$
- E)  $a_1 = (m_1 \cdot m_2) a_2$





**190. UFRGS.** À medida que cresce a velocidade de um objeto que cai em linha reta em direção ao solo, cresce também a força de atrito com o ar, até que, em determinado instante, torna-se nula a força resultante sobre esse objeto. A partir desse instante, o objeto

- A) interrompe sua queda em direção ao solo.
- B) inverte o sentido da sua velocidade.
- C) continua caindo com velocidade crescente.
- D) continua caindo, mas a velocidade é decrescente.
- E) continua caindo, mas a velocidade é constante.



**191. UFRGS.** Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que elas aparecem.

Na sua queda em direção ao solo, uma gota de chuva sofre o efeito da resistência do ar. Essa força de atrito é contrária ao movimento e aumenta com velocidade da gota. No trecho inicial da queda, quando a velocidade da gota é pequena e a resistência do ar também, a gota está animada de um movimento..... . Em um instante posterior, a resultante das forças exercidas sobre a gota torna-se nula. Esse equilíbrio de forças ocorre quando a velocidade da gota atinge o valor que torna a força de resistência do ar igual, em módulo, ..... da gota. A partir desse instante, a gota..... .

- A) acelerado – ao peso – cai com velocidade constante
- B) uniforme – à aceleração – cai com velocidade decrescente
- C) acelerado – ao peso – pára de cair
- D) uniforme – à aceleração – pára de cair
- E) uniforme – ao peso – cai com velocidade decrescente



**192.** Para exemplificar pares de forças, segundo o princípio da ação-reação, são apresentadas as seguintes situações:

1. Ação: a Terra atrai os corpos.  
Reação: os corpos atraem a Terra.
2. Ação: o pé do atleta chuta a bola.  
Reação: a bola adquire velocidade.
3. Ação: o núcleo atômico atrai os elétrons.  
Reação: os elétrons movem-se em torno do núcleo.

O par de forças ação-reação está corretamente identificado

- A) somente na situação 1.
- B) somente na situação 2.
- C) somente na situação 3.
- D) nas situações 2 e 3.
- E) nas situações 1 e 2.





**193. UFRGS.** A inércia de uma partícula de massa  $m$  se caracteriza :

I - pela incapacidade de essa partícula, por si mesma, modificar seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme.

II - pela incapacidade de essa partícula permanecer em repouso quando uma força resultante é exercida sobre ela.

III - pela capacidade de essa partícula exercer forças sobre outras partículas.

Das afirmações acima, quais estão corretas?

- A) Apenas II
- B) Apenas III
- C) Apenas I e II
- D) Apenas I e III
- E) I, II e III



**194. UFRGS.** A massa de uma partícula X é dez vezes maior do que a massa de uma partícula Y. Se as partículas colidirem frontalmente uma com a outra, pode-se afirmar que, durante a colisão, a intensidade da força exercida por X sobre Y, comparada à intensidade da força exercida por Y sobre X, será

- A) 100 vezes menor
- B) 10 vezes menor
- C) igual
- D) 10 vezes maior
- E) 100 vezes maior



**195. UFRGS.** Durante o intervalo de tempo em que uma única força age sobre um corpo, esse corpo necessariamente

- A) tem o módulo de sua velocidade aumentado.
- B) adquire um movimento retilíneo uniformemente retardado.
- C) adquire um movimento com velocidade constante.
- D) varia de velocidade.
- E) adquire um movimento uniformemente acelerado.



**196. UFRGS.** Considere as seguintes afirmações

I - Se um corpo está em movimento necessariamente a resultante das forças exercidas sobre ele tem a mesma direção e o mesmo sentido da velocidade.

II - Em determinado instante a aceleração de um corpo pode ser zero, embora seja diferente de zero a resultante das forças exercidas sobre ele.





III - Em determinado instante a velocidade de um corpo pode ser zero, embora seja diferente de zero a resultante das forças exercidas sobre ele.

Quais estão corretas?

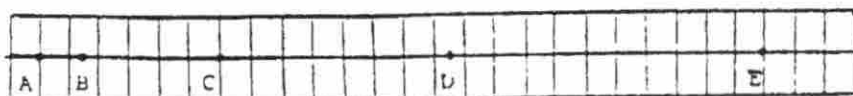
- A) Apenas I
- B) Apenas II
- C) Apenas III
- D) Apenas II e III
- E) I, II e III

**197. PUCRS.** A força resultante que atua sobre um corpo é responsável pela variação da velocidade do mesmo. É, portanto, correto afirmar que a velocidade

- A) diminui sempre que a força resultante diminui.
- B) tem sempre o mesmo sentido da força resultante.
- C) aumenta uniformemente quando a força resultante também aumenta uniformemente.
- D) varia uniformemente quando a força resultante é constante.
- E) é constante quando a força resultante é constante.



**198. PUCRS.** Um móvel de 4,0 kg de massa, inicialmente em repouso, parte do referencial A da figura, no instante  $t_i = 0$ , ocupando, sucessivamente, as posições B, C, D e E de segundo em segundo. Cada divisão do papel milimetrado corresponde a 1,0 m.



A força resultante que acelera o móvel, em N,

- A) 9,0
- B) 12,0
- C) 15,0
- D) 18,0
- E) 21,0

**199. UFRGS.** Quais das informações abaixo estão corretas, segundo a mecânica newtoniana?

I - O sentido da força resultante que atua sobre um corpo pode ser contrário ao sentido de sua velocidade.

II - Um corpo com velocidade instantânea nula não pode estar sujeito a uma força resultante.

III - Para manter um corpo com velocidade constante, é preciso aplicar-lhe uma força resultante.





- A) apenas I
- B) apenas II
- C) apenas III
- D) apenas I e III
- E) apenas II e III

**200. UFRGS.** Considere as seguintes afirmações.

I - Para manter um corpo em movimento retilíneo uniforme, é necessário que uma força resultante permaneça atuando nele no sentido do movimento.

II - As forças de ação e reação referidas na terceira lei de Newton são iguais em intensidade, têm a mesma direção e sentidos opostos.

III - Em um movimento retilíneo uniforme o módulo da velocidade do corpo é diretamente proporcional à intensidade da força resultante que atua nele

Segundo a mecânica newtoniana, quais dessas afirmações estão corretas?

- A) apenas I
- B) apenas II
- C) apenas I e III
- D) apenas II e III
- E) I, II e III



**201. UFRGS.** Um foguete é disparado verticalmente a partir de uma base de lançamentos, onde seu peso é  $P$ . Inicialmente, sua velocidade cresce por efeito de uma aceleração constante. Segue-se, então, um estágio durante o qual o movimento se faz com velocidade constante relativamente a um observador inercial. Durante esse estágio, do ponto de vista desse observador, o módulo da força resultante sobre o foguete é

- A) zero.
- B) maior do que zero, mas menor do que  $P$ .
- C) igual a  $P$ .
- D) maior do que  $P$ , mas menor do que  $2P$ .
- E) igual a  $2P$ .



**202. UFRGS.** Um operário puxa, por uma das extremidades, uma corda grossa presa, pela outra extremidade, a um caixote depositado sobre uma mesa. Em suas mãos o operário sente uma força de reação que ele realiza. Essa força é exercida

- A) pela corda
- B) pela Terra
- C) pela mesa
- D) pelo chão
- E) pelo caixote



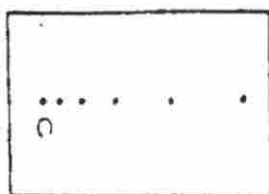


**203. UFRGS.** Um automóvel pode desenvolver uma aceleração máxima de  $2,7 \text{ m/s}^2$ . Qual seria sua aceleração máxima se ele estivesse rebocando outro carro cuja massa fosse o dobro da sua?

- A)  $2,5 \text{ m/s}^2$
- B)  $1,8 \text{ m/s}^2$
- C)  $1,5 \text{ m/s}^2$
- D)  $0,9 \text{ m/s}^2$
- E)  $0,5 \text{ m/s}^2$



**204. UFRGS.** Os pontos da figura indicam as posições de um móvel, de massa constante, obtidas em intervalos de tempo iguais. O móvel inicia seu movimento em O e se desloca para a direita, em linha reta.

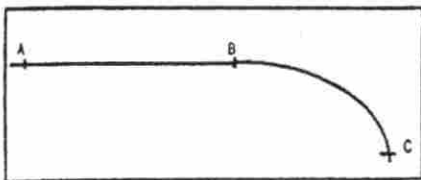


Nesse movimento,

- A) o módulo da velocidade do móvel permanece constante.
- B) o sentido da aceleração do móvel é contrário ao da velocidade.
- C) o módulo da aceleração do móvel é nulo.
- D) Uma força resultante da esquerda para a direita atua sobre o móvel.
- E) A energia cinética do móvel permanece constante.



**205.** A figura abaixo mostra a trajetória descrita por um carro. Durante o percurso, o motorista observa que o velocímetro do carro marca sempre  $40 \text{ km/h}$ , o que corresponde a  $11,1 \text{ m/s}$



Pode-se afirmar que

- A) no trecho AB a aceleração do carro é constante e não nula.
- B) no trecho BC a aceleração do carro é nula.
- C) no trecho AB a resultante das forças que atuam sobre o carro é diferente de zero.
- D) no trecho BC a resultante das forças que atuam sobre o carro é diferente de zero.
- E) durante todo o percurso a resultante das forças que atuam sobre o carro é nula.





**206. UFRGS.** Considere o movimento de um veículo, totalmente fechado, sobre uma estrada perfeitamente plana e horizontal. Nesse contexto, o solo constitui um sistema de referência inercial, e o campo gravitacional é considerado uniforme na região. Suponha que você se encontre sentado no interior desse veículo, sem poder observar nada que acontece do lado de fora. Analise as seguintes afirmações relativas à situação descrita.



I – Se o movimento desse veículo fosse retilíneo e uniforme, o resultado de qualquer experimento mecânico realizado no interior do veículo em movimento seria idêntico ao obtido no interior do veículo parado.

II – Se o movimento desse veículo fosse acelerado para frente, você perceberia seu tronco se inclinando involuntariamente para trás.

III – Se o movimento desse veículo fosse acelerado para a direita, você perceberia seu tronco se inclinando involuntariamente para a esquerda.

Quais estão corretas ?

- A) Apenas I.
- B) Apenas I e II.
- C) Apenas I e III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.

**207. UFRGS.** Para um observador inercial, um corpo que parte do repouso, sob ação exclusiva de uma força  $F$  constante, adquire a velocidade  $v$  de módulo  $5 \text{ m/s}$  após certo intervalo de tempo. Qual seria, para o mesmo observador, o módulo da velocidade adquirida pelo corpo, após o mesmo intervalo de tempo, supondo que ele já tivesse inicialmente a velocidade de  $v$  e que a força exercida sobre ele fosse  $4F$ ?



- A)  $1,50 \text{ m/s}$
- B)  $20 \text{ m/s}$
- C)  $25 \text{ m/s}$
- D)  $40 \text{ m/s}$
- E)  $90 \text{ m/s}$

**208. UPF.** Sobre as leis da Mecânica, é **correto** afirmar:

- A) Quando uma força horizontal de valor variável e diferente de zero atua sobre um corpo que desliza sobre uma superfície horizontal sem atrito, sua aceleração permanece constante.
- B) A força resultante é nula sobre um corpo que se movimenta, em linha reta, com velocidade constante.
- C) Todo corpo em queda livre, próximo da superfície terrestre, aumenta sua energia potencial.
- D) Quando um corpo de massa  $m$  exerce uma força  $F$  sobre um corpo de massa  $2m$ , o segundo corpo exerce sobre o primeiro uma força igual a  $2F$ , uma vez que sua massa é maior.
- E) Quando um corpo gira com velocidade angular constante, a força que atua sobre ele é nula.







**209. UFRGS.** Um corpo de massa 2kg se desloca ao longo de uma trajetória retilínea. Quando o módulo da velocidade desse corpo varia uniformemente de 30 m/s para 20 m/s em 5s, qual o módulo da força resultante que atua nele ?



- A) 1N
- B) 2N
- C) 4N
- D) 10N
- E) 20N

**210. UFRGS.** Um corpo de massa igual a 5Kg, inicialmente em repouso, sofre a ação de uma força resultante constante de 30N. Qual a velocidade do corpo depois de 5s?



- A) 5 m/s
- B) 6 m/s
- C) 25 m/s
- D) 30 m/s
- E) 150 m/s

**211. UFRGS.** Na figura abaixo, duas forças de intensidade  $F_A=20\text{ N}$  e  $F_B=50\text{ N}$  são aplicadas, respectivamente, a dois blocos A e B, da mesma massa  $m$ , que se encontram sobre uma superfície horizontal sem atrito. A força  $F_B$  forma um ângulo  $\theta$  com a horizontal, sendo  $\sin \theta=0,6$  e  $\cos \theta=0,8$ .



A razão  $a_B/a_A$  entre os módulos das acelerações  $a_B$  e  $a_A$ , adquiridas pelos respectivos blocos B e A, é igual a

- A) 0,25.
- B) 1.
- C) 2 .
- D) 2,5.
- E) 4.

**212. UFRGS.** Um corpo de massa 2Kg se desloca ao longo de uma reta com movimento uniformemente acelerado durante 5s. Os módulos das velocidades ( $v$ ) e dos tempos ( $t$ ) desse movimento estão representados na tabela



t (s)	0	1	2	3	4	5
v (m/s)	0	4	8	12	16	20



Qual o módulo da força resultante sobre o corpo?

- A) 8N
- B) 6N
- C) 4N
- D) 2N
- E) Nulo

**213.** Um corpo se desloca em linha reta com velocidade constante. Isso significa que :

- A) não pode haver forças aplicadas sobre esse corpo
- B) há uma força constante aplicada sobre ele
- C) a resultante das forças aplicadas sobre ele é nula
- D) não há atrito no sistema
- E) isso só é possível no vácuo



**214.** Na tabela seguinte, apresentamos as acelerações adquiridas por três corpos A, B e C quando sobre eles atuam as forças indicadas.

Corpo	Força (N)	a (m/s <sup>2</sup> )
A	20	1
B	10	2
C	4	0,8



Podemos concluir que

- A)  $m_A > m_B > m_C$
- B)  $m_A < m_B < m_C$
- C)  $m_A > m_B = m_C$
- D)  $m_A = m_B = m_C$
- E)  $m_A < m_C < m_B$

**215. UFRGS.** Considere as seguintes afirmações a respeito da aceleração de uma partícula, sua velocidade instantânea e a força resultante sobre ela.

- I - Qualquer que seja a trajetória da partícula, a aceleração tem sempre a mesma direção e sentido da força resultante.
- II - Em movimentos retilíneos acelerados, a velocidade instantânea tem sempre a mesma direção da força resultante, mas pode ou não ter o mesmo sentido dela.
- III - Em movimentos curvilíneos, a velocidade instantânea tem sempre a mesma direção e sentido da força resultante.

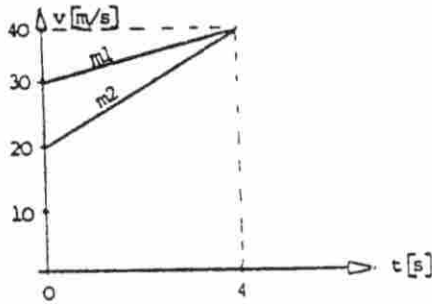
Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e II.
- E) Apenas II e III.





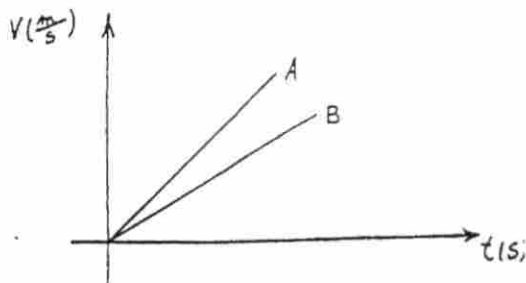
216. PUCRS. Sobre cada um dos corpos de massas  $m_1$  e  $m_2$  atua uma força constante  $F$  em cada uma delas, num plano horizontal sem atrito, durante um intervalo de tempo igual a 4 s, de modo que suas velocidades variam de acordo com o gráfico da velocidade ( $v$ ) em função do tempo ( $t$ ).



A razão entre as massas  $m_1$  e  $m_2$  vale respectivamente

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

217. PUCRS. O gráfico abaixo representa a velocidade em função do tempo, para dois corpos de massas  $m_A$  e  $m_B$ , inicialmente em repouso sobre uma superfície horizontal sem atrito, sobre os quais atua a mesma força resultante  $F$ .

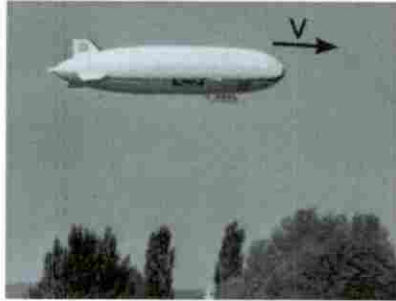


Sendo  $a_A$  e  $a_B$  as acelerações do corpo A e do corpo B, respectivamente, pode-se dizer que

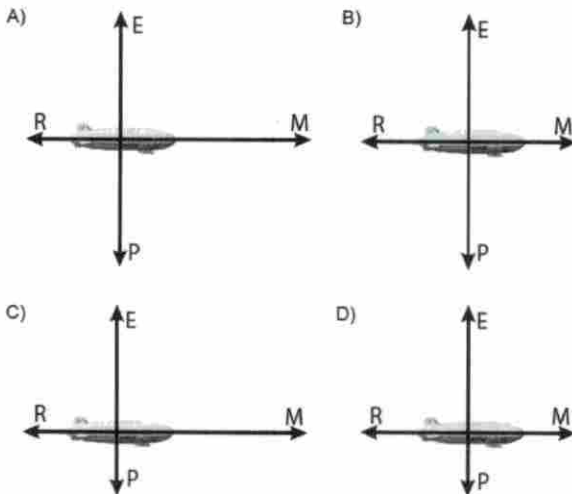
- A)  $m_A = m_B$ ;  $m_A a_A = m_B a_B$
- B)  $m_A > m_B$ ;  $m_A a_A = m_B a_B$
- C)  $m_A < m_B$ ;  $m_A a_A = m_B a_B$
- D)  $m_A > m_B$ ;  $m_A a_A > m_B a_B$
- E)  $m_A < m_B$ ;  $m_A a_A > m_B a_B$



218. Nesta figura, está representado um balão dirigível, que voa para a direita, em altitude constante e com velocidade  $v$ , também constante:

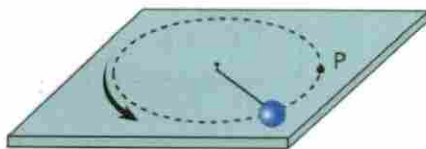


Sobre o balão, atuam as seguintes forças: o peso  $P$ , o empuxo  $E$ , a resistência do ar  $R$  e a força  $M$ , que é devida à propulsão dos motores. Assinale a alternativa que apresenta o diagrama de forças em que estão mais bem representadas as forças que atuam sobre esse balão.

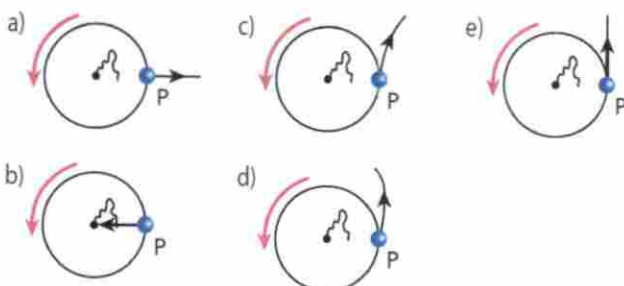


E) Nenhuma força atua sobre o balão.

219. Uma bolinha descreve uma trajetória circular sobre uma mesa horizontal sem atrito, presa a um prego por um cordão.



Quando a bolinha passa pelo ponto  $P$ , o cordão que a prende ao prego arrebenta. A trajetória que a bolinha então descreve sobre a mesa é:





220. Analise as proposições a seguir:

- I. O cinto de segurança, item de uso obrigatório no trânsito brasileiro, visa aplicar aos corpos do motorista e dos passageiros forças que contribuam para vencer sua inércia de movimento.  
 II. Um cachorro pode ser acelerado simplesmente puxando com a boca a guia presa à coleira atada em seu pescoço.  
 III. O movimento orbital da Lua ao redor da Terra ocorre por inércia.

Estão corretas:

- A) I, II e III;  
 B) Somente I e II;  
 C) Somente II e III;  
 D) Somente I e III;  
 E) Somente I.



221. Uma bala "perdida" atingiu a parede de uma residência, ficando alojada no seu interior. Para determinar a velocidade que a bala atingiu a parede, um perito determinou a profundidade do furo feito pela bala como sendo de 16,0 cm. Sabendo-se que a bala com massa de 10,0 g atingiu perpendicularmente a parede, penetrando-a na direção do movimento, e considerando-se a força de resistência da parede constante com módulo de  $5,0 \times 10^3$  N, a velocidade da bala, quando atingiu a parede, em m/s, era de:

- A) 300  
 B) 350  
 C) 400  
 D) 450  
 E) 500



222. UFRGS. Aplica-se uma força de 20 N a um corpo de massa  $m$ . O corpo desloca-se em linha reta com velocidade que aumenta 10 m/s a cada 2 s. Qual o valor, em kg, da massa  $m$ ?

- A) 5.  
 B) 4.  
 C) 3.  
 D) 2.  
 E) 1.



223. Um bloco de massa  $m = 10$  kg está inicialmente em repouso sobre uma superfície plana e sem atrito. Durante um intervalo de tempo  $t$ , é aplicada uma força constante no bloco. Sabendo que a velocidade máxima que o bloco atinge é de 2 m/s e que o bloco percorre uma distância de 1 m durante o intervalo de tempo em que a força esteve agindo sobre o bloco, podemos afirmar que a magnitude da força aplicada no bloco é igual a:





- A) 2 N.
- B) 5 N.
- C) 10 N.
- D) 20 N.
- E) 40 N.

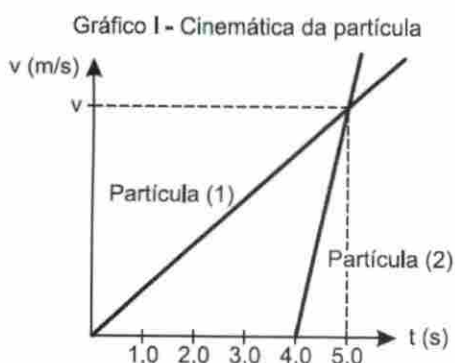
**224. ENEM.** As centrífugas são equipamentos utilizados em laboratórios, clínicas e indústrias. Seu funcionamento faz uso da aceleração centrífuga obtida pela rotação de um recipiente e que serve para a separação de sólidos em suspensão em líquidos ou de líquidos misturados entre si.



Nesse aparelho, a separação das substâncias ocorre em função

- A) das diferentes densidades.
- B) dos diferentes raios de rotação.
- C) das diferentes velocidades angulares.
- D) das diferentes quantidades de cada substância.
- E) da diferente coesão molecular de cada substância.

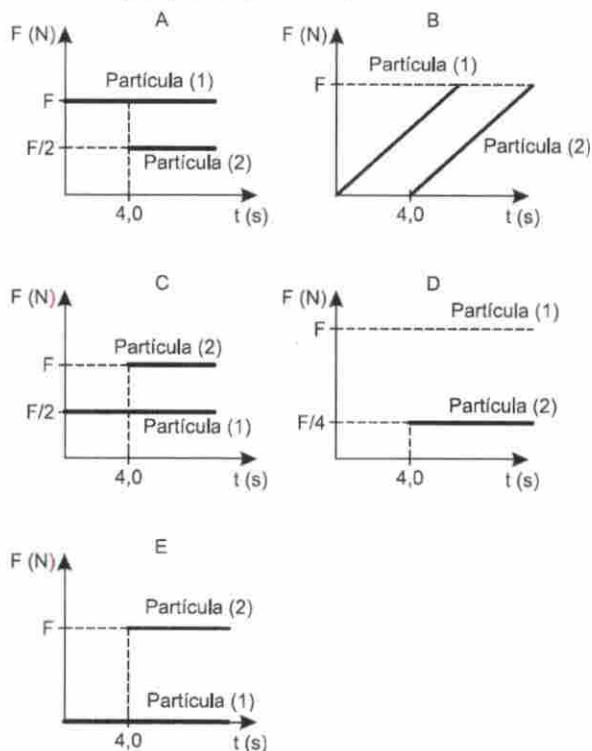
**225.** Para a solução de problemas da Física, utilizam-se gráficos que envolvem os parâmetros físicos a serem manipulados em um dado fenômeno. Levam-se em conta também as propriedades desses gráficos, associadas, em termos de funcionalidades, ao registro de dados e possibilidades de interpolação, extrapolação e aproximação. Considere duas situações distintas: uma inerente a Cinemática da partícula e outra a Dinâmica. Os dados estão representados em gráficos. O gráfico I representa a velocidade escalar como função do tempo do movimento de duas partículas 1 e 2, de massas, respectivamente,  $m_1$  e  $m_2$  (sendo  $m_1 = 2,5 m_2$ ), percorrendo o mesmo trecho retilíneo de uma pista e considerando-se que a partícula 2 seja lançada 4,0s após a partícula 1 do mesmo ponto.



Os gráficos A, B, C, D e E são representações das forças atuantes nas partículas 1 e 2, em função do tempo. Analisando-se os gráficos, verifica-se, entretanto, que, entre os da Dinâmica, apenas um deles corresponde a situação 1.



Gráficos (A, B, C, D, E) – Dinâmica



Assinale a alternativa cuja representação atende a situação descrita de forma correta.

- A) Gráfico A
- B) Gráfico B
- C) Gráfico C
- D) Gráfico D
- E) Gráfico E



# Aula 6

## Leis de Newton II

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.168 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.177 e a Leitura 3 – P.179
Fazer as questões 234, 235, 238, 239, 242, 243, 245, 261 e 263

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.169 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer as questões 227, 236, 237, 240, 241, 244 e 253

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.170 (teoria, anotações e modelagem)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer a Leitura 2 – P.178
Fazer as questões 228, 229, 230, 231, 232, 233, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 262, 264, 265, 266, 267, 268 e 269

### PARTE 4

Estudar a Parte 4 – P.174 (teoria, anotações e modelagem)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer as questões 226, 249 e 270



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



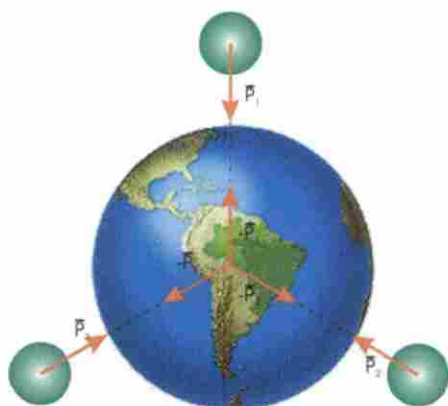


▪ **Parte 1**

Peso

## Peso ( $\vec{P}$ )

É a força gravitacional sofrida por um corpo na vizinhança de um planeta ou outro grande corpo. O peso é uma grandeza vetorial. Portanto, apresenta intensidade, direção e sentido.



- Módulo de  $\vec{P}$  :  $P = m \cdot g$
- ● independente do corpo.
  - ● depende do local (planeta e latitude)
  - ● independente do local.
  - ● depende do corpo

- Direção de  $\vec{P}$  : direção da reta que une o centro de massa dos dois corpos.

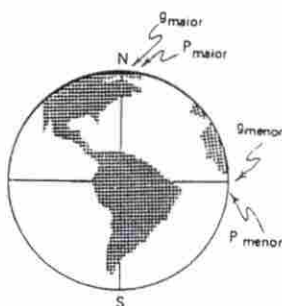
- Sentido de  $\vec{P}$  : aponta para o centro de massa do planeta.

**Observação 1** : A reação  $\vec{P}'$  a força peso  $\vec{P}$  é exercida pelo corpo de massa  $m$  sobre o planeta que exerce o peso e aplicada no centro de massa do planeta.  $\vec{P}$  e  $\vec{P}'$  obrigatoriamente constituem um par "ação e reação" pois são forças de campo.

$$\vec{P} \neq \vec{P}' \qquad P = P'$$

**Observação 2** : Quanto mais afastado estiver um corpo do centro da Terra menor vai ser a força gravitacional entre a Terra e o corpo. Assim, a força diminui quando a distância entre o corpo e o centro da Terra aumenta. O peso de um corpo na Terra aumenta do equador para os pólos, pois o achatamento nos pólos (a Terra não é uma esfera perfeita) determina ali uma maior aceleração gravitacional.

Peso e massa são grandezas físicas diferentes. Num mesmo lugar à superfície da Terra, dois corpos com massas iguais têm o mesmo peso, e com massas diferentes têm pesos diferentes. E em lugares a latitudes diferentes, dois corpos com massas iguais têm pesos diferentes.

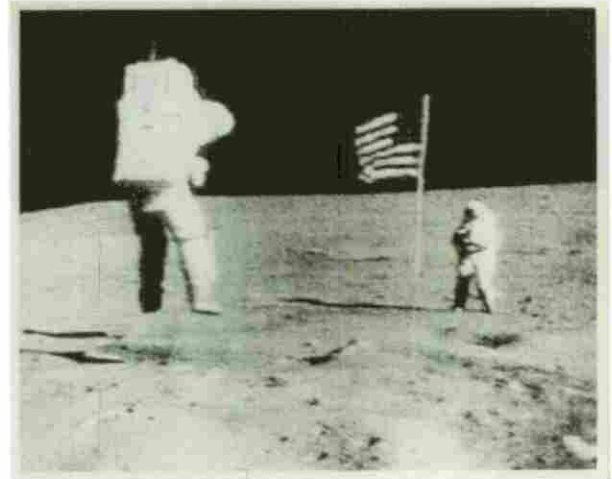
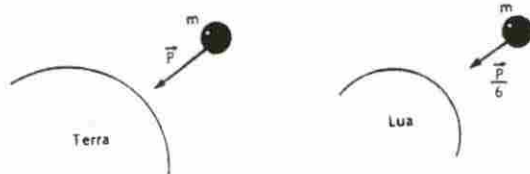


Latitude (graus)	$g(m/s^2)$
0	9,780
10	9,782
20	9,786
30	9,793
40	9,802
50	9,811
60	9,819
70	9,826
80	9,831
90	9,832



**Observação 3 :** Quando um corpo é levado de um planeta para outro, a sua massa, mantém-se, mas o seu peso passa a ser diferente, pois a força com que o corpo é atraído por esse planeta passa a ser diferente. Quanto maior for a aceleração gravitacional do planeta, maior será a força gravitacional que o mesmo exerce sobre os corpos colocados à sua superfície.

Ex. : Terra - Lua



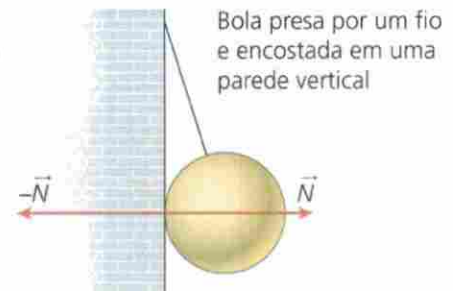
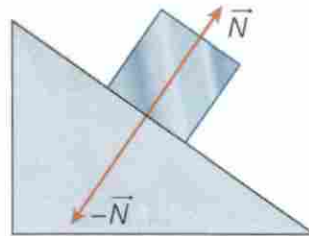
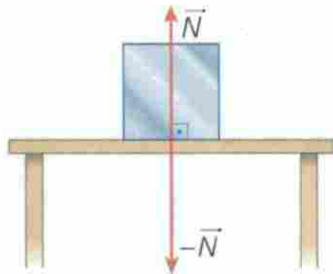
Como a aceleração da gravidade na lua é cerca de 6 vezes menor do que na Terra, o peso de um astronauta, na Lua, será também cerca de 6 vezes menor do que na Terra. Por isto, ao dar um pulo na superfície da Lua, um astronauta atinge alturas e alcances bem maiores do que na Terra.

## Parte 2

## Força Normal

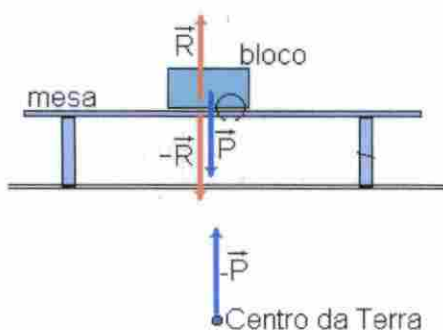
### Força Normal ( $\vec{F}_N$ )

É a reação exercida por uma superfície qualquer a toda e qualquer força que atue perpendicularmente sobre a mesma.



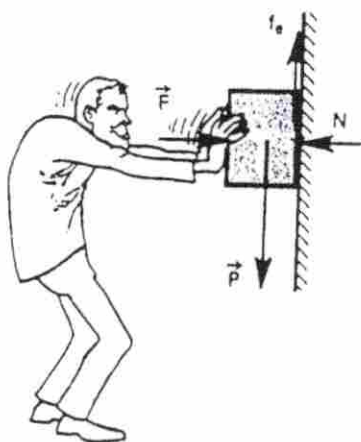
- A  $\vec{N}$  é sempre exercida de forma perpendicular à superfície e possui mesmo módulo da força que sobre ela atua.
- A  $\vec{N}$  não é a reação à força peso.

Exemplo 1 :





Exemplo 2 :



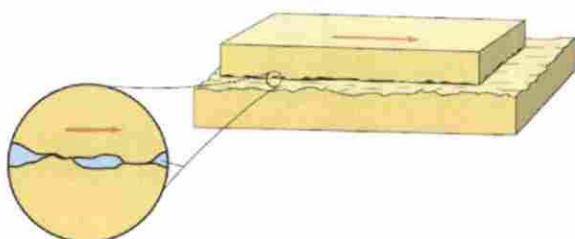
## Parte 3

## Força de Atrito

### Força de atrito

É a força exercida por uma superfície qualquer em oposição ao deslizamento sobre ela. A força de atrito é uma força de contato. A força de atrito só aparece quando há movimento relativo entre duas superfícies ou quando há tendência a esse movimento.

**ATRITO** : Interpenetrações em nível microscópico entre duas superfícies sólidas e em contato.



**COEFICIENTE de ATRITO** :

- **Estático** ( $\mu_E$ ) : informa o grau das interpenetrações entre as superfícies quando não há deslizamento entre elas.
- **Cinético ou Dinâmico** ( $\mu_C$ ) : informa o grau das interpenetrações entre as superfícies quando uma desliza sobre a outra.

I ) Grandeza adimensional ( é apenas um número, sem unidade ).

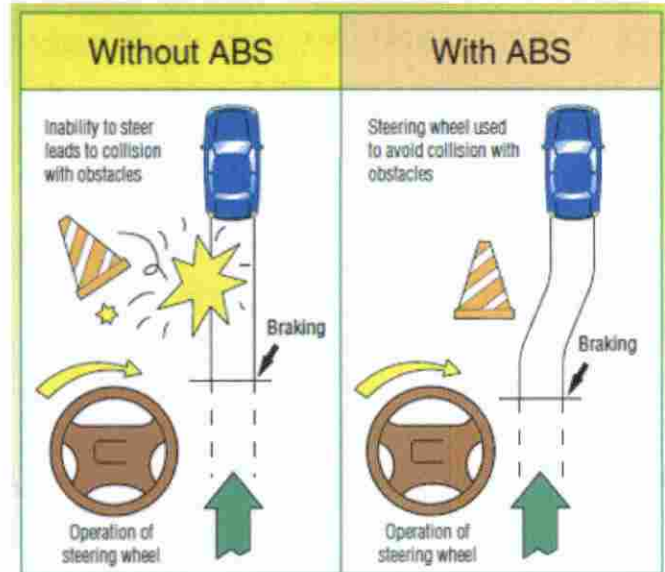
II ) Depende da natureza das superfícies em contato, do polimento destas superfícies, da existência ou não de lubrificação entre elas.

SUPERFÍCIE EM CONTATO	$\mu_E$	$\mu_C$
Borracha sobre concreto	1,0	0,8
Madeira sobre madeira	0,4	0,2
Articulações dos ossos humanos	0,01	0,003
Vidro sobre vidro	0,94	0,4

III ) O coeficiente de atrito cinético é sempre menor do que o coeficiente de atrito estático.  $\mu_E > \mu_C$



**EXEMPLO:** O freio **ABS**, em alemão *Anti-blockier-Bremssystem*, embora mais frequentemente traduzido para a inglesa *Anti-lock Braking System*) é um sistema de frenagem que evita que a roda bloqueie (quando o pedal de freio é pisado fortemente) e entre em derrapagem, deixando o automóvel sem aderência à pista. Assim, evita-se o descontrole do veículo (permitindo que obstáculos sejam desviados enquanto se freia) e aproveita-se mais o atrito estático, que é maior que o atrito cinético (de deslizamento). A derrapagem é uma das maiores causas ou agravantes de acidentes; na Alemanha, por exemplo, 40% dos acidentes são causados por derrapagens.<sup>7</sup>



**ATENÇÃO**

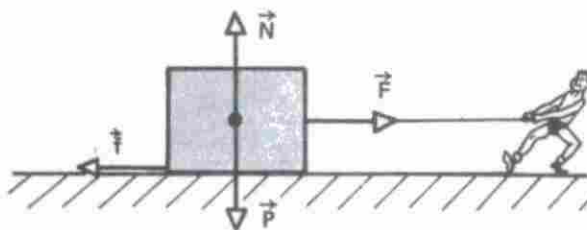
Uma roda de tração motora empurra o chão para trás para que o carro se mova para a frente.



Ao caminhar, seu pé está exercendo uma força para trás, enquanto o atrito estático entre seu pé e o chão exerce uma força para frente, devido a essa força de atrito estático é possível você se deslocar para frente.



**FORÇA DE ATRITO ESTÁTICA ( $\vec{F}_E$ ):** Exercida pela superfície quando há **tendência ao deslizamento** sobre ela. Seu módulo é variável, estando sempre a equilibrar as forças que tendem a colocar o corpo em movimento de deslizamento sobre a superfície.



equilíbrio da forças verticais :  $\vec{F}_{RY} = 0 \Rightarrow P = F_N$

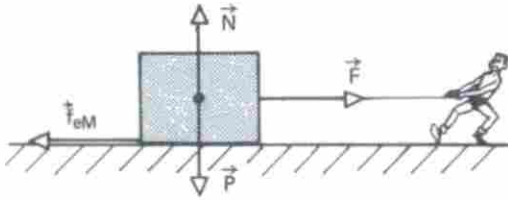
equilíbrio da forças horizontais :  $\vec{F}_{RX} = 0 \Rightarrow F = F_E$

**ATENÇÃO !**

Não havendo tendência de deslizamento do bloco sobre a superfície, não haverá forças de atrito entre elas.



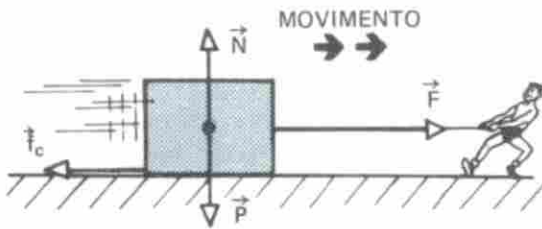
**FORÇA DE ATRITO ESTÁTICA MÁXIMA** ( $\vec{F}_{MAX}$ ) : Valor limite da força de atrito estática. Quando  $F$  **ultrapassa** o valor da  $\vec{F}_{MAX}$  **tem início o deslizamento** sobre a superfície.



$$F_{MAX} = F_N \cdot \mu_E$$

Se  $F \leq F_{MAX}$ , então o corpo está em repouso.  
Se  $F > F_{MAX}$ , então tem início o deslizamento.

**FORÇA DE ATRITO CINÉTICA** ( $\vec{F}_C$ ) : Atua sobre o corpo quando há deslizamento sobre a superfície. Possui sentido contrário ao do deslizamento.



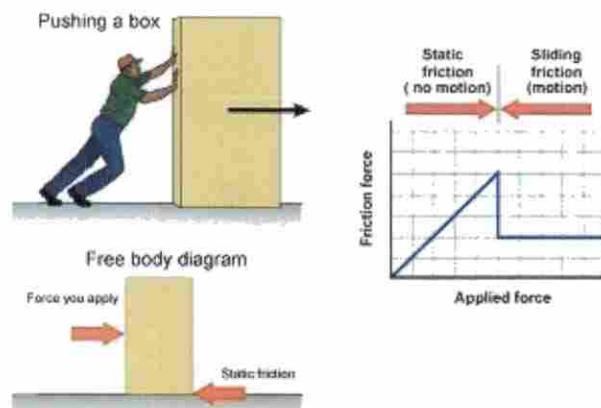
$$F_C = F_N \cdot \mu_C$$



- \* O módulo da força de atrito cinética não depende do módulo da velocidade do corpo.
- \* O módulo da força de atrito cinética é menor do que o módulo da força de atrito estática máxima.
- \* O módulo da força de atrito cinética não depende da área da superfície de contato.

Gráfico da força de atrito em função da força externa aplicada sobre o corpo para produzir deslizamento.

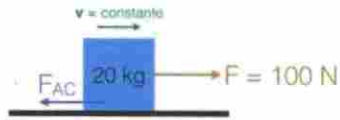
## Friction Forces





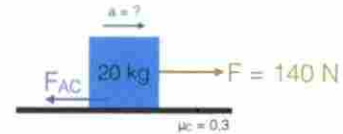
Equilíbrio  $\rightarrow F_R = 0$

$\mu_c = ?$



$$\begin{aligned} v &= \text{constante} \\ F_R &= 0 \\ F_{AC} &= F \\ N \cdot \mu_c &= F \\ (N = P = 200 \text{ N}) \\ 200 \cdot \mu_c &= 100 \\ \mu_c &= 0,5 \end{aligned}$$

$a \neq 0 \rightarrow F_R = m \cdot a$

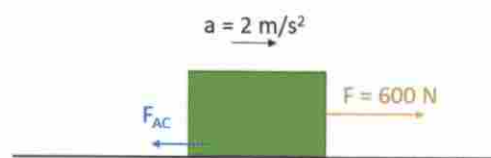


$$\begin{aligned} a &\neq 0 \\ F_R &= m \cdot a \\ F - F_{AC} &= m \cdot a \\ F - N \cdot \mu_c &= m \cdot a \\ (N = P = 200 \text{ N}) \\ 140 - 200 \cdot 0,3 &= 20 \cdot a \\ 140 - 60 &= 20 \cdot a \\ a &= 4 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

## MODELAGEM

**PUCRS.** Sobre uma caixa de massa 120 kg, atua uma força horizontal constante  $F$  de intensidade 600 N. A caixa encontra-se sobre uma superfície horizontal em um local no qual a aceleração gravitacional é  $10 \text{ m/s}^2$ . Para que a aceleração da caixa seja constante, com módulo igual a  $2 \text{ m/s}^2$ , e tenha a mesma orientação da força  $F$ , o coeficiente de atrito cinético entre a superfície e a caixa deve ser de

- A) 0,1
- B) 0,2
- C) 0,3
- D) 0,4
- E) 0,5



$$\begin{aligned} F_R &= m \cdot a \\ 600 - F_{AC} &= 120 \cdot 2 \\ F_{AC} &= 600 - 240 \\ N \cdot \mu &= 360 \\ 1200 \cdot \mu &= 360 \\ \mu &= 0,3 \end{aligned}$$

**Resposta C**



▪ **Parte 4**

**Força de Contato**

**Força de contato**

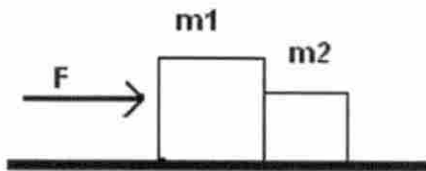
Quando dois ou mais blocos estão em contato e uma força resultante externa atua sobre o conjunto, o mesmo adquire aceleração, denominada aceleração do sistema e dada por:

$$a = \frac{F_R (\text{SISTEMA})}{m_{\text{SISTEMA}}}$$

Observe que independente da disposição das massas a aceleração do sistema se mantém a mesma, uma vez que a força resultante externa e a massa do sistema não são alteradas.

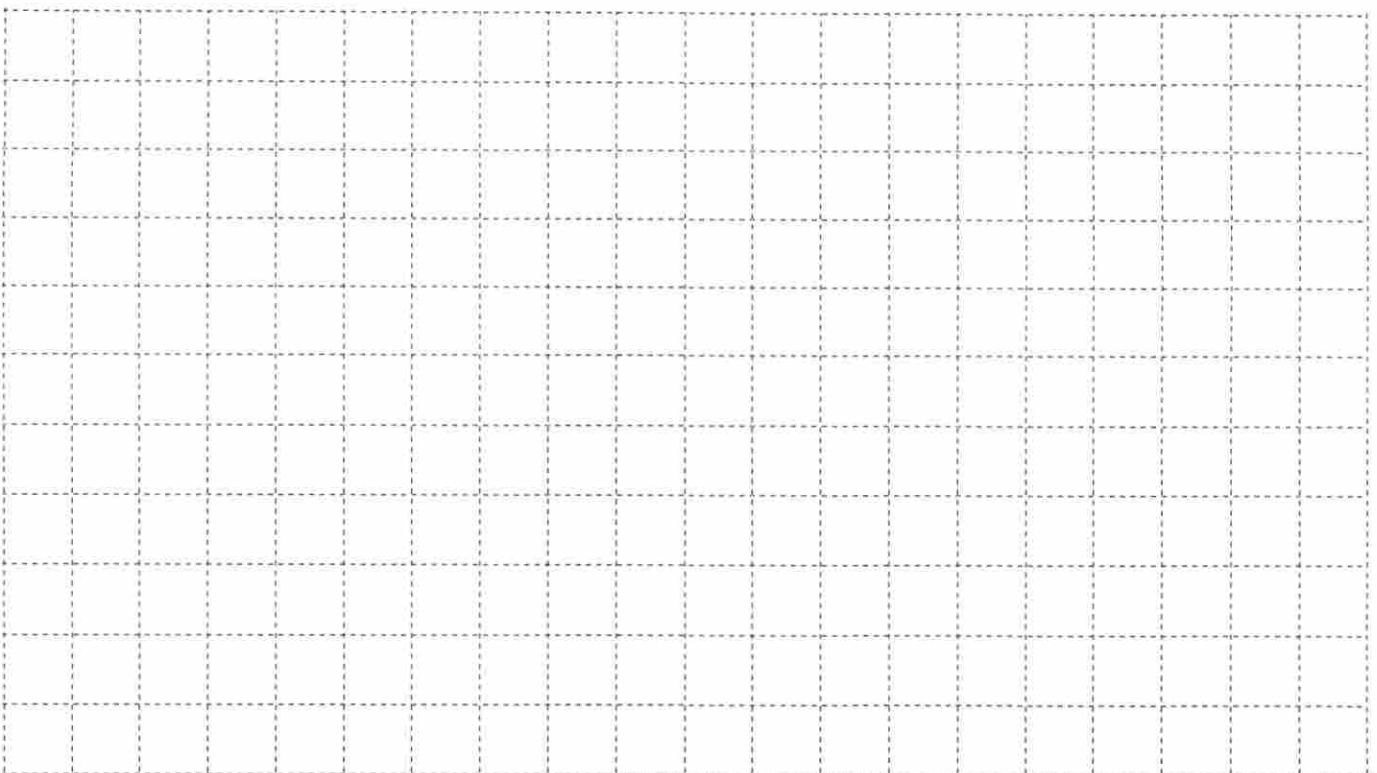
Já a força de contato entre dois blocos são de mesma intensidade, uma vez que essas forças constituem um "par ação e reação". Para determinar o valor dessa força aplicamos  $F_R = m \cdot a$  em uma das massas.

**EXEMPLO :** Dois corpos 1 e 2 de massas  $m_1 = 3 \text{ kg}$  e  $m_2 = 1 \text{ kg}$  são empurrados sobre um plano horizontal liso por uma força horizontal de intensidade  $F = 12 \text{ N}$ .



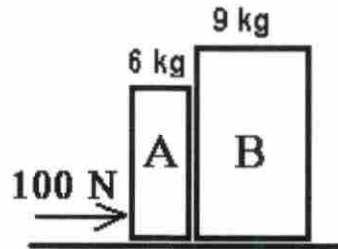
Calcule :

- A) a aceleração do conjunto.
- B) a intensidade da força que o corpo A exerce sobre B.



 **MODELAGEM****PUCRS**

**Instrução:** Responder à questão com base na figura abaixo, que representa dois blocos independentes sobre uma mesa horizontal, movendo-se para a direita sob a ação de uma força horizontal de 100N.



Supondo-se que a força de atrito externo atuando sobre os blocos seja 25 N, é correto concluir que a aceleração, em  $m/s^2$ , adquirida pelos blocos, vale

- A) 5
- B) 6
- C) 7
- D) 8
- E) 9

$$\begin{aligned}F_{R(\text{SISTEMA})} &= m_{(\text{SISTEMA})} \cdot a \\100 - 25 &= (6 + 9) \cdot a \\a &= 75 / 15 \\a &= 5 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

**Resposta: A**





## ANOTAÇÕES

Lined writing area for notes.

Extensivos 2022

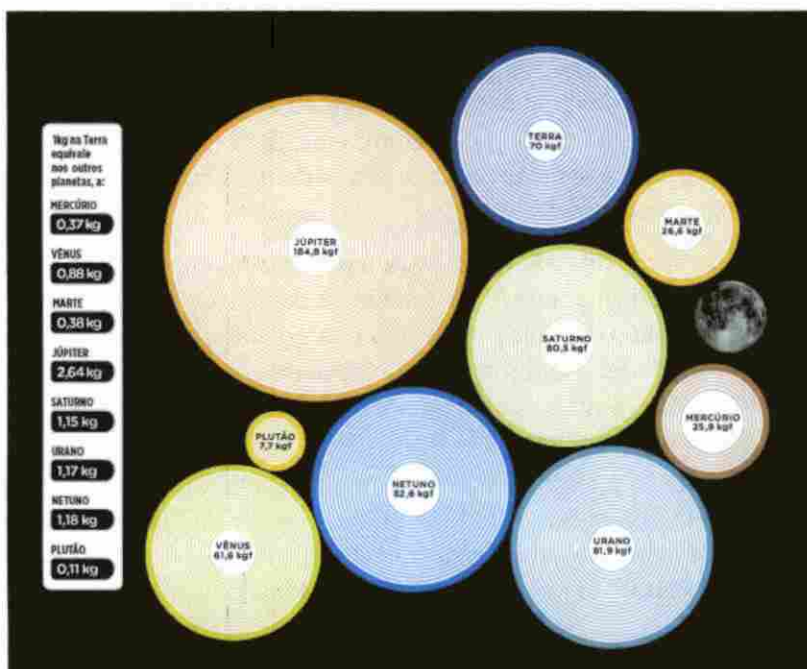
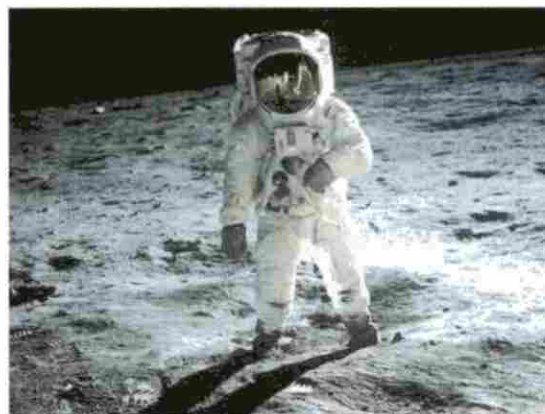


## LEITURA 1

Qual o peso de uma pessoa em outros planetas?

Depende da massa do planeta e da distância entre seu núcleo e a superfície. **Peso** é uma força de atração entre dois corpos, em que o de **maior massa** sai ganhando (atrai mais). Uma das consequências da atração que a Terra exerce em nós, por exemplo, é o fato de ficarmos presos à sua superfície.

A intensidade dessa força pode ser calculada e é medida em "quilogramas-força" e em "**newton**" (abreviações: kgf e N). O cálculo considera não apenas a massa dos envolvidos mas também o raio, já que os planetas são redondos. No século 17, **Isaac Newton** propôs uma fórmula matemática para essa conta: "O peso é proporcional à sua massa, mas inversamente proporcional ao quadrado do raio do corpo celeste".



### TIRA O PÉ DO CHÃO

Com menor gravidade, quando os astronautas dão um passo na Lua, quase fluam no ar. A roupa pesada ajuda a estabilizar o movimento.

- Mercúrio - 25,9 kgf
- Vênus - 61,6 kgf
- Terra - 70 kgf
- Marte - 26,6 kgf
- Júpiter - 184,8 kgf
- Saturno - 80,5 kgf
- Urano - 81,9 kgf
- Netuno - 82,6 kgf
- Plutão - 7,7 kgf

*\* Plutão não é mais considerado planeta. Mas, como o assunto ainda gera controvérsias, optamos por incluí-lo.*

1kg na Terra equivale nos outros planetas, a:

- Mercúrio - 0,37 kg
- Vênus - 0,88 kg
- Marte - 0,38 kg
- Júpiter - 2,64 kg
- Saturno - 1,15 kg
- Urano - 1,17 kg
- Netuno - 1,18 kg
- Plutão - 0,11 kg





## LEITURA 2

**Por que os ciclistas precisam fazer força para andar com velocidade constante?**

Há uma lei da Física, a segunda lei de Newton, que diz que a força é proporcional à aceleração:  $F=m.a$ . Então, se estamos em uma bicicleta, andando no plano a velocidade constante, e, portanto, com aceleração nula, por que precisamos fazer força contra os pedais?

Isso – a necessidade de se precisar fazer força para manter a velocidade constante – não é contraditória com aquela lei da Física? Afinal, se a aceleração é nula, então a força não deveria também ser nula?

Parece uma contradição, mas não é. O problema (ou melhor, a solução para a aparente contradição) é que há duas coisas que “seguram” a bicicleta. Uma delas é a resistência do ar que estamos atravessando. Embora o ar pareça uma coisa irrelevante, etérea, quando o atravessamos precisamos “empurrá-lo” da nossa frente, com a barriga, o peito, as pernas etc. E essa força é tão maior quanto maior for a velocidade com que atravessamos o ar.

Quando estamos andando lentamente, nem sentimos a presença do ar; mas se estamos pedalando a uma velocidade alta, podemos sentir o ar nos “segurando”.

O outro efeito é um tipo de atrito que acontece quando um objeto rola sobre um plano e as rodas da bicicleta rolam sobre o chão. Na medida em que as rodas giram, a parte dos pneus que estão encostadas no chão são deformadas e para deformá-las gasta-se energia. Quando essas partes deformadas dos pneus desencostam do chão, voltando à forma original, não devolvem a energia que foi gasta para deformá-las. Esse tipo de atrito é chamado de atrito de rolamento. Por causa dessas duas coisas, a resistência do ar e o atrito de rolamento, a bicicleta perde velocidade se não houver uma força que a empurre para frente.

Quando estamos devagar, o efeito principal é o atrito de rolamento. Para uma bicicleta comum, esse atrito corresponde a uma força da ordem de 5 N, ou cerca de 0,5 quilograma força, uma força que é igual ao peso de uma coisa de meio quilograma. (Essa força depende da pressão e do tamanho e tipo dos pneus; o valor usado é um valor típico para que tenhamos uma ideia de sua intensidade.) Para manter a velocidade constante é necessário que a roda da bicicleta faça uma força de 5 N contra o chão, empurrando o para trás, e o chão faça uma força de 5 N, empurrando a bicicleta para frente. E a origem dessa força é a força que o ciclista faz sobre o pedal.

A velocidades maiores do que 10 km/h ou 20 km/h, a força resistiva é dominada pela resistência do ar. A tabela mostra valores aproximados. (A velocidade na qual a resistência do ar se torna maior do que o a força de atrito de rolamento depende do tipo de pneu, de sua pressão e se estamos curvados como os atletas nas provas de ciclismo ou com o corpo ereto, como costumamos pedalar quando precisamos prestar atenção no que acontece ao nosso redor.)

**E qual a força feita pelo ciclista?**

O pneu traseiro da bicicleta empurra o chão para trás e o chão empurra a bicicleta para frente. E o agente que responsável por essa força é o ciclista, claro. A intensidade da força que o ciclista precisa fazer nos pedais depende da relação entre a distância percorrida pela bicicleta e a distância que o pedal se deslocou. Por exemplo, se quando o pedal se desloca, em suas voltas, de uma certa distância e bicicleta se desloca do dobro dessa distância, então a força que o ciclista deve fazer é duas vezes maior do que a força que a roda faz empurrando o chão para trás.



força que o pneu exerce, para trás, sobre o chão



força que o chão exerce, para frente, sobre a bicicleta movimentando-a



## LEITURA 3

*Life on Mars?*

### Entenda os efeitos da gravidade zero no corpo humano

Oito variações que podem acontecer a um futuro tripulante a caminho de Marte.

A ida do homem a Marte está cada vez mais perto de acontecer. Esta semana, no estado de Utah, EUA, a Nasa realizou o segundo teste com o propulsor Space Launch System (SLS) que será integrado ao maior foguete já construído pela agência espacial norte-americana (veja o vídeo abaixo). O SLS fará parte dos voos não tripulados da nave espacial Orion a Marte, previstos para 2018.



Enquanto este feito histórico não se concretiza, a Nasa realiza diversos testes com os astronautas a bordo da Estação Espacial Internacional. Por enquanto, esta é a única fonte que pode mostrar realmente quais são os efeitos sofridos pelo corpo humano quando exposto à gravidade zero por muito tempo. Listamos algumas variações que podem acontecer ao corpo humano a caminho do planeta vermelho.

### Olhos

A visão pode ser prejudicada quando os fluidos, retidos pela gravidade na Terra, migram até a cabeça pressionando o nervo ótico. Esse fenômeno pode deformar o globo ocular.



### Sistema imunológico

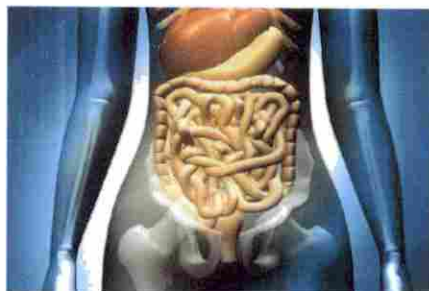
O ambiente estéril de uma nave ou estação espacial pode fazer com que o sistema imunológico "se desligue" de sua vigilância. Este efeito ainda está em fase de comprovação por meio de aplicações de vacinas em astronautas da Estação Espacial Internacional e em cobaias na Terra.





### Sistema digestório

Os micro-organismos que ocupam as vísceras são vitais para a digestão dos alimentos e outras funções. A dieta enviada aos tripulantes celestes inclui somente rações, que, junto com a radiação, podem danificar esse microbioma.



### Músculos

Os músculos necessitam da tensão imposta pela gravidade para ficar em forma. Passar muito tempo longe dessa tensão gravitacional terrestre pode danificá-los totalmente. Correr em um carrossel vertical pode ajudar a exercitar as pernas e os braços dos astronautas ao simular o nível de gravidade terrestre.



### Mente

Um ano em ambiente cósmico é muito difícil de suportar, principalmente – segundo as pesquisas – do sexto ao nono mês, quando a fadiga começa afetar o tripulante num momento em que ainda falta muito tempo para o fim da missão. Para esse efeito, são empregadas todas as formas de entretenimento e comunicação com os entes queridos na Terra para atenuar esse efeito.



### Sangue

Na Terra, o sangue tem de fluir vencendo a gravidade. Em um ambiente de gravidade zero, o coração leva algum tempo para se ajustar a uma condição de menor resistência. Depois de certo tempo, a pressão sanguínea volta ao normal, o que pode ser acelerado através de exercícios físicos.





### Ossos

Quando não existe resistência, os ossos perdem muito cálcio, elemento essencial para a saúde óssea, a ponto de ser desaconselhado abraçar astronautas que acabam de desembarcar após uma longa viagem para evitar eventuais fraturas nas costelas.

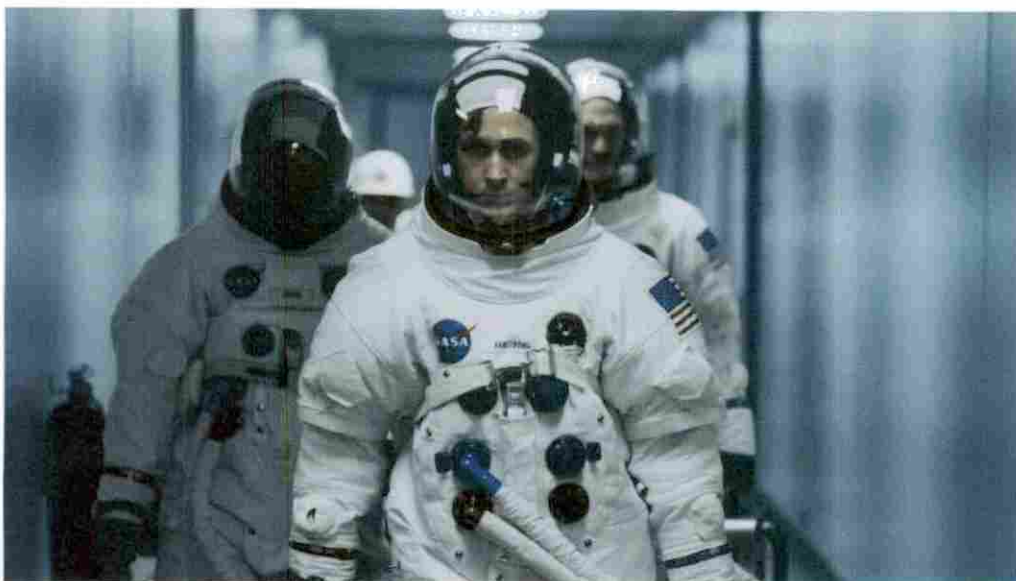


### Envelhecimento

As terminações nas pontas dos cromossomos encurtam durante a vida contribuindo para o envelhecimento. No espaço, eles se desgastam mais rápido. Para os pesquisadores o fenômeno – entre outras causas – pode ser atribuído ao estresse e à radiação.



### NASA - Zero gravity effects on the human body





## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**226. UFRGS.** Dois blocos, 1 e 2, são arranjados de duas maneiras distintas e empurrados sobre uma superfície sem atrito, por uma mesma força horizontal  $F$ . As situações estão representadas nas figuras I e II abaixo.



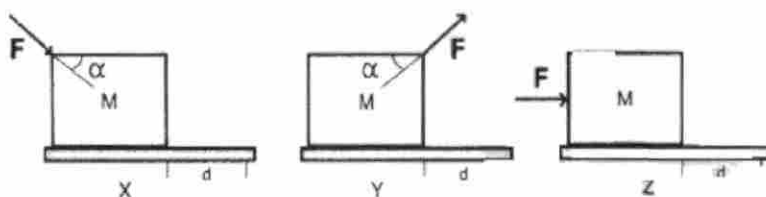
Considerando que a massa do bloco 1 é  $m_1$  e que a massa do bloco 2 é  $m_2 = 3m_1$ , a opção que indica corretamente a intensidade da força que atua entre os blocos, nas situações I e II, é, respectivamente,

- A)  $F/4$  e  $F/4$ .
- B)  $F/4$  e  $3F/4$ .
- C)  $F/2$  e  $F/2$ .
- D)  $3F/4$  e  $F/4$ .
- E)  $F$  e  $F$ .

**Instrução:** A questão 227 refere-se ao enunciado abaixo.

Um estudante movimentava um bloco homogêneo de massa  $M$ , sobre uma superfície horizontal, com forças de mesmo módulo  $F$ , conforme representa a figura abaixo.

Em X, o estudante empurra o bloco; em Y, o estudante puxa o bloco; em Z, o estudante empurra o bloco com força paralela ao solo.





**227. UFRGS.** A força normal exercida pela superfície é, em módulo, igual ao peso do bloco

- A) apenas na situação X.
- B) apenas na situação Y.
- C) apenas na situação Z.
- D) apenas nas situações X e Y.
- E) em X, Y e Z.

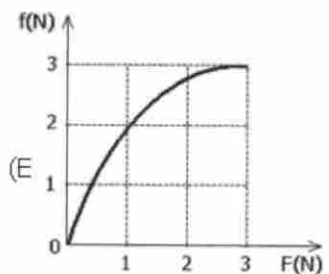
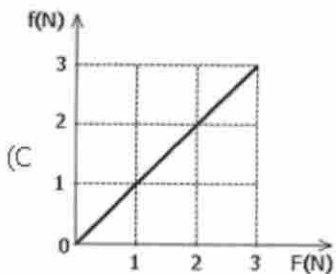
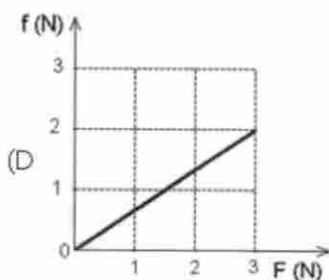
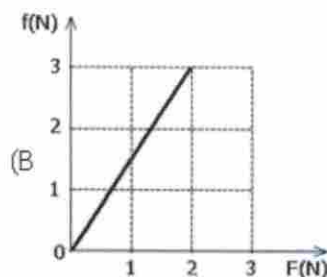
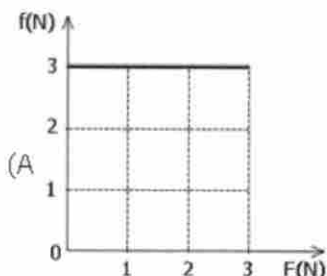


**228. UFRGS.** Um cubo maciço e homogêneo, cuja massa é de 1,0 kg, está em repouso sobre uma superfície plana horizontal. O coeficiente de atrito estático entre o cubo e a superfície vale 0,30. Uma força  $F$ , horizontal, é então aplicada sobre o centro de massa do cubo.



(Considere o módulo da aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$ .)

Assinale o gráfico que melhor representa a intensidade  $f$  da força de atrito estático em função da intensidade  $F$  da força aplicada.







**229. ENEM.** Uma pessoa necessita da força de atrito em seus pés para se deslocar sobre uma superfície. Logo, uma pessoa que sobe uma rampa em linha reta será auxiliada pela força de atrito exercida pelo chão em seus pés. Em relação ao movimento dessa pessoa, quais são a direção e o sentido da força de atrito mencionada no texto?



- A) Perpendicular ao plano e no mesmo sentido do movimento.
- B) Paralelo ao plano e no sentido contrário ao movimento.
- C) Paralelo ao plano e no mesmo sentido do movimento.
- D) Horizontal e no mesmo sentido do movimento.
- E) Vertical e sentido para cima.

**230. ENEM.** O freio ABS é um sistema que evita que as rodas de um automóvel sejam bloqueadas durante uma frenagem forte e entrem em derrapagem. Testes demonstram que, a partir de uma dada velocidade, a distância de frenagem será menor se for evitado o bloqueio das rodas. O ganho na eficiência da frenagem na ausência de bloqueio das rodas resulta do fato de

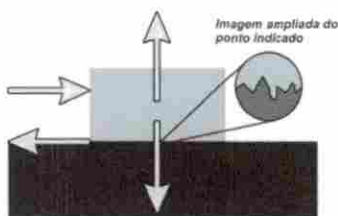


- A) o coeficiente de atrito estático tornar-se igual ao dinâmico momentos antes da derrapagem.
- B) o coeficiente de atrito estático ser maior que o dinâmico, independentemente da superfície de contato entre os pneus e o pavimento.
- C) o coeficiente de atrito estático ser menor que o dinâmico, independentemente da superfície de contato entre os pneus e o pavimento.
- D) a superfície de contato entre os pneus e o pavimento ser maior com as rodas desbloqueadas, independentemente do coeficiente de atrito.
- E) a superfície de contato entre os pneus e o pavimento ser maior com as rodas desbloqueadas e o coeficiente de atrito estático ser maior que o dinâmico.

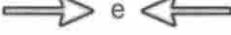




**231. ENEM.** A força de atrito é uma força que depende do contato entre corpos. Pode ser definida como uma força de oposição à tendência de deslocamento dos corpos e é gerada devido a irregularidades entre duas superfícies em contato. Na figura, as setas representam forças que atuam no corpo e o ponto ampliado representa as irregularidades que existem entre as duas superfícies.



Na figura, os vetores que representam as forças que provocam o deslocamento e o atrito são, respectivamente:





- A) 
- B) 
- C) 
- D) 
- E) 

**232. PUCRS.** Em muitas tarefas diárias, é preciso arrastar objetos. Isso pode ser mais ou menos difícil, dependendo das forças de atrito entre as superfícies deslizantes. Investigando a força necessária para arrastar um bloco sobre uma superfície horizontal, um estudante aplicou ao bloco uma força horizontal  $F$  e verificou que o bloco ficava parado. Nessa situação, é correto afirmar que a força de atrito estático entre o bloco e a superfície de apoio é, em módulo,



- A) igual à força  $F$ .  
 B) maior que a força  $F$ .  
 C) igual ao peso do bloco.  
 D) maior que o peso do bloco.  
 E) menor que o peso do bloco

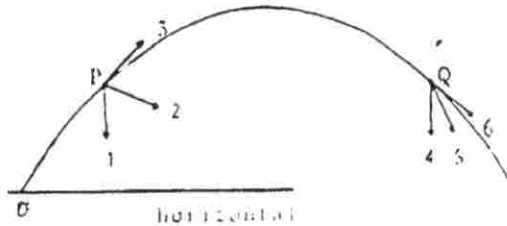
**233.** Um operador aplica uma força  $F_{op}=350\text{N}$  horizontal e constante sobre um bloco de massa  $m$  que se movimenta à velocidade constante sobre um plano horizontal. Sabendo que existe um coeficiente de atrito dinâmico ( $\mu=0,35$ ) entre o bloco de massa  $m$  e a superfície do plano de deslizamento e considerando que  $g=10\text{m/s}^2$ , podemos deduzir que a massa  $m$  do bloco é igual a



- A) 35 kg.  
 B) 75 kg.  
 C) 100 kg.  
 D) 125 kg.  
 E) 150 kg.



**234. UFRGS.** Um projétil, lançado no ponto O, descreve a trajetória indicada na figura. O movimento ocorre no campo gravitacional terrestre e a força de resistência do ar é desprezível.



Nos pontos P e Q, a força resultante que atua no projétil tem seu sentido melhor indicado, respectivamente, pelos vetores

- A) 1 e 4
- B) 2 e 5
- C) 3 e 6
- D) 2 e 4
- E) 3 e 5

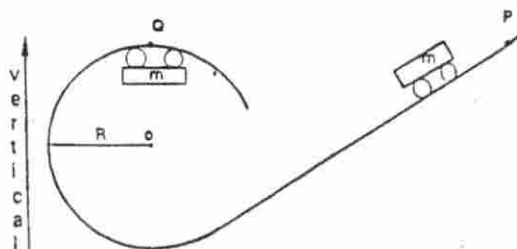
**235. UFRGS.** Quais das afirmações a respeito do conceito de peso estão corretas?

- I. Quando dois corpos experimentam a mesma força peso ( $\vec{P}$ ), no mesmo lugar, conclui-se que possuem a mesma massa ( $m$ ).
- II. Num mesmo lugar, o quociente  $P/m$  é uma constante para qualquer corpo.
- III. A intensidade da força peso que um corpo experimenta é função da aceleração gravitacional do lugar onde ele se encontra.

- A) Apenas I
- B) Apenas II
- C) Apenas I e II
- D) Apenas I e III
- E) I, II e III



**236. UFRGS.** Um carrinho de massa  $m$  parte do ponto P e percorre o trilho representado na figura. Sabendo-se que exatamente no ponto Q ele perde o contato com o trilho (não há mais força entre ele e o trilho) qual das alternativas expressa o módulo da força resultante que atua sobre o carrinho nesse ponto ?



(O módulo da velocidade do carrinho no ponto Q é  $v$ . O módulo da aceleração da gravidade no local da experiência é  $g$ )



- A) zero
- B)  $mg$
- C)  $2mg$
- D)  $\frac{1}{2} (mv^2/R)$
- E)  $2(mv^2/R)$

**237. UFRGS.** Um menino deposita um livro sobre a palma de sua mão. Sobre o livro são exercidas apenas duas forças: a força peso e a força da mão do menino sobre o livro. Esta força é maior do que o peso quando o menino



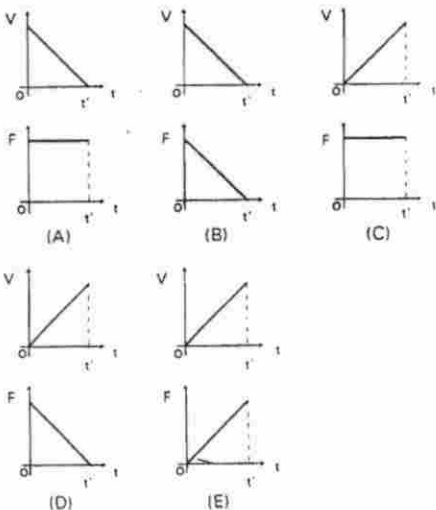
- A) mantém o livro em repouso a uma certa distância do chão
- B) move o livro para o lado com velocidade constante
- C) move o livro para cima com velocidade constante
- D) move o livro para baixo com velocidade constante
- E) começa a movimentar o livro para cima

**238. UFRGS.** A aceleração gravitacional na superfície de Marte é cerca de 2,6 vezes menor do que a aceleração gravitacional na superfície da Terra (a aceleração gravitacional na superfície da Terra é aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$ ). Um corpo pesa, em Marte, 77 N. Qual é a massa desse corpo na superfície da Terra ?



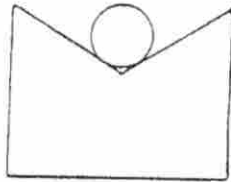
- A) 30 kg
- B) 25 kg
- C) 20 kg
- D) 12 kg
- E) 7,7 kg

**239. UFRGS.** Um objeto é lançado verticalmente para cima, a partir do solo, em  $t = 0$ , atingindo a altura máxima de 20 m em um tempo  $t'$ . Desprezando a força resistiva do ar sobre o objeto, qual dos pares de gráficos, abaixo, melhor representa o comportamento do módulo da velocidade ( $V$ ) em relação ao solo e do módulo da força resultante ( $F$ ) sobre o objeto após o lançamento ?

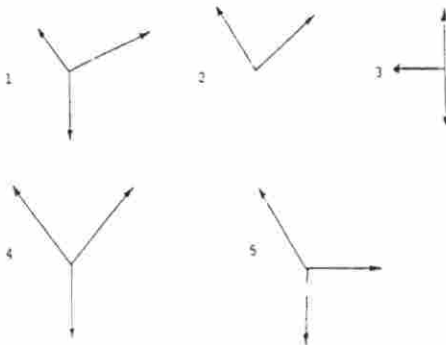




240. PUCRS. Uma esfera encontra-se apoiada e em equilíbrio no interior de uma calha, como mostra a figura a seguir.

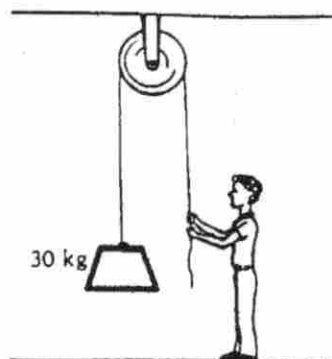


As forças que atuam na esfera estão mais bem representadas na alternativa de número



- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

241. Na montagem ao lado, sendo 30 kg a massa do corpo suspenso e 70 kg a massa do homem, podemos afirmar, supondo o sistema de equilíbrio:

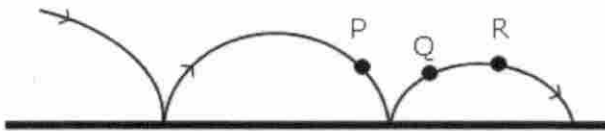


- I – A tensão da corda é cerca de 30 N.
- II – A compressão que o homem faz no chão é cerca de 1 000 N.
- III – A reação normal do chão sobre o homem é cerca de 400 N.



- A) Só a frase I é certa.
- B) Só a frase II é certa.
- C) Só a frase III é certa.
- D) Todas as frases estão certas.
- E) Todas as frases estão erradas.

**242. UFRGS.** A figura abaixo representa a trajetória de uma bola que se move livremente da esquerda para a direita, batendo repetidamente no piso horizontal de um ginásio.



Desconsiderando a pequena resistência que o ar exerce sobre a bola, selecione a alternativa que melhor representa – em módulo, direção e sentido – a aceleração do centro de gravidade da bola nos pontos P, Q e R, respectivamente.

- A) ↘ ↗ ↓
- B) ↘ ↗ zero
- C) ↓ ↑ zero
- D) ↓ ↓ zero
- E) ↓ ↓ ↓

**243. UFRGS.** Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas nas frases seguintes:

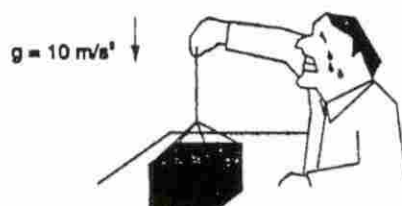
- I - A força de atração gravitacional da Lua..... na sua superfície.
- II - A massa de um objeto na superfície da lua é ..... sua massa na superfície da Terra.

- A) não é nula - menor do que
- B) não é nula - maior do que
- C) é nula - menor do que
- D) é nula - maior do que
- E) não é nula - igual à



**244.** Um homem tenta levantar uma caixa de 5 kg, que está sobre uma mesa, aplicando uma força vertical de 10 N. Nessa situação, o valor da força que a mesa aplica na caixa é

- A) 0 N
- B) 5 N
- C) 10 N
- D) 40 N
- E) 50 N





245. UPF. Considerando as afirmativas referentes às leis de Newton:

I. O sistema de propulsão a jato funciona baseado no princípio da ação e reação.

II. Fisicamente, a função do cinto de segurança, que previne lesões mais graves em motoristas e passageiros no caso de acidentes, está relacionada com a primeira lei.

III. Se a resultante das forças que atuam numa partícula é nula, podemos afirmar que a partícula está necessariamente em repouso.

IV. No caso de um corpo em queda livre, dizemos que ele está sujeito apenas à força de atração da Terra e à força de reação, de modo que a resultante forneça aceleração  $g$ .

Está **correto** apenas o que se afirma em:

- A) I
- B) I e II
- C) I, II e III
- D) II, III e IV
- E) II e IV

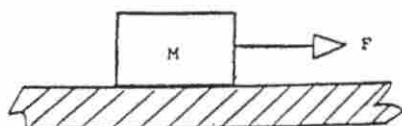


246. PUCRS. Alguns motoristas que andam em estradas de barro costumam carregar sacos de areia na carroceria de seus veículos para evitar que as rodas patinem na pista molhada. Esse procedimento

- A) faz aumentar a força de atrito entre a pista e os pneus.
- B) faz diminuir a força de atrito entre a pista e os pneus.
- C) faz aumentar a força do motor.
- D) prejudica a estabilidade do carro.
- E) não tem fundamento científico.



247. PUCRS. Um bloco de massa  $M$  está sendo tracionado por uma força  $F$  constante, conforme indica a figura a seguir.



Sabendo que o bloco desliza com velocidade constante, pode-se afirmar que

- A) entre o bloco e a superfície não há atrito.
- B) a força  $F$  é igual a força de atrito em módulo.
- C) a força  $F$  é igual à força de atrito, em módulo e sentido.
- D) a força  $F$  é maior do que a força de atrito.
- E) a força  $F$  é menor do que a força de atrito.

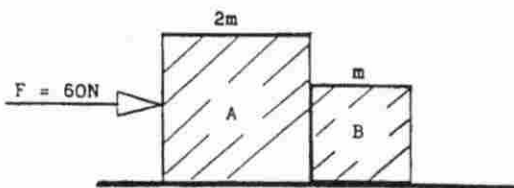




**248. PUCRS.** ABS (Anti Bloking System) é um sistema de frenagem eletrônico que, através do controle da compressão das pastilhas de freio, evita o bloqueio das rodas e conseqüentemente derrapagem dos pneus. A derrapagem é ruim porque, enquanto ela ocorre, existe entre o pneu e a estrada, um atrito ..... cujo coeficiente é .....

- A) cinético menor do que o do estático
- B) cinético maior do que o do estático
- C) estático menor do que o cinético
- D) estático maior do que o do cinético
- E) estático igual ao do cinético

**249. PUCRS.** Uma pessoa está empurrando simultaneamente dois blocos, A e B, de massas  $2m$  e  $m$ , respectivamente, com uma força  $F$  constante de  $60\text{ N}$ , sobre uma superfície horizontal sem atrito, como mostra a figura.



O valor da força, em N, que um bloco exerce sobre o outro é

- A) 120
- B) 60
- C) 40
- D) 30
- E) 20

Instrução : As questões **250** e **251** referem-se ao enunciado abaixo.

Arrasta-se uma caixa de  $40\text{ kg}$  sobre um piso horizontal, puxando-a com uma corda que exerce sobre ela uma força constante, de  $120\text{ N}$ , paralela ao piso. A força resultante exercida sobre a caixa é de  $40\text{ N}$ .



**250. UFRGS.** Qual é o valor do coeficiente de atrito cinético entre a caixa e o piso?

- A) 0,10
- B) 0,20
- C) 0,30
- D) 0,50
- E) 1,00



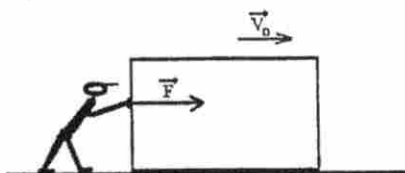


**251. UFRGS.** Considerando-se que a caixa estava inicialmente em repouso, quanto tempo decorre até que a velocidade média do seu movimento atinja o valor de 3 m/s?

- A) 1,0 s
- B) 2,0 s
- C) 3,0 s
- D) 6,0 s
- E) 12,0 s



**252. UFRGS.** Um menino empurra uma caixa que desliza com atrito sobre um piso horizontal. Para isso, ele aplica na caixa uma força horizontal dirigida para a direita. A força de atrito entre a caixa e o piso é constante, e o efeito do ar no movimento da caixa é desprezível. No instante inicial, representado na figura abaixo, a força aplicada pelo menino é  $\vec{F}$ , cujo módulo é maior do que o da força de atrito, e a velocidade da caixa é  $\vec{V}_0$ .



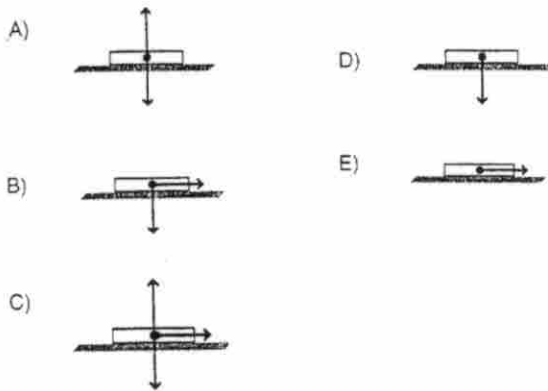
Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do parágrafo abaixo.

Se  $\vec{F}$  permanecer constante, a velocidade da caixa será .....  
 Se o módulo de  $\vec{F}$  diminuir, permanecendo contudo maior do que o da força de atrito, a velocidade da caixa, nos instantes subsequentes, será .....  
 Se o módulo de  $\vec{F}$  diminuir, tornando-se igual ao da força de atrito, a velocidade da caixa, nos instantes subsequentes, será .....

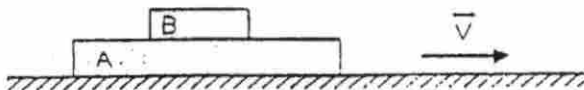
- A) constante – decrescente – nula
- B) crescente – decrescente – nula
- C) crescente – crescente – constante
- D) constante – crescente – nula
- E) crescente – decrescente – constante

**253. UFRGS.** Uma pessoa, parada à margem de um lago congelado cuja superfície é perfeitamente horizontal, observa um objeto em forma de disco que, em certo trecho, desliza com movimento retilíneo uniforme, tendo uma de suas faces planas em contato com o gelo. Do ponto de vista desse observador, considerado inercial, qual das alternativas indica o melhor diagrama para representar as forças exercidas sobre o disco nesse trecho? (Supõe-se a ausência total de forças dissipativas, como atrito com a pista ou com o ar.)





**254. UFRGS.** Os blocos A e B da figura movem-se ambos com velocidade constante  $V$ . As forças de atrito entre a superfície de contato são desprezíveis e podem ser consideradas nulas. Subitamente uma força externa passa a ser exercida sobre A, na direção e no sentido de  $V$ .



Qual das alternativas refere-se corretamente às forças horizontais exercidas sobre B em função da aplicação dessa força sobre A?

- (A)
- (B)
- (C)
- (D)
- (E)

**255.** Um garoto empurra um caixote sobre um superfície horizontal onde o coeficiente de atrito cinético entre o caixote e a superfície é constante. Quando ele aplica uma força horizontal de 20 N, o caixote move-se com a velocidade constante de 1,0 m/s. Ao dobrar a força aplicada, o caixote passa a mover-se com uma aceleração de 2 m/s<sup>2</sup>. Se o garoto triplicar o valor da força inicialmente aplicada, a aceleração do caixote será



- A) 1 m/s<sup>2</sup>
- B) 2 m/s<sup>2</sup>
- C) 3 m/s<sup>2</sup>
- D) 4 m/s<sup>2</sup>
- E) 6 m/s<sup>2</sup>



**Instrução:** As questões 256 e 257 referem-se ao enunciado abaixo.

Um cubo de massa 1,0 kg, maciço e homogêneo, está em repouso sobre uma superfície plana horizontal. Os coeficientes de atrito estático e cinético entre o cubo e a superfície valem, respectivamente, 0,30 e 0,25. Uma força  $F$ , horizontal, é então aplicada sobre o centro de massa do cubo.

(Considere o módulo da aceleração da gravidade igual a  $10,0 \text{ m/s}^2$ .)

**256. UFRGS.** Se a intensidade da força  $F$  é igual a 2,0 N, a força de atrito estático vale

- A) 0,0 N.
- B) 2,0 N.
- C) 2,5 N.
- D) 3,0 N.
- E) 10,0 N.

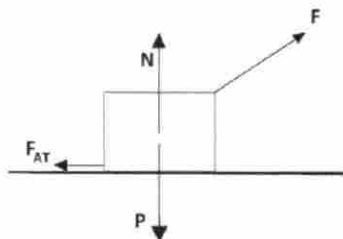


**257. UFRGS.** Se a intensidade da força  $F$  é igual a 6,0 N, o cubo sofre uma aceleração cujo módulo é igual a

- A)  $0,0 \text{ m/s}^2$ .
- B)  $2,5 \text{ m/s}^2$ .
- C)  $3,5 \text{ m/s}^2$ .
- D)  $6,0 \text{ m/s}^2$ .
- E)  $10,0 \text{ m/s}^2$ .



**258. UPF.** Um estudante de Física aplica uma força  $F$  sobre um livro que está em cima de uma mesa, conforme esquema apresentado na figura. Lembrando da aula de Mecânica, ele começa a fazer algumas conjecturas sobre as relações entre as forças que atuam nesse livro. Considerando um movimento de velocidade constante, qual das alternativas a seguir expressa de forma mais adequada a relação entre essas forças?



- A)  $F < F_{AT}$  e  $P = N$ .
- B)  $F > F_{AT}$  e  $P > N$ .
- C)  $F = F_{AT}$  e  $P = N$ .
- D)  $F > F_{AT}$  e  $P < N$ .
- E)  $F < F_{AT}$  e  $P < N$ .



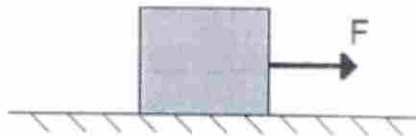


**259. PUCRS.** Um bloco de 20 kg de massa é arrastado sobre um plano horizontal por uma força de 100 newtons também na horizontal, movendo-se com uma aceleração de  $1 \text{ m/s}^2$ . Supondo-se a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o plano é

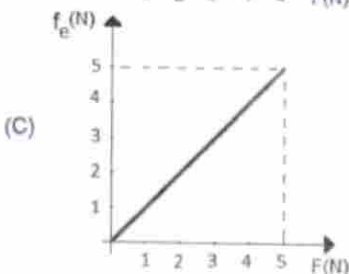
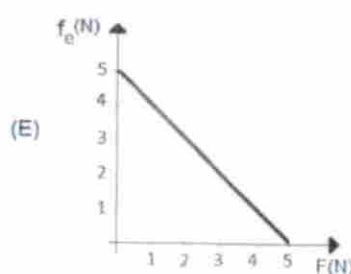
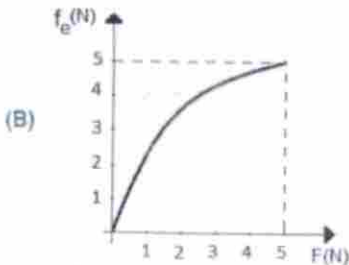
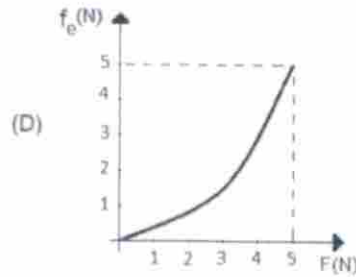
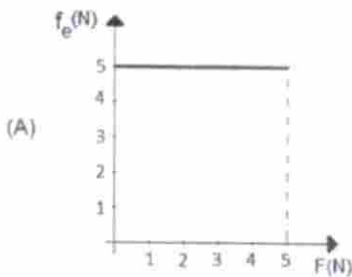
- A) 0,5
- B) 0,4
- C) 0,3
- D) 0,2
- E) 0,1



**260. UFRGS.** A figura abaixo representa um bloco de massa 2,0 kg, que se mantém em repouso, sobre uma superfície plana horizontal, enquanto submetido a uma força  $F$  paralela à superfície e de intensidade variável.



O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície vale 0,25. Considere  $g=10 \text{ m/s}^2$ . Assinale a alternativa que melhor representa o gráfico do módulo da força de atrito estático  $f_e$  em função do módulo da força aplicada.





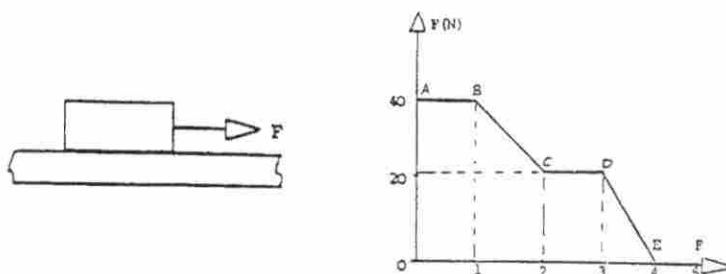
**261. ENEM.** A figura mostra uma balança de braços iguais em equilíbrio, na Terra, onde foi colocada uma massa  $m$ , e a indicação de uma balança de força na Lua, onde a aceleração da gravidade é igual a  $1,6 \text{ m/s}^2$ , sobre a qual foi colocada uma massa  $M$ .



A razão das massas  $M/m$  é

- A) 4,0.
- B) 2,5.
- C) 0,4.
- D) 1,0.
- E) 0,25.

**262. PUCRS.** Sobre um bloco de massa igual a  $10 \text{ kg}$ , atua uma força externa variável  $F$ , conforme está indicado no gráfico.



O bloco move-se sobre um plano horizontal, sendo o coeficiente de atrito entre o bloco e o plano  $0,2$ . Em que trecho do movimento a velocidade do bloco será constante?

- A) AB
- B) BC
- C) CD
- D) DE
- E) EF

**263. UFRGS.** Um dinamômetro, em que foi suspenso um cubo de madeira, encontra-se em repouso, preso a um suporte rígido. Nessa situação, a leitura do dinamômetro é  $2,5 \text{ N}$ . Uma pessoa puxa, então, o cubo verticalmente para baixo, fazendo aumentar a leitura do dinamômetro. Qual será o módulo da força exercida pela pessoa sobre o cubo, quando a leitura do dinamômetro for  $5,5 \text{ N}$ ?



- A) 2,2 N
- B) 2,5 N
- C) 3,0 N
- D) 5,5 N
- E) 8,0 N



**264. ENEM.** O *curling* é um dos esportes de inverno mais antigos e tradicionais. No jogo, dois times com quatro pessoas têm de deslizar pedras de granito sobre uma área marcada de gelo e tentar colocá-las o mais próximo possível do centro. A pista de *curling* é feita para ser o mais nivelada possível, para não interferir no decorrer do jogo. Após o lançamento, membros da equipe varrem (com vassouras especiais) o gelo imediatamente à frente da pedra, porém sem tocá-la. Isso é fundamental para o decorrer da partida, pois influi diretamente na distância percorrida e na direção do movimento da pedra. Em um lançamento retilíneo, sem a interferência dos varredores, verifica-se que o módulo da desaceleração da pedra é superior se comparado à desaceleração da mesma pedra lançada com a ação dos varredores.



A menor desaceleração da pedra de granito ocorre porque a ação dos varredores diminui o módulo da

- A) força motriz sobre a pedra.
- B) força de atrito cinético sobre a pedra.
- C) força peso paralela ao movimento da pedra.
- D) força de arrasto do ar que atua sobre a pedra.
- E) força de reação normal que a superfície exerce sobre a pedra.

**265. PUCRS.** Um menino de 20 kg desliza de pé num piso cerâmico horizontal com velocidade inicial de 10 m/s, parando após percorrer 4 m. Nestas condições, o módulo da força de atrito média que atuou sobre o menino durante o deslizamento foi de



- A) 1000 N
- B) 500 N
- C) 400 N
- D) 250 N
- E) 200 N

**266. PUCRS.** Um professor pretende manter um apagador parado, pressionando-o contra o quadro de giz (vertical). Considerando  $P$  o peso do apagador, e o coeficiente de atrito entre as superfícies do apagador e a do quadro igual a 0,20, a força mínima aplicada, perpendicular ao apagador, para que este fique parado, é



- A) 0,20P
- B) 0,40P
- C) 1,0P
- D) 2,0P
- E) 5,0P



**267. PUCRS.** Freios com sistema antibloqueio (ABS) são eficientes em frenagens bruscas porque evitam que as rodas sejam bloqueadas e que os pneus deslizem no pavimento. Essa eficiência decorre do fato de que a força de atrito que o pavimento exerce sobre as rodas é máxima quando

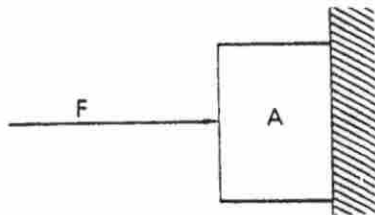


- A) os pneus estão deslizando, porque o atrito cinético é maior que o estático máximo.
- B) os pneus estão na iminência de deslizar, porque o atrito estático máximo é maior que o cinético.
- C) o carro está parado, porque o atrito estático é sempre máximo nessa situação.
- D) a velocidade do carro é constante, porque o atrito cinético é constante.
- E) a velocidade do carro começa a diminuir, porque nessa situação o atrito cinético está aumentando.

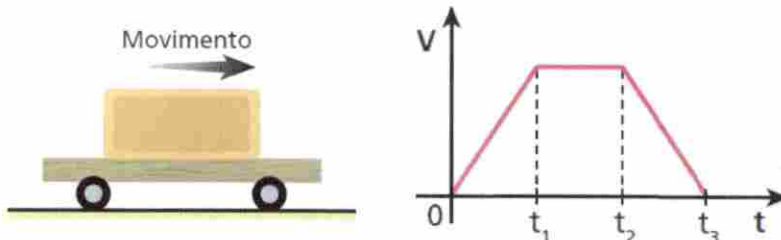
**268.** O corpo A mostrado na figura é constituído de material homogêneo e tem massa de 2,5 kg. Considerando-se que o coeficiente de atrito estático entre a parede e o corpo A vale 0,20 e que a aceleração da gravidade seja  $10 \text{ m/s}^2$ , o valor mínimo da força F para o corpo A fique em equilíbrio, na situação mostrada na figura, é:



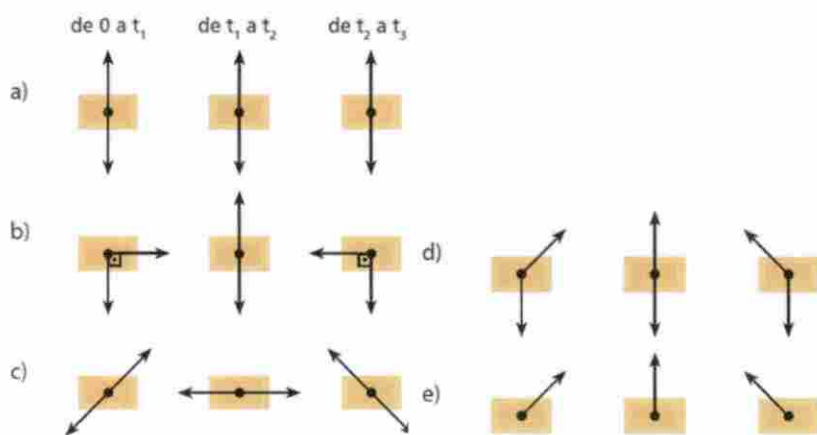
- A) 275 N
- B) 25 N
- C) 125 N
- D) 225 N
- E) 250 N



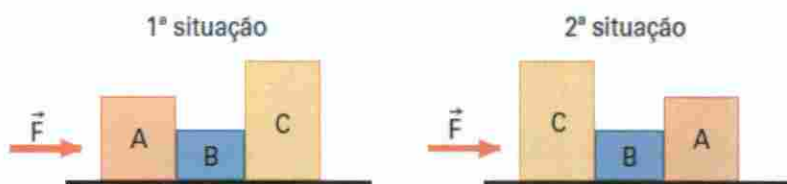
**269.** Considere a situação esquematizada na figura, em que um tijolo está apoiado sobre uma plataforma de madeira plana e horizontal. O conjunto parte do repouso no instante  $t_0 = 0$  e passa a descrever uma trajetória retilínea com velocidade de intensidade  $V$ , variável com o tempo, conforme o gráfico apresentado. No local, a influência do ar é desprezível.



Admitindo que não haja escorregamento do tijolo em relação à plataforma e adotando um referencial fixo no solo, aponte a alternativa que melhor representa as forças que agem no tijolo nos intervalos de 0 a  $t_1$ , de  $t_1$  a  $t_2$  e de  $t_2$  a  $t_3$ :



270. Considere três corpos, **A**, **B** e **C** com as respectivas massas:  $m_A = 4 \text{ kg}$ ,  $m_B = 2 \text{ kg}$  e  $m_C = 6 \text{ kg}$ , que são acelerados por uma força de intensidade de  $12 \text{ N}$  e que se encontram em uma superfície horizontal e lisa, conforme as duas situações apresentadas nas figuras a seguir:



A partir das situações dadas, assinale a alternativa correta:

- A) Nas situações 1 e 2, a força resultante que atua no bloco **B** não se altera.
- B) Nas situações 1 e 2, a aceleração do conjunto se altera.
- C) A força que o bloco **A** exercerá no bloco **B** (situação 1) é a mesma que o bloco **C** exercerá no bloco **B** (situação 2).
- D) A força que o bloco **B** exercerá no bloco **C** (situação 1) é a mesma que o bloco **B** exercerá no bloco **A** (situação 2).
- E) Em qualquer situação a força que cada bloco exercerá sobre o outro será sempre a mesma.





# Aula 7

## Leis de Newton III

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.201 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer as questões 271, 272, 275, 277, 278, 279, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292 e 293

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.203 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer a Leitura 2 – P.213
Fazer as questões 273, 276, 280, 294, 295, 296, 298, 300, 304 e 306

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.204 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer as questões 274, 297, 299, 301, 302, 303, 314 e 315

### PARTE 4

Estudar a Parte 4 – P.206 (teoria, anotações e modelagem)
Rever videoaula Parte 4 se necessário
Analisar os Desafios – P.208
Fazer a Leitura 1 – P.212
Fazer as questões 305, 307, 308, 309, 310, 311, 312 e 313



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



▪ **Parte 1**

**Tensão**

**Tensão (ou Tração)**

É a força aplicada ou transmitida através de cabos (cordas, fios, linhas, etc.).

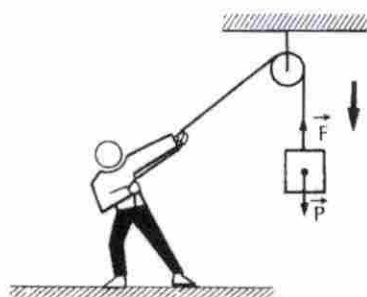


**Importante !** : Em uma situação ideal a tensão aplicada em todos os pontos de uma corda tracionada é de mesmo módulo.

EXEMPLO 1:



EXEMPLO 2:





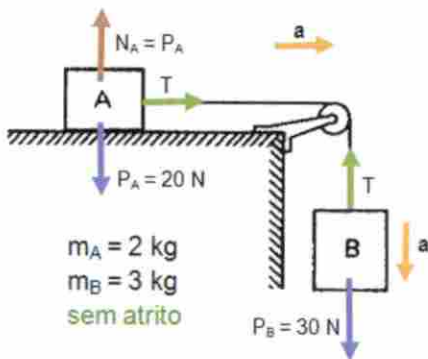
Quando dois ou mais blocos estão ligados por um cabo e uma força resultante externa atua sobre o conjunto, o mesmo adquire aceleração, denominada aceleração do sistema e dada por:

$$a = \frac{F_R (\text{SISTEMA})}{m_{\text{SISTEMA}}}$$

Observe que independente da disposição das massas a aceleração do sistema se mantém a mesma, uma vez que a força resultante externa e a massa do sistema não são alteradas.

Já o valor da força de tensão na corda que une dois blocos é o mesmo em cada um deles por se tratar de uma mesma corda. Para determinar o valor dessa força aplicamos  $F_R = m \cdot a$  em uma das massas.

**EXEMPLO 3 : SEM ATRITO**



.....

.....

.....

.....

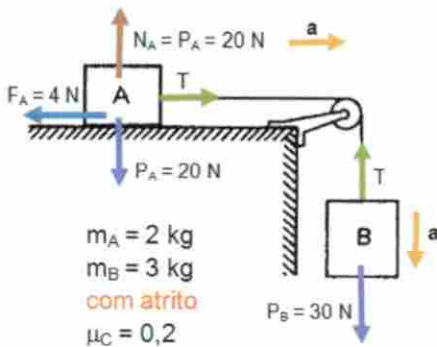
.....

.....

.....

.....

**EXEMPLO 4 : COM ATRITO**



.....

.....

.....

.....

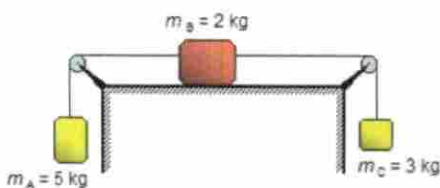
.....

.....

.....

.....

**EXEMPLO 5 : SEM ATRITO**



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



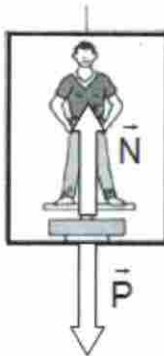
▪ **Parte 2**

**Elevadores/Polias**

**Elevadores**

**Elevador em equilíbrio**

- repouso
- descendo em MRU
- subindo em MRU

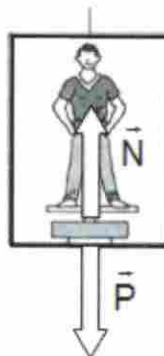


$$\vec{F}_R = 0 \Rightarrow N = P$$

leitura na balança = massa real

**Elevador acelerado para cima**

- subindo em *movimento acelerado*
- descendo *movimento retardado*



$$\vec{F}_R \uparrow \Rightarrow \vec{a} \uparrow \Rightarrow N > P$$

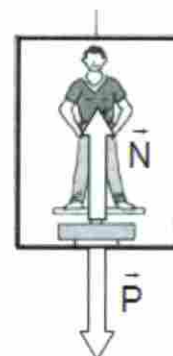
leitura na balança  
m aparente > m real

$$F_R = m \cdot a \rightarrow N - P = m \cdot a$$

$$N = P + m \cdot a \quad (\text{onde } N = P_{\text{APARENTE}})$$

**Elevador acelerado para baixo**

- subindo em *movimento retardado*
- descendo *movimento acelerado*



$$\vec{F}_R \downarrow \Rightarrow \vec{a} \downarrow \Rightarrow N < P$$

leitura na balança  
m aparente < m real

$$F_R = m \cdot a \rightarrow P - N = m \cdot a$$

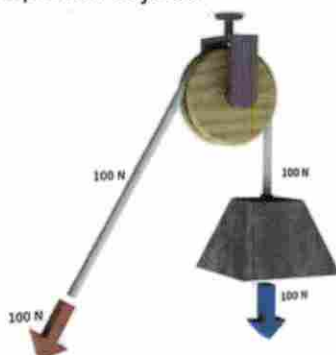
$$N = P - m \cdot a \quad (\text{onde } N = P_{\text{APARENTE}})$$

**Polias ou Roldanas**

As **polias** ou **roldanas** servem para mudar a direção e o sentido da força com que puxamos um objeto (força de tração). As polias podem facilitar a realização de algumas tarefas, dependendo da maneira com que elas são interligadas.

**Roldanas Fixas**

A polia fixa serve apenas para mudar a direção e o sentido da força. Ela é muito utilizada para suspender objetos.



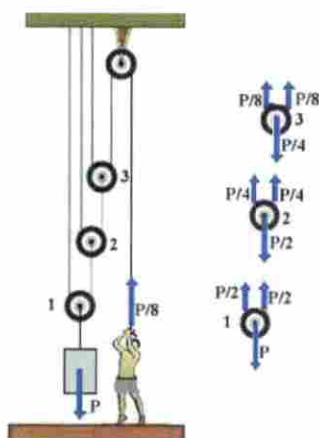
**Roldanas Móveis (Livres)**

A polia móvel facilita a realização de algumas tarefas, como, por exemplo, a de levantar algum objeto pesado. A cada polia móvel colocada no sistema, a força fica reduzida à metade, esta é uma vantagem, só que também temos a desvantagem, quanto mais polias móveis, mais demora a erguer ou puxar o objeto. As polias móveis são muito utilizadas em oficinas para erguer o motor do carro.





EXEMPLO

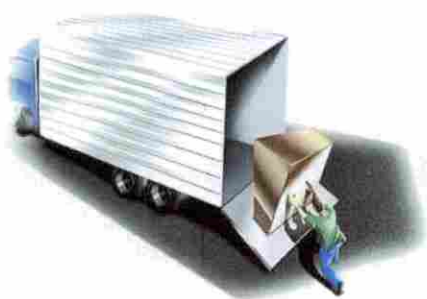


▪ Parte 3

Plano Inclinado

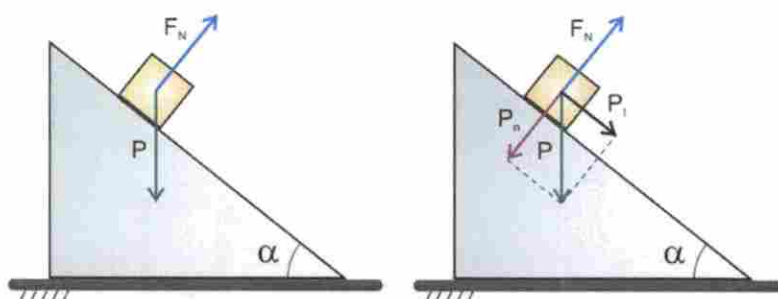
Plano Inclinado

O **plano inclinado** é um tipo de superfície plana, elevada e inclinada, por exemplo, uma rampa.



**Forças no plano inclinado**

Existem **2 forças** que atuam sempre em um corpo apoiado em um plano inclinado: a **força normal** (perpendicular à rampa) e a força peso (força vertical para baixo). Devido a direção do peso não ser nem paralela e nem perpendicular à rampa, precisamos determinar suas componentes:  $P_x$  paralela à rampa e  $P_y$  perpendicular à rampa.



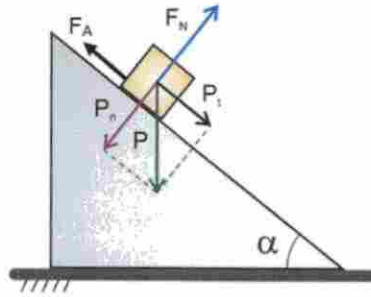
Decomposição vetorial de  $\vec{P} \Rightarrow \vec{P} = \vec{P}_x + \vec{P}_y$

$P_x = P \cdot \text{sen } \theta$

$P_y = P \cdot \text{cos } \theta$



II) Com atrito (*situação real*)



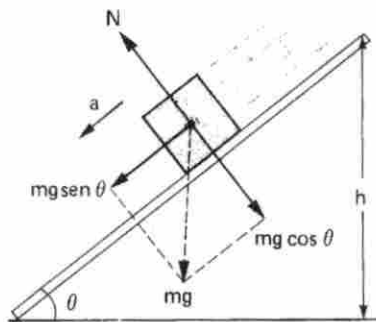
- Perpendicularmente ao plano (SEMPRE) : EQUILÍBRIO :

$$\vec{F}_{RY} = 0 \Rightarrow \boxed{F_N = P_Y} \quad (F_N = P_Y \Rightarrow P_Y < P \Rightarrow F_N < P)$$

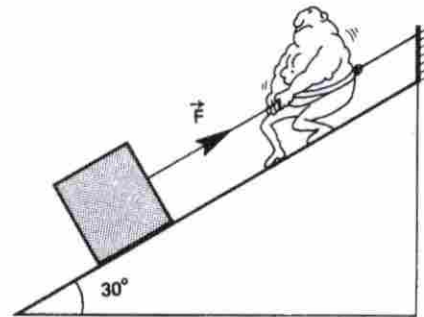
- Plano com atrito e bloco em equilíbrio ( REPOUSO ou MRU )

$$\vec{F}_{RX} = 0 \Rightarrow \boxed{F_A = P_X} \quad (F_A = P_X \Rightarrow P_X < P \Rightarrow F_A < P)$$

- Plano sem atrito (aceleração)



- Plano sem atrito (equilíbrio)



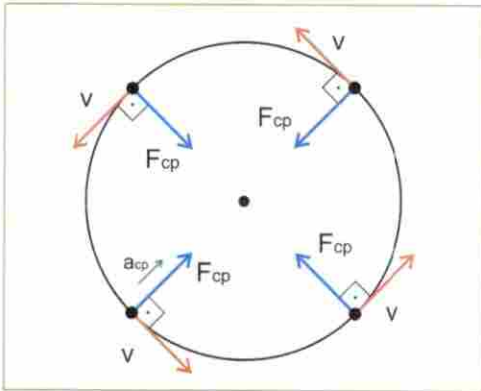


▪ **Parte 4**

**Força Centrípeta**

**Força Centrípeta (  $\vec{F}_c$  )**

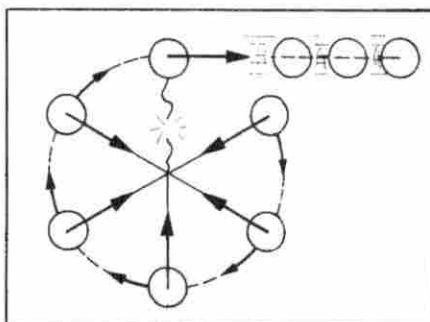
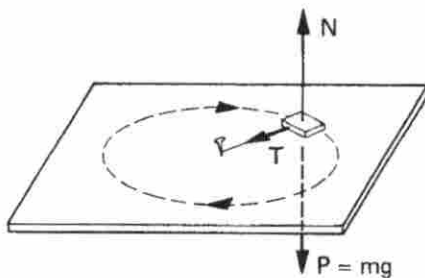
É como denominamos a **resultante das forças** responsável pela **variação na direção do vetor velocidade** (*trajetória curvilínea*). É importante lembrar que a força centrípeta **não é uma força a mais no sistema**, mas sim a resultante das "n" forças do sistema que fazem variar a direção do vetor velocidade.



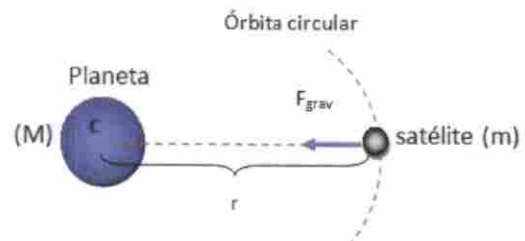
- **Módulo de  $\vec{F}_c$**  :  $F_R = m.a \rightarrow F_C = m.a_C \xrightarrow{a_C = \frac{v^2}{R}} F_C = \frac{m.v^2}{R}$

- **Direção de  $\vec{F}_c$**  : é perpendicular ao vetor velocidade.
- **Sentido de  $\vec{F}_c$**  : aponta para o centro da trajetória curvilínea.

**EXEMPLO 1** : Nesse movimento um bloco gira em MCU sobre uma mesa, preso a um barbante (atritos desprezíveis). A força centrípeta é proporcionada pela tensão no barbante. Se o barbante arrebentar, a força centrípeta deixa de existir e o bloco, por inércia, passa a se deslocar em linha reta.

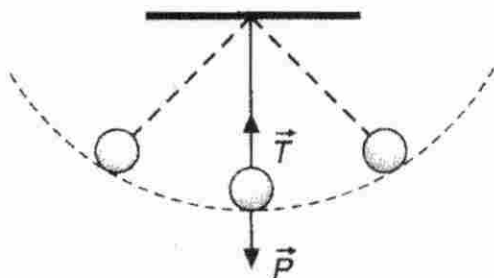


**EXEMPLO 2** : Para um satélite artificial em órbita, a força centrípeta é proporcionada pela atração gravitacional da terra sobre ele.

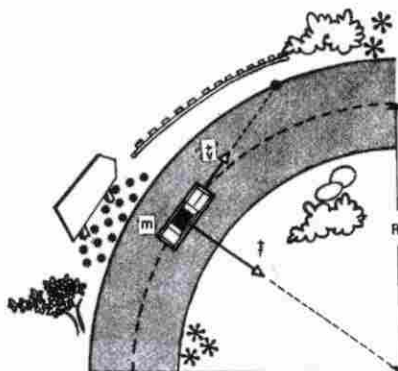




**EXEMPLO 3** : Pêndulo oscilando



**EXEMPLO 4** : Para um carro que descreve uma curva (num plano horizontal), a força centrípeta é proporcionada pelo atrito entre o pneu e o solo



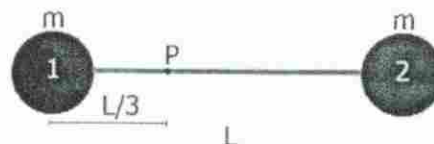
**MODELAGEM**

**UFRGS 2018**

A figura abaixo representa duas esferas, 1 e 2, de massas iguais a  $m$ , presas nas extremidades de uma barra rígida de comprimento  $L$  e de massa desprezível. O sistema formado é posto a girar com velocidade angular constante em torno de um eixo, perpendicular à página, que passa pelo ponto  $P$ .

Se  $v$  a velocidade tangencial  $F$  a força centrípeta, as razões  $v_1/v_2$  e  $F_1/F_2$  entre os módulos dos respectivos vetores são, nessa ordem,

- A) 1/3 e 1/2
- B) 1/2 e 1/4
- C) 1/2 e 1/2
- D) 1/2 e 3/2
- E) 3/2 e 1/2



$$\begin{aligned} \omega_1 &= \omega_2 \\ v_1 / R_1 &= v_2 / R_2 \\ v_1 / (L/3) &= v_2 / (2L/3) \\ v_1 / v_2 &= 1/2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_1 / F_2 &= (m_1 \cdot v_1^2 / R_1) / (m_2 \cdot v_2^2 / R_2) \\ F_1 / F_2 &= (v_1^2 / R_1) / (v_2^2 / R_2) \\ v_2 &= 2 \cdot v_1 \\ F_1 / F_2 &= [v^2 / (L/3)] / [4v^2 / (2L/3)] \\ F_1 / F_2 &= 1/2 \end{aligned}$$

**Resposta C**

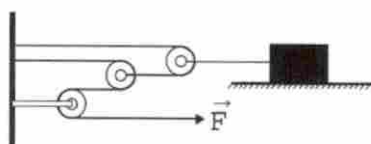




## DESAFIO

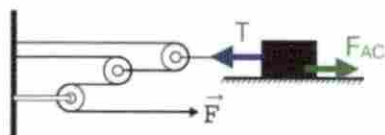
### ENEM

Uma invenção que significou um grande avanço tecnológico na Antiguidade, a polia composta ou a associação de polias, é atribuída a Arquimedes (287 a.C. a 212 a.C.). O aparato consiste em associar uma série de polias móveis a uma polia fixa. A figura exemplifica um arranjo possível para esse aparato. É relatado que Arquimedes teria demonstrado para o rei Hierão um outro arranjo desse aparato, movendo sozinho, sobre a areia da praia, um navio repleto de passageiros e cargas, algo que seria impossível sem a participação de muitos homens. Suponha que a massa do navio era de 3 000 kg, que o coeficiente de atrito estático entre o navio e a areia era de 0,8 e que Arquimedes tenha puxado o navio com uma força  $F$ , paralela à direção do movimento e de módulo igual a 400 N. Considere o fio e as polias ideais, a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$  e que a superfície da praia é perfeitamente horizontal.



O número mínimo de polias móveis usadas, nessa situação, por Arquimedes foi

- A) 3.
- B) 6.
- C) 7.
- D) 8.
- E) 10.



O raciocínio menos matemático resume-se a pensar uma redução da carga a metade para cada roldana livre adicionada. Após o cálculo da força de atrito estática máxima a ser vencida para início do deslizamento (24000 N), teríamos:

$$\begin{aligned}
 v &= \text{constante} & F &= T / 2^n \\
 \mathbf{F}_R &= 0 & F &\geq T / 2^n \\
 T &= F_{AC} & 2^n \cdot F &\geq T \\
 T &= N \cdot \mu_c & 2^n \cdot 400 &\geq 24000 \\
 T &= 30000 \cdot 0,8 & 2^n &\geq 60 \\
 T &= 24000 \text{ N} & (2^6 &= 64)
 \end{aligned}$$

- 1 → 12000 N
- 2 → 6000 N
- 3 → 3000 N
- 4 → 1500 N
- 5 → 750 N
- 6 → 325 N < 400 N

**Resposta: B**

## DESAFIO

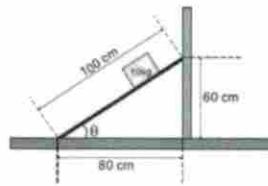
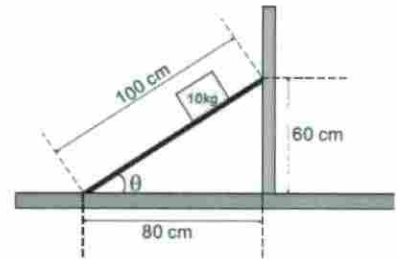
### ACAFE

Um professor de Física utiliza uma rampa móvel para verificar o valor do coeficiente de atrito estático entre ela e um bloco. Foi alterando o ângulo da rampa em relação a horizontal, até que o bloco atingiu a eminência do movimento. Nesse exato instante, tirou uma foto da montagem e acrescentou com os valores de algumas grandezas, como mostra a figura. Chegando a sala, explicou a situação a seus alunos e pediu que determinassem o valor do coeficiente de atrito estático entre o bloco e a rampa.



O valor **correto** do coeficiente de atrito estático e da força de atrito, em **N**, que os alunos devem encontrar, é:

- A) 0,65 e 45.
- B) 0,75 e 45.
- C) 0,65 e 60.
- D) 0,75 e 60.



$$P_Y = P \cdot \cos \theta$$

$$P_Y = 100 \cdot (4/5)$$

$$P_Y = 80 \text{ N}$$

Iminência de deslizar

$$F_R = 0$$

$$P_X = F_{AEM}$$

$$P \cdot \sin \theta = F_{AEM}$$

$$100 \cdot 3/5 = F_{AEM}$$

$$F_{AEM} = 60 \text{ N}$$

$$N \cdot \mu_E = 60$$

$$80 \cdot \mu_E = 60$$

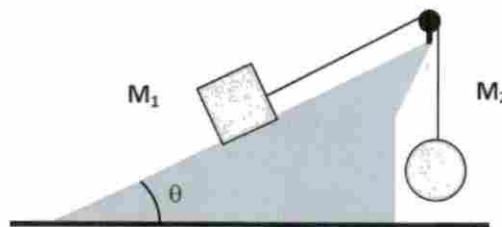
$$\mu_E = 0,75$$

**Resposta: D**

## DESAFIO

### ULBRA

A figura ao lado mostra dois blocos em equilíbrio, interligados por um fio fino através de uma roldana fixa. Considere desprezíveis as massas do fio e da roldana. O coeficiente de atrito estático máximo entre o plano e  $M_1 = 40 \text{ kg}$ , é de  $\mu_E = 0,2$ .



Qual dos valores abaixo apresenta o menor valor para a massa  $M_2$  que faz com que a mesma tenha um deslocamento vertical para baixo? (Use:  $\sin \theta = 0,6$  ;  $\cos \theta = 0,8$  ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- A) 8 kg
- B) 20 kg
- C) 30 kg
- D) 32 kg
- E) 60 kg



$$P_2 > (P_{1X} + F_{AEM})$$

$$P_2 > (P_1 \cdot \text{sen } \theta + N \cdot \mu E)$$

$$P_2 > (P_1 \cdot \text{sen } \theta + P_{2Y} \cdot \mu E)$$

$$M_2 \cdot g > (M_1 \cdot g \cdot \text{sen } \theta + M_2 \cdot g \cdot \text{cos } \theta \cdot \mu E)$$

$$M_2 > (40 \cdot 0,6 + 40 \cdot 0,8 \cdot 0,2)$$

$$M_2 > 24 + 6,4$$

$M_2 > 30,4 \text{ kg}$  (Nas alternativas o valor maior do que 30,4 kg é a de 32 kg)

**Resposta: D**

## DESAFIO

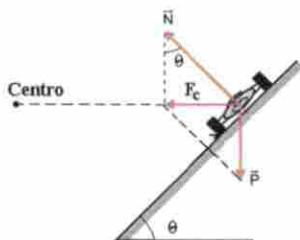
UCPEL 18/1

Um engenheiro, objetivando maior segurança para os usuários de uma rodovia, necessita transformar uma curva plana horizontal de raio R em uma curva inclinada, com inclinação em relação à horizontal e mesmo raio R. A nova curva deve ser projetada de tal forma a possibilitar que os automóveis trafeguem com a mesma velocidade máxima que trafegavam na curva plana horizontal, mas sem a necessidade de absolutamente nenhum atrito entre os pneus do automóvel e a superfície da rodovia para manter o automóvel na curva. Para tal, o engenheiro admite que o coeficiente de atrito estático entre os pneus dos automóveis que trafegam nessa rodovia e a superfície da mesma é igual a  $\mu$ . Sabendo que no local a aceleração da gravidade tem módulo g, o engenheiro deve projetar a curva inclinada com um ângulo  $\theta$  tal que

- A)  $\cot \theta = \mu$     B)  $\text{sen } \theta = \mu$     C)  $\tan \theta = \mu$     D)  $\text{cos } \theta = \mu$     E)  $\theta = \mu$

Curva plana:  $F_C = F_{AEM} \rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = m \cdot g \cdot \mu \rightarrow v^2 = R \cdot g \cdot \mu$

Na curva inclinada:



A  $F_C$  é a resultante do peso e da normal e  $\text{tg } \theta = \text{c.o./c.a.} = F_C / P$

$$\text{tg } \theta = \frac{F_C}{P} \rightarrow F_C = P \cdot \text{tg } \theta \rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = m \cdot g \cdot \text{tg } \theta \rightarrow \frac{R \cdot g \cdot \mu}{R} = g \cdot \text{tg } \theta \rightarrow \mu = \text{tg } \theta$$

**Resposta: C**



## ANOTAÇÕES

Lined area for taking notes.



## LEITURA 1

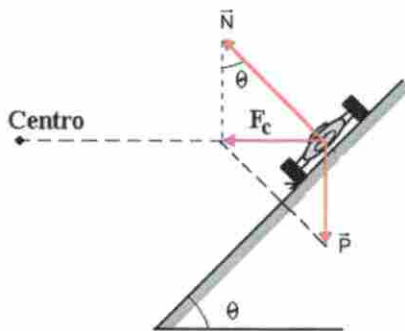
### Carro em uma pista inclinada

Em algumas corridas de carro as pistas se diferem apenas pela sua inclinação, ou seja, na maioria das vezes vemos pistas horizontais, embora algumas corridas sejam realizadas em pistas sobrelevadas. A figura acima nos mostra um exemplo de uma pista sobrelevada, ou seja, uma **pista inclinada**.



Nesse tipo de situação, em que temos o movimento de um carro em uma pista curva sobrelevada, para que a resultante das forças aponte para o centro da curva, é necessário que essa resultante obedeça ao diagrama de forças. Podemos verificar na figura abaixo o esquema do diagrama de forças.

Em um movimento curvilíneo sobre uma pista inclinada, independentemente do atrito, não é necessário que o motorista gire o volante para alterar a direção do movimento se ele mantiver a mesma velocidade. Conforme a composição das forças que atuam no carro da figura acima, temos:



$$\operatorname{tg} \theta = \frac{F_c}{P}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\frac{m \cdot v^2}{r}}{m \cdot g}$$

$$v^2 = r \cdot g \cdot \operatorname{tg} \theta$$

$$v = \sqrt{r \cdot g \cdot \operatorname{tg} \theta}$$

Sabemos que para uma curva plana e horizontal a velocidade do móvel pode ser determinada através da seguinte equação:  $v = \sqrt{r \cdot g \cdot \mu_s}$ , então, ao substituirmos o atrito por uma inclinação na pista, teremos:  $\operatorname{tg} \theta = \mu_s$

Se você estiver em uma pista sobrelevada e quiser fazer a ultrapassagem de outro veículo pelo lado de fora da curva, basta apenas acelerar o veículo, sem girar o volante. Mas se você quiser aumentar a velocidade e permanecer no mesmo nível horizontal, basta que, simultaneamente, você aumente a velocidade do veículo e gire o volante do carro para dentro da curva.

Agindo dessa maneira, o uso da força de atrito impedirá que o carro se dirija para fora da curva.

Cabe ressaltar que, se você reduzir a velocidade do carro, o carro tenderá a cair para o centro da curva, porém, para compensar essa queda rumo ao centro da curva, você deve girar o volante para fora da curva.

A fim de simplificar o que foi mencionado podemos fazer uma experiência bastante simples. Se pegarmos um funil e colocarmos uma bolinha de gude dentro e começarmos a fazer com que ela gire, perceberemos que ela descreverá uma curva horizontal. Agora se aumentarmos a velocidade da bolinha de gude veremos que ela tende a "subir" para a lateral do funil. Caso a velocidade da bolinha diminua, ela tende a "cair" para o centro do funil.





## LEITURA 2

## ROLDANAS - POLIA FIXA E MÓVEL

Uma das máquinas simples, a polia, já era conhecida desde a Idade Antiga, com sua invenção sendo frequentemente atribuída ao pensador grego Arquimedes de Siracusa (287 – 212 a. C.). Conta-se que ele, inclusive, organizou uma demonstração, com base na associação de polias, para aumentar ainda mais o prestígio do rei Hieron.



Figura 1: Retirada de ARTUSO e WRUBLEWSKI, 2013, p. 126

Nela, o rei foi convidado a puxar uma corda para, sozinho, trazer um navio da mar à praia. Essa tarefa era, em geral, realizada por grupos de soldados. Mas, para surpresa de todos, o rei conseguiu movimentar o navio, deixando a pergunta: Como é possível deslocar massas tão grandes exercendo pequenas forças? (Figura 1) Para responder a essa pergunta, é preciso observar com mais detalhes as polias e diferenciar as que são fixas das que são móveis. Para os estudos, assume-se que não há atrito na polia e que sua presença é desprezível. Isso desde que sua massa seja pequena comparada às demais do sistema em estudo. Uma polia fixa tem seu eixo preso a um suporte rígido que lhe permite apenas o movimento de rotação. Assim, as forças que agem nos extremos do fio possuem o mesmo módulo e a vantagem de usar a polia é poder alterar a direção ou o sentido da força necessária para, por exemplo, levantar um objeto. As polias móveis tem seu eixo livre, o que significa que elas podem ter movimento de translação. Normalmente, elas vem associadas a outras polias, o que facilita seu manuseio. A vantagem da polia móvel é que a força que ela sustenta se divide entre os extremos do fio, com o operador precisando sustentar apenas uma fração da força original.

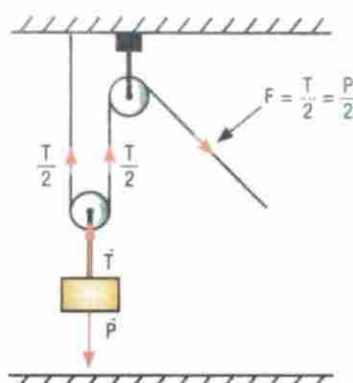


Figura 2: Retirada de ARTUSO e WRUBLEWSKI, 2013, p. 127

Observe que, na figura 2, a força necessária para levantar o objeto é apenas metade do peso dele. Por isso, as polias móveis e as associações delas são muito utilizadas quando é necessário elevar grandes massas, como em oficinas mecânicas, na construção civil ou nos cais dos portos. Apesar de economizar na força, quanto mais polias móveis são utilizadas, maior o deslocamento da corda. Isso também pode ser percebido pela figura: ao puxarmos 1 m de fio, o objeto pendurado se elevará apenas 50 cm. Ganha-se em força, mas perde-se em distância. Foi essa troca, força por distância, que supostamente permitiu ao rei Hieron. Conseguir deslocar sozinho um navio, mesmo que, ao puxar metros de corda, o navio tenha se movimentado apenas alguns centímetros.



## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

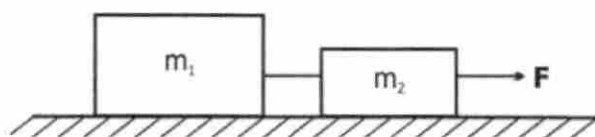
Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**Instrução:** As questões **271** e **272** referem-se ao enunciado abaixo.

Dois blocos, de massas  $m_1=3,0$  kg e  $m_2=1,0$  kg, ligados por um fio inextensível, podem deslizar sem atrito sobre um plano horizontal. Esses blocos são puxados por uma força horizontal **F** de módulo  $F=6$  N, conforme a figura abaixo. (Desconsidere a massa do fio.)



**271. UFRGS.** A tensão no fio que liga os dois blocos é

- A) zero.
- B) 2,0 N.
- C) 3,0 N.
- D) 4,5 N.
- E) 6,0 N.



**272. UFRGS.** As forças resultantes sobre  $m_1$  e  $m_2$  são, respectivamente,

- A) 3,0 N e 1,5 N.
- B) 4,5 N e 1,5 N.
- C) 4,5 N e 3,0 N.
- D) 6,0 N e 3,0 N.
- E) 6,0 N e 4,5 N.



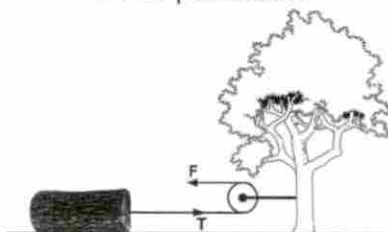


**INSTRUÇÃO:** Para responder à questão 273, analise a situação descrita.

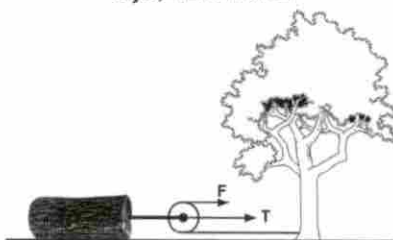
**273. PUCRS.** Um geólogo, em atividade no campo, planeja arrastar um grande tronco petrificado com auxílio de um cabo de aço e de uma roldana. Ele tem duas opções de montagem da roldana, conforme as ilustrações a seguir, nas quais as forças  $F$  e  $T$  não estão representadas em escala.



*Montagem 1:* A roldana está fixada numa árvore; e o cabo de aço, no tronco petrificado.



*Montagem 2:* A roldana está fixada no tronco petrificado; e o cabo de aço, na árvore.



Considerando que, em ambas as montagens, a força aplicada na extremidade livre do cabo tem módulo  $F$ , o módulo da força  $T$  que traciona o bloco será igual a

- A)  $F$ , em qualquer das montagens.
- B)  $F/2$  na montagem 1.
- C)  $2F$  na montagem 1.
- D)  $2F$  na montagem 2.
- E)  $3F$  na montagem 2.

**274. UPF.** A respeito do comportamento de um bloco apoiado sobre um plano inclinado, analise as afirmativas a seguir e assinale a incorreta.

- A) À medida que a inclinação do plano com a horizontal cresce, a componente da força peso paralela ao plano também cresce.
- B) Quando a inclinação do plano com a horizontal for de  $30^\circ$ , a componente da força peso paralela ao plano terá um valor igual ao valor da metade do peso do bloco.
- C) Para que a componente da força peso paralela ao plano tenha o mesmo valor que a componente perpendicular ao plano, é preciso que a inclinação do plano seja de  $45^\circ$ .
- D) Para um ângulo de  $60^\circ$  de inclinação, a componente da força peso paralela ao plano será de 3 do peso do bloco.
- E) O peso do bloco será sempre o mesmo, independentemente do ângulo de inclinação do plano.

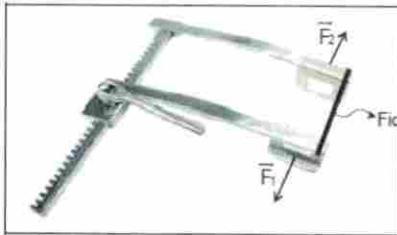






**275. ACAFE.** Considere o caso abaixo e marque com V as proposições verdadeiras e com F as falsas.

Os procedimentos médicos exigem a manipulação de vários instrumentos, a fim de facilitar um processo cirúrgico, por exemplo. Um desses instrumentos é o afastador autoestático chamado Finochietto.



Sua função é afastar os tecidos abertos para promover melhor visualização, manuseio, etc, por parte dos médicos em um procedimento cirúrgico.

Todavia, no laboratório de Física, foi utilizado para romper um fio que suportava força máxima de ruptura de módulo 50N, como mostra a figura.

- ( ) O fio rompe se  $F_1 = 30\text{N}$  e  $F_2 = 25\text{N}$ .
- ( ) As forças  $F_1$  e  $F_2$  terão o mesmo módulo.
- ( ) Para que o fio rompa as forças  $F_1$  e  $F_2$  tem que possuir módulos superiores a 50N.
- ( ) O fio se rompe quando  $F_1 = 30\text{N}$  e  $F_2 = 30\text{N}$ , pois a força aplicada sobre o fio é de 60N.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- A) F - V - F - V
- B) V - V - V - F
- C) F - V - V - F
- D) V - F - V - F

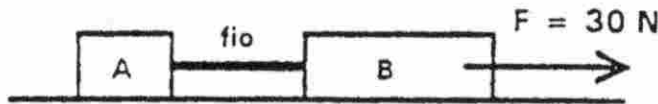
**276. UPF.** A queda de um elevador em um prédio no centro de Porto Alegre no final de 2014 reforçou as ações de fiscalização nesses equipamentos, especialmente em relação à superlotação. A partir desse fato, um professor de Física resolve explorar o tema em sala de aula e apresenta aos alunos a seguinte situação: um homem de massa 70 kg está apoiado numa balança calibrada em newtons no interior de um elevador que desce à razão de  $2\text{ m/s}^2$ . Considerando  $g = 10\text{ m/s}^2$ , pode-se afirmar que a intensidade da força indicada pela balança será, em newtons, de:



- A) 560
- B) 840
- C) 700
- D) 140
- E) 480

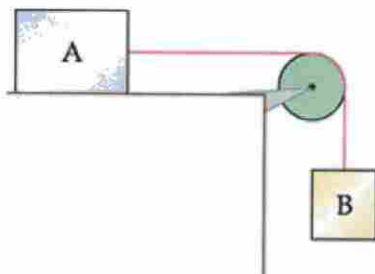


**277. UFRGS.** Dois blocos A e B, com massas  $m_A = 5\text{kg}$  e  $m_B = 10\text{kg}$ , são colocados sobre uma superfície plana horizontal (o atrito entre os blocos e a superfície é nulo) e ligado por um fio inextensível e com massa desprezível (conforme a figura abaixo). O bloco B é puxado para a direita por uma força horizontal  $F$  com módulo igual a  $30\text{N}$ . Nessa situação, o modelo da aceleração horizontal do sistema e o módulo da força tensora no fio valem, respectivamente



- A)  $2\text{m/s}^2$  e  $30\text{N}$
- B)  $2\text{m/s}^2$  e  $20\text{N}$
- C)  $3\text{m/s}^2$  e  $5\text{N}$
- D)  $3\text{m/s}^2$  e  $10\text{N}$
- E)  $2\text{m/s}^2$  e  $10\text{N}$

**278. ULBRA.** A figura mostra um sistema formado pelos blocos A de massa  $6\text{kg}$  e um bloco B de massa  $4\text{kg}$ . Considera-se  $g = 10\text{m/s}^2$  e desprezíveis as massas da corda e da roldana.



Sabendo-se que existe, entre o bloco A e o plano, atrito de coeficiente estático de  $0,4$  e cinético  $0,25$ , determine a aceleração do sistema e a tensão na corda.

- A)  $1,6\text{m/s}^2$  ;  $25,0\text{N}$
- B)  $1,6\text{m/s}^2$  ;  $30,0\text{N}$
- C)  $1,6\text{m/s}^2$  ;  $33,6\text{N}$
- D)  $2,5\text{m/s}^2$  ;  $33,6\text{N}$
- E)  $2,5\text{m/s}^2$  ;  $30,0\text{N}$

**279. UFRGS.** Duas esferas de pesos  $P$  e  $2P$  estão em repouso, penduradas por fios, como mostra a figura ao lado. O módulo da resultante das forças que atuam sobre a esfera de peso  $2P$  é igual a





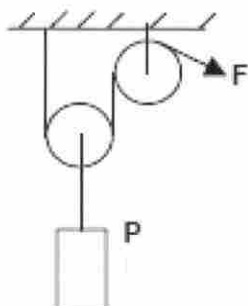
- A) zero
- B)  $P/2$
- C)  $P$
- D)  $2P$
- E)  $3P$



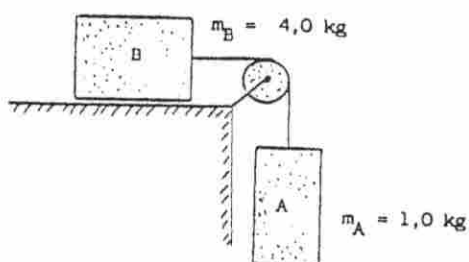
**280. PUCRS.** Numa obra de construção civil, os operários transportam verticalmente materiais usando roldanas, conforme a figura abaixo. Supõe-se o atrito desprezível e o peso das roldanas e da corda muito pequeno. Para elevar um material de peso  $P$ , a força  $F$  deve ser um pouco superior a



- A)  $P/4$
- B)  $P/2$
- C)  $P$
- D)  $2P$
- E)  $4P$



**281. PUCRS.** A figura apresenta um sistema composto por dois blocos A e B, de 1,0 kg e 4,0 kg de massa, respectivamente, interligados por uma corda que passa por uma roldana.

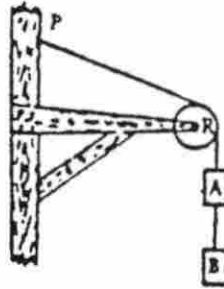


Considerando-se desprezíveis as forças de atrito e as massas da roldana e da corda, sendo a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , é correto afirmar que

- A) a força resultante sobre o sistema é de 50 N.
- B) a força resultante sobre o bloco B é de 8,0 N.
- C) a aceleração dos blocos é nula.
- D) a aceleração dos blocos é  $10 \text{ m/s}^2$ .
- E) a tensão na corda é de 10 N.



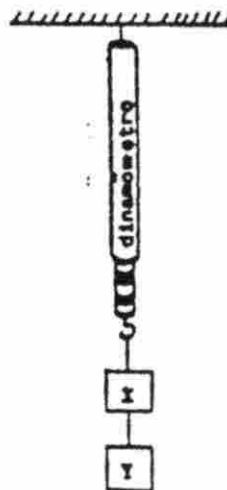
**282. UFRGS.** A figura mostra uma corda, presa no ponto P, que passa pela roldana R (sem atrito) e sustenta os blocos A e B de massas iguais. B está preso em A por outra corda. As cordas tem massa desprezível



Considerando  $T_1$  o módulo da tensão na corda entre P e R,  $T_2$  entre R e A e  $T_3$  entre A e B, qual a relação entre os módulos dessas tensões?

- A)  $T_1 = T_2 = T_3$
- B)  $T_1 = T_2 > T_3$
- C)  $T_1 > T_2 > T_3$
- D)  $T_1 > T_2 = T_3$
- E)  $T_1 < T_2 > T_3$

**283. UFRGS.** Um dinamômetro fornece uma leitura de 15 N quando os corpos X e Y estão pendurados nele, conforme a figura. Sendo a massa de Y igual ao dobro da massa de X, qual a tensão na corda que une os dois blocos ?



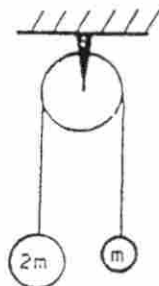
- A) Nula
- B) 5 N
- C) 10 N
- D) 15 N
- E) 30 N

**284. PUCRS.** Duas massas,  $m$  e  $2m$ , unidas por um fio podem se movimentar através de uma roldana, que gira livremente sem atrito, como indica a figura. Sendo  $g$  a aceleração da gravidade, a aceleração do sistema formado pelas duas massas, quando elas forem abandonadas, a partir do repouso, será

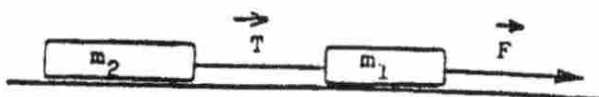




- A)  $g/3$
- B)  $2g$
- C)  $3/g$
- D)  $g/2$
- E)  $2g/3$



**285. PUCRS.** Dois blocos de massas  $m_1$  e  $m_2$ , diferentes, estão ligados entre si por meio de uma corda e são arrastados mediante a aplicação de uma força  $F$ , conforme mostra a figura.

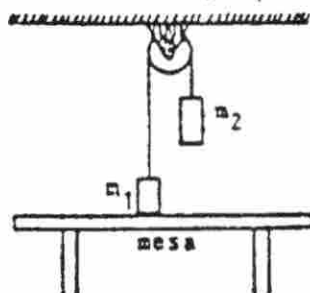


O módulo da tensão  $T$  na corda que une os blocos

- A) permanece inalterável se a posição dos blocos for trocada entre si
- B) pode ser obtido pelo produto da massa  $m_2$  pela aceleração do sistema
- C) independe da força  $F$  aplicada
- D) quadruplica se o módulo de  $F$  duplicada
- E) reduz-se à metade se o módulo de  $F$  duplica

**Instrução :** A figura e o enunciado referem-se às questões de números 286 e 287.

A roldana gira livremente e tem massa desprezível em relação a  $m_1$  e  $m_2$ . Os pesos das massas  $m_1$  e  $m_2$  são, respectivamente, 2,0N e 3,0N.



**286. UFRGS.** Qual é o módulo da tensão na corda, em N, enquanto a massa  $m_1$  é mantida presa à mesa ?

- A) 1,0
- B) 2,0
- C) 3,0
- D) 4,0
- E) 5,0



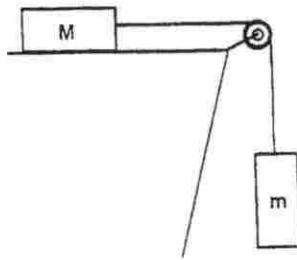


**287. UFRGS.** Soltando-se  $m_1$ , a tensão na corda será, em N,

- A) 1,2
- B) 2,0
- C) 2,4
- D) 3,0
- E) 5,0



**288. PUCRS.** O sistema abaixo é formado por duas massas,  $M$  e  $m$ . O valor da massa  $M$  é igual a  $6,0\text{ kg}$  e ela move-se sobre um plano horizontal, sem atritos, como mostra a figura.

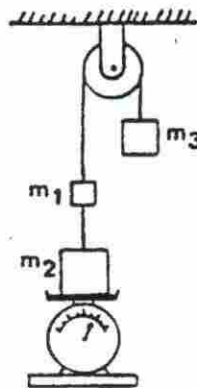


Para que o sistema tenha uma aceleração de  $2\text{ m/s}^2$ , sendo a aceleração da gravidade  $g = 10\text{ m/s}^2$ , o valor da massa  $m$ , em kg, deve ser

- A) 1,0
- B) 1,5
- C) 3,0
- D) 4,0
- E) 4,5

**Instrução:** As questões de número **289** e **290** referem-se á situação que segue.

Três blocos, de massas  $m_1 = 1\text{ kg}$ ,  $m_2 = 5\text{ kg}$  e  $m_3 = 3\text{ kg}$  encontram-se em repouso num arranjo como o representado na figura. Considere a aceleração da gravidade igual a  $10\text{ m/s}^2$  e desconsidere eventuais forças de atrito.



**289. UFRGS.** Qual é a leitura da balança?

- A) 20N
- B) 30N
- C) 40N
- D) 50N
- E) 60N





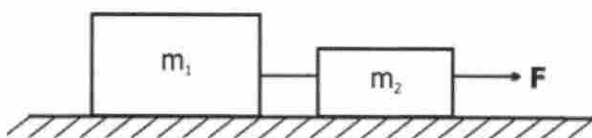
**290. UFRGS.** Se a corda fosse cortada entre as massas  $m_1$  e  $m_2$ , a aceleração do sistema formado pelas massas  $m_1$  e  $m_3$  seria, em  $m/s^2$

- A) 10
- B) 7,5
- C) 6
- D) 5
- E) 1



**Instrução:** As questões **291** e **292** referem-se ao enunciado abaixo.

Dois blocos, de massas  $m_1=3,0$  kg e  $m_2=1,0$  kg, ligados por um fio inextensível, podem deslizar sem atrito sobre um plano horizontal. Esses blocos são puxados por uma força horizontal **F** de módulo  $F=6$  N, conforme a figura abaixo. (Desconsidere a massa do fio.)



**291. UFRGS.** A tensão no fio que liga os dois blocos é

- A) zero.
- B) 2,0 N.
- C) 3,0 N.
- D) 4,5 N.
- E) 6,0 N.

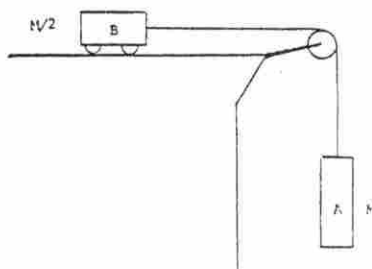


**292. UFRGS.** As forças resultantes sobre  $m_1$  e  $m_2$  são, respectivamente,

- A) 3,0 N e 1,5 N.
- B) 4,5 N e 1,5 N.
- C) 4,5 N e 3,0 N.
- D) 6,0 N e 3,0 N.
- E) 6,0 N e 4,5 N.



**293. PUCRS.** O sistema abaixo, composto pelos blocos A e B, desliza sobre uma superfície livre de atritos. A massa do bloco A é igual a  $M$  e a massa do bloco B é igual a  $M/2$ .

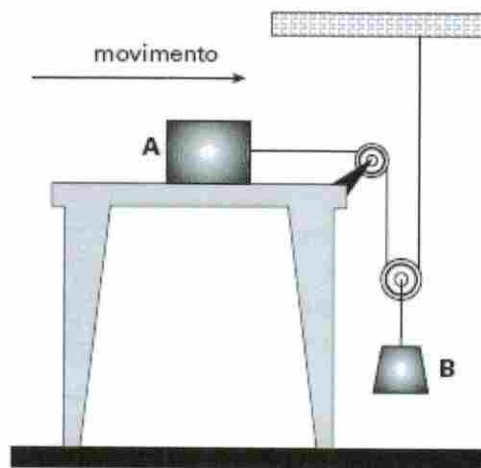


Sendo  $g$  a aceleração da gravidade, a aceleração do bloco A é



- A)  $2g/3$
- B)  $3g/2$
- C)  $2g$
- D)  $3g$
- E)  $6g$

**294.** Sobre uma superfície plana e horizontal, um bloco A, de massa  $m_A$ , desloca-se em MRU (movimento retilíneo uniforme) no sentido indicado na figura abaixo. Esse corpo faz parte do conjunto ilustrado, no qual as polias e os fios são considerados ideais e a massa do corpo B é  $m_B$ .



Nessas condições, podemos dizer que o coeficiente de atrito cinético entre a base inferior do corpo A e a referida superfície plana é:

- A) Zero
- B)  $\mu = \frac{2m_B}{m_A}$
- C)  $\mu = \frac{2m_A}{m_B}$
- D)  $\mu = \frac{2m_A}{m_B}$
- E)  $\mu = \frac{m_B}{2m_A}$

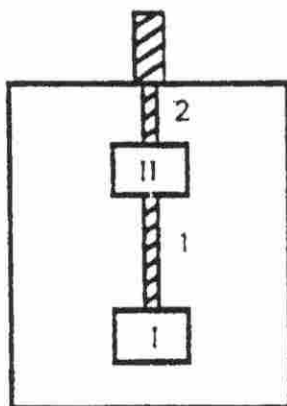
**295. UFRGS.** A figura representa duas massas I e II, de 1kg cada uma, suspensas do teto de um elevador pelas cordas 1 e 2, de massas desprezíveis. Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Quais os valores do módulo da força exercida pela corda 1 sobre o bloco I, respectivamente nas situações em que o elevador se desloca para cima com velocidade constante de  $2\text{m/s}$ , e em que o elevador está parado?







- A) 10N e 10N
- B) 12N e 10N
- C) 10N e 12N
- D) 12N e 12N
- E) 22N e 20N

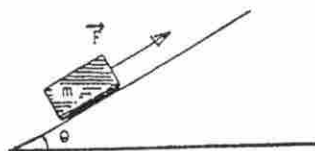


**296. UFRGS.** Uma pessoa, cuja massa é de 50 kg, está em pé sobre uma balança, dentro de um elevador parado. Ela verifica que a balança registra 490 N para seu peso. Quando o elevador estiver subindo com aceleração de  $2 \text{ m/s}^2$ , a leitura que a pessoa fará na balança será, em N,



- A) Zero.
- B) 390
- C) 490
- D) 590
- E) 980

**297. PUCRS.** A figura abaixo ilustra um plano inclinado, com ângulo  $\theta$  sobre o qual um corpo de massa  $m$  é arrastado para cima com uma força paralela ao plano.



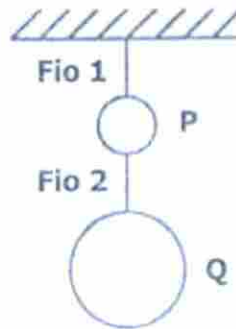
Considerando o atrito desprezível, o módulo da força necessária para arrastar o corpo com velocidade constante

- A) independe do ângulo.
- B) independe da massa  $m$  do corpo.
- C) deve ser igual ao peso do corpo.
- D) deve ser maior que o peso do corpo.
- E) deve ser menor que o peso do corpo.



**298. UFRGS.** A figura abaixo representa dois objetos, P e Q, cujos pesos, medidos com um dinamômetro por um observador inercial, são 6 N e 10 N, respectivamente.

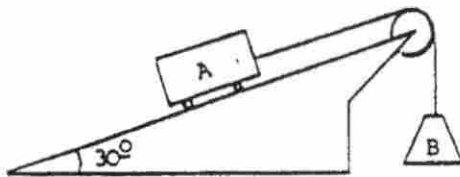
Por meio de dois fios de massas desprezíveis, os objetos P e Q acham-se suspensos, em repouso, ao teto de um elevador que, para o referido observador, se encontra parado.



Para o mesmo observador, quando o elevador acelerar verticalmente para cima à razão de  $1 \text{ m/s}^2$ , qual será o módulo da tensão no fio 2? (Considere a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$ ).

- A) 17,6 N
- B) 16,0 N
- C) 11,0 N
- D) 10,0 N
- E) 9,0 N

**299. PUCRS.** Dois corpos, A e B, de massas  $m_A = m_B$ , estão unidos por um fio inextensível e de peso desprezível, conforme a figura abaixo.



Desprezando-se os atritos e sabendo-se que a aceleração da gravidade é  $g$ , a aceleração do sistema, em  $\text{m/s}^2$ , será ( $\text{sen } 30^\circ = 1/2$ )

- A)  $g/8$
- B)  $g/4$
- C)  $g/2$
- D)  $g$
- E)  $2g$

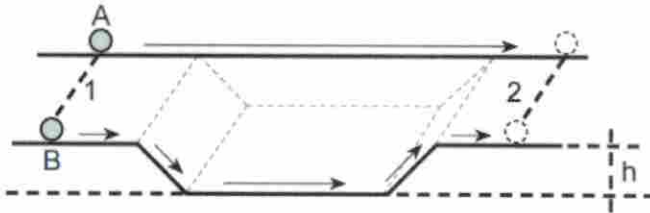
**300. PUCRS.** Imagine a situação de um elevador de massa  $M$  que, de maneira simplificada, estaria sujeito somente a duas forças: a tensão produzida pelo cabo que o sustenta  $T$  e o peso  $P$ . Suponha que o elevador esteja descendo com velocidade que decresce em módulo com o transcorrer do tempo. A respeito dos módulos das forças  $T$ ,  $P$  e  $F_R$  (força resultante sobre o elevador), pode-se afirmar que

- A)  $T = P$  e  $F_R = 0$
- B)  $T < P$  e  $F_R \neq 0$
- C)  $T > P$  e  $F_R \neq 0$
- D)  $T > P$  e  $F_R = 0$
- E)  $T < P$  e  $F_R = 0$





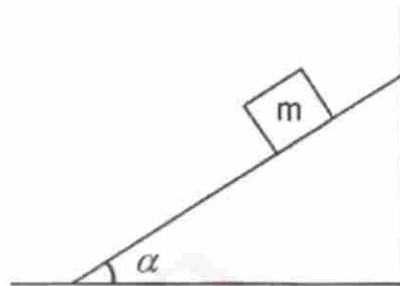
**301. PUCRS Modificada.** Na figura abaixo, são representadas, em perspectiva, duas esferas, A e B, que deslizam livres de quaisquer atritos sobre dois trilhos. Em um mesmo instante, as duas esferas passam pela posição (1) com velocidades iguais, medidas em relação a um mesmo referencial inercial. Ao passarem pela posição (2), qual será a relação entre os módulos das velocidades das esferas A e B e entre os intervalos de tempo necessários para elas percorrerem as distâncias entre (1) e (2)?



- A)  $v_A > v_B$  e  $\Delta t_A = \Delta t_B$
- B)  $v_A > v_B$  e  $\Delta t_A < \Delta t_B$
- C)  $v_A = v_B$  e  $\Delta t_A > \Delta t_B$
- D)  $v_A = v_B$  e  $\Delta t_A = \Delta t_B$
- E)  $v_A < v_B$  e  $\Delta t_A > \Delta t_B$

**Instruções:** As questões **302** e **303** referem-se ao enunciado e gráfico abaixo.

Na figura abaixo, um bloco de massa  $m$  é colocado sobre um plano inclinado, sem atrito, que forma um ângulo  $\alpha$  com a direção horizontal. Considere  $g$  o módulo da aceleração da gravidade.



**302. UFRGS.** Nessa situação, os módulos da força peso do bloco e da força normal sobre o bloco valem, respectivamente,



- A)  $mg$  e  $mg$ .
- B)  $mg$  e  $mg \sin \alpha$ .
- C)  $mg$  e  $mg \cos \alpha$ .
- D)  $mg \sin \alpha$  e  $mg$ .
- E)  $mg \cos \alpha$  e  $mg \sin \alpha$ .

**303. UFRGS.** O módulo da força resultante sobre o bloco é igual a



- A)  $mg \cos \alpha$ .
- B)  $mg \sin \alpha$ .
- C)  $mg \tan \alpha$ .
- D)  $mg$ .
- E) Zero.



**304. ULBRA.** Observa-se que o mostrador de uma balança, colocada no interior de um elevador, registra 80 kg para a massa de determinado objeto de 60 kg. Neste caso, pode-se afirmar que o elevador

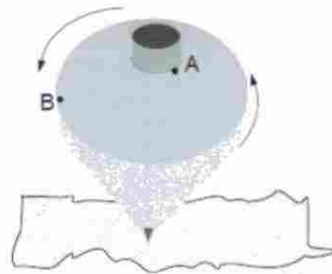


- A) está subindo com velocidade crescente.
- B) está subindo com velocidade constante.
- C) está subindo com velocidade decrescente.
- D) está descendo com velocidade crescente.
- E) está parado.

**305. ACAFE.** Analise o caso apresentado e a seguir as proposições feitas pelo professor a seus alunos.



Brincar de jogar pião fez e ainda faz parte da infância das pessoas. Ver o pião girando sem cair é algo que encanta as crianças. Agora, podemos perceber conhecimentos físicos envolvidos no rodar do pião.



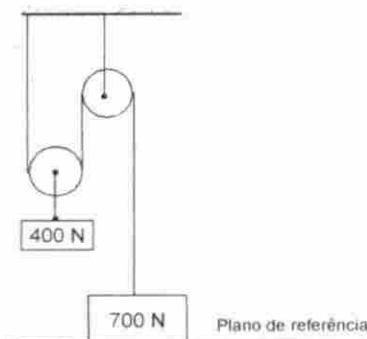
Nesse sentido, considere um pião girando em MCU, conforme figura a seguir, com duas esferas iguais (A e B) grudadas sobre ele nas posições indicadas.

- I. As esferas A e B estão sujeitas a mesma força centrípeta.
- II. As velocidades angulares das esferas A e B são iguais.
- III. O vetor velocidade linear da esfera A é constante.
- IV. O módulo da velocidade linear da esfera A é menor que o módulo da velocidade linear da esfera B.

Todas as afirmações corretas estão em:

- A) I - II - III
- B) II - III - IV
- C) II - IV
- D) III - IV

**306.** A figura mostra um bloco, de peso igual a 700 N, apoiado num plano horizontal, sustentando um corpo de 400 N de peso, por meio de uma corda inextensível, que passa por um sistema de roldanas consideradas ideais.

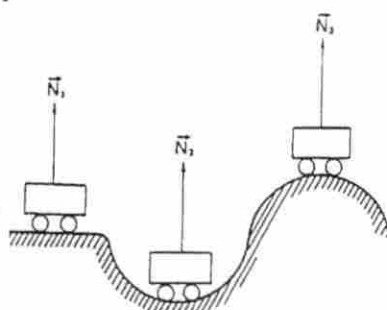




O módulo da força do plano sobre o bloco é:

- A) 1100 N
- B) 900 N
- C) 500 N
- D) 300 N
- E) 100 N

**307.** A figura abaixo é supostamente a reprodução de uma fotografia de um trecho de uma estrada, e a situação que foi fixada na fotografia é a seguinte: O automóvel da esquerda estava percorrendo um trecho horizontal, o do centro estava passando no ponto mais baixo de uma depressão e o da direita estava passando exatamente no ponto mais alto de uma elevação.



Sabendo-se que os carros eram idênticos e estavam igualmente carregados, e supondo momentaneamente desprezíveis os atritos, e sendo  $N_1$ ,  $N_2$  e  $N_3$  as forças exercidas pela estrada sobre os carros, pode-se afirmar que, no instante fixado na fotografia, sendo  $g$  constante:

- A)  $N_1 = N_2 = N_3$
- B)  $N_1 > N_2 > N_3$
- C)  $N_2 > N_1 > N_3$
- D)  $N_3 > N_2 > N_1$
- E)  $N_2 < N_1 < N_3$

**308. UFRGS.** Joãozinho é um menino sem conhecimento científico, mas abe lançar uma pedra amarrada a um barbante como ninguém. Ele ergue o braço, segura a extremidade livre do barbante em sua mão e aplica-lhe sucessivos impulsos. Assim ele faz a pedra girar em uma trajetória horizontal sobre a sua cabeça, até que, finalmente, a arremessa com precisão na direção desejada,



O que Joãozinho gostaria de explicar (mas não sabe) é a razão pela qual as duas extremidades do barbante esticado nunca chegam a ficar exatamente no mesmo plano horizontal. Por mais rápido que ele faça a pedra girar, a extremidade presa à pedra fica sempre abaixo da outra extremidade.

Para resolver esta questão, é necessário identificar, dentre as forças exercidas sobre a pedra, aquela que impede que a extremidade presa à pedra se eleve ao mesmo nível da outra extremidade. Qual é essa força?



- A) A força centrípeta.
- B) A força de empuxo estático.
- C) A força tangencial à trajetória.
- D) A força de tensão no barbante.
- E) A força peso.

**309.** Uma criança com massa  $M$  (quilograma) está sentada junto à borda de um carrossel que tem um diâmetro  $D$  (metros). Um observador, situado em um sistema de referência inercial, percebe que o carrossel demora  $T$  (segundos) para dar uma volta completa. A partir das informações, considere as seguintes afirmações:

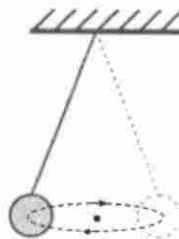


- I – Se a criança estivesse sentada em uma posição que corresponde à metade do raio do carrossel, o módulo da sua velocidade angular não seria o mesmo.
- II – Se a criança estivesse sentada em uma posição que corresponde à metade do raio do carrossel, o módulo da sua velocidade linear não seria o mesmo.
- III – A força centrípeta exercida sobre a criança independe do tempo que o carrossel demora para completar uma volta.
- IV – A resultante das forças exercidas sobre a criança aponta, tangencialmente, no sentido do movimento.

Quais afirmativas estão corretas sob o ponto de vista do observador inercial?

- A) apenas I.
- B) apenas II.
- C) II e IV.
- D) I, II e III.
- E) I, II, III e IV.

**310. UFRGS.** A Figura abaixo representa um pêndulo cônico ideal que consiste em uma pequena esfera suspensa a um ponto fixo por meio de um cordão de massa desprezível.



Para um observador inercial, o período de rotação da esfera, em sua órbita circular, é constante. Para o mesmo observador, a resultante das forças exercidas sobre a esfera aponta

- A) verticalmente para cima.
- B) verticalmente para baixo.
- C) tangencialmente no sentido do movimento.
- D) para o ponto fixo.
- E) para o centro da órbita.



**311. UFRGS.** Um artista de circo, agarrado a uma longa corda suspensa do alto, balança como um pêndulo num plano vertical, fazendo com que o centro de gravidade do seu corpo percorra um arco de circunferência. Saindo de uma posição  $P_1$ , à direita do público que o assiste, o artista passa pelo ponto mais baixo,  $P_0$ , e para na posição oposta  $P_2$ , à esquerda do público.

Se compararmos as intensidades da força de tensão que a corda exerce sobre o artista quando ele se encontra nos pontos  $P_1$ ,  $P_0$  e  $P_2$ , verificamos que a tensão é

- A) maior em  $P_1$ .
- B) maior em  $P_0$ .
- C) menor em  $P_0$ .
- D) maior em  $P_2$ .
- E) igual em todos os pontos da trajetória.



**312. UFRGS.** Um corpo preso a um barbante descreve um movimento circular uniforme deslizando sobre uma mesa horizontal, sem nenhuma espécie de atrito. Em determinado instante o barbante se rompe, surgindo um novo movimento. Para um observador num canto da mesa, após o rompimento do barbante, atua no corpo uma força resultante

- A) que aponta para o centro da trajetória circular
- B) que aponta para fora da trajetória circular
- C) que aponta no sentido do movimento do corpo
- D) que aponta em sentido oposto ao do movimento do corpo
- E) nula



**313. UFRGS.** Do ponto de vista de um certo observador inercial, um corpo executa movimento circular uniforme sob ação exclusiva de duas forças. Analise as seguintes afirmações a respeito dessa situação.

- I – Uma dessas forças necessariamente é centrípeta.
- II – Pode acontecer que nenhuma dessas forças seja centrípeta.
- III – A resultante dessas forças é centrípeta.

Quais estão corretas ?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e III.
- E) Apenas II e III.



**INSTRUÇÃO:** Para responder às questões **314** e **315**, considere as afirmativas referentes à figura e ao texto abaixo.



Na figura acima, está representada uma pista sem atrito, em um local onde a aceleração da gravidade é constante. Os trechos  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$  são retilíneos. A inclinação de  $T_1$  é maior do que a inclinação de  $T_3$ , e o trecho  $T_2$  é horizontal. Um corpo é abandonado do repouso, a partir da posição A.

**314. PUCRS.** Com base nessas informações, afirma-se:

- I. O movimento do corpo, no trecho  $T_1$ , é uniforme.
- II. No trecho  $T_3$ , o corpo está em movimento com aceleração diferente de zero.
- III. No trecho  $T_2$ , a velocidade e a aceleração do corpo têm a mesma direção e o mesmo sentido.



Está/Estão correta(s) a(s) afirmativa(s)

- A) I, apenas.
- B) II, apenas.
- C) I e III, apenas.
- D) II e III, apenas.
- E) I, II e III.

**315. PUCRS.** Sobre as mesmas informações, afirma-se que a força resultante sobre o corpo

- I. é nula no trecho  $T_2$ .
- II. mantém a sua direção e o seu sentido durante todo o movimento.
- III. é maior em módulo no trecho  $T_1$  do que no trecho  $T_3$ .



Está/Estão correta(s) a(s) afirmativa(s)

- A) I, apenas.
- B) II, apenas.
- C) I e III, apenas.
- D) II e III, apenas.
- E) I, II e III.





# Aula 8

## Estática dos Sólidos

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.233 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer as questões 318, 319, 323, 334, 336 e 352

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.235 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.245 e leitura 2 – P.246
Fazer as questões 317, 320, 321, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 35, 337, 338, 339, 340, 341, 342,
343, 353, 354, 355, 357, 358, 359 e 360

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.238 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Analisar os Desafios – P.240
Fazer as questões 316, 322, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351 e 356



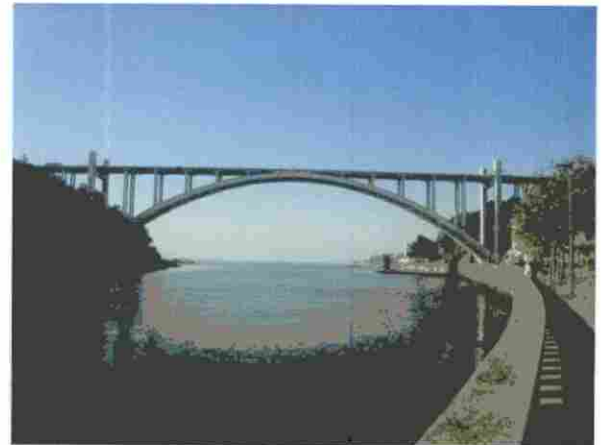
A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



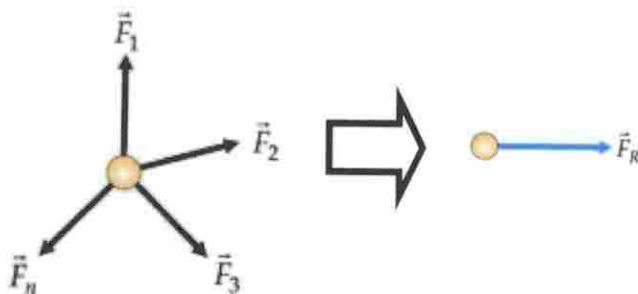
▪ Parte 1

Introdução

A **estática dos sólidos** analisa as condições de **equilíbrio** de um ponto material e de um corpo extenso.



**Resultante de um sistema de forças**



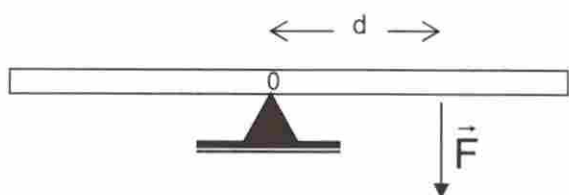
A soma vetorial das "n" forças aplicadas em um ponto material é a resultante do sistema de forças.

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$



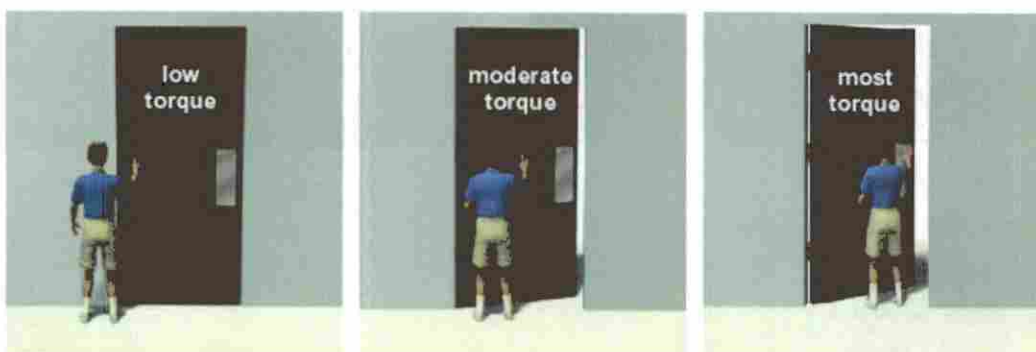
## Momento de força ou Torque ( $\vec{\tau}$ )

O momento de uma força  $\vec{F}$  (ou torque) qualquer em relação a um ponto 0 é dado pelo produto da intensidade dessa força e da distância do seu ponto de aplicação ao ponto 0.



$$\vec{\tau} = \vec{F} \cdot d$$

Rotação no sentido horário  $\Rightarrow \tau < 0$   
 Rotação no sentido anti-horário  $\Rightarrow \tau > 0$



### Exemplos de efeitos do momento de força





▪ **Parte 2**

**Equilíbrio de Alavanca**

**Condição de equilíbrio de uma barra**

**TRANSLAÇÃO**

Quando a resultante das forças que atuam sobre um corpo é nula esse encontra-se em equilíbrio.

**ROTAÇÃO**

Se um corpo está em equilíbrio de rotação, a soma dos momentos das forças que atuam sobre ele é zero.

$$\Sigma \vec{M}_F = 0$$

**Tipos de alavanca:**

**I) Interfixa** : tesoura, gangorra, alicate, ...



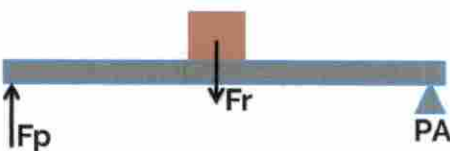
$$R \cdot d_R = P \cdot d_P$$

$$d_P > d_R$$

$$P < R$$



**II) Inter-resistente** : carrinho de mão, quebra-nozes, ...



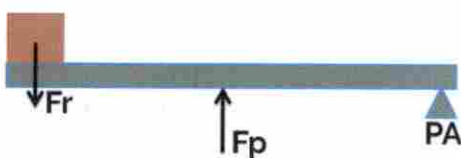
$$R \cdot d_R = P \cdot d_P$$

$$d_P > d_R$$

$$P < R$$



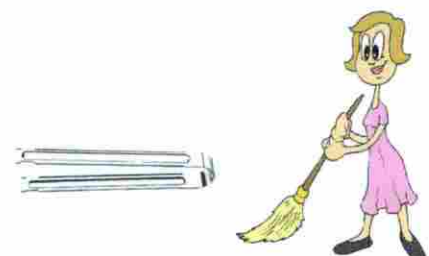
**III) Interpotente** : pegador de gelo, vassoura, ...



$$R \cdot d_R = P \cdot d_P$$

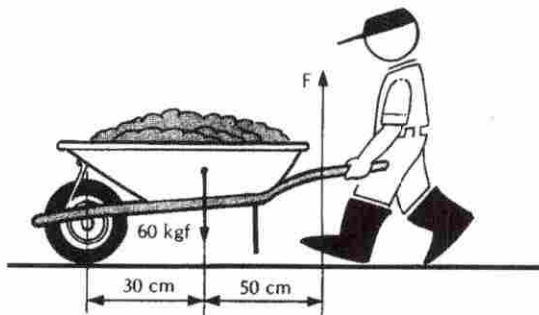
$$d_P < d_R$$

$$P > R$$

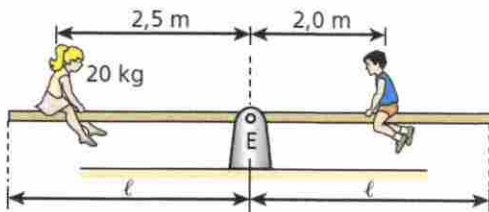




Exemplo 1 :  $F = ?$



Exemplo 2 :  $m_{\text{MENINO}} = ?$



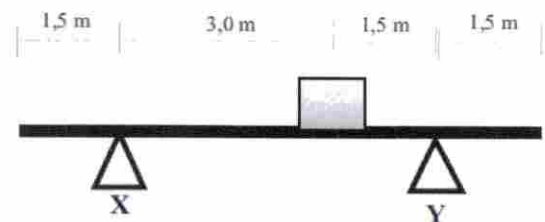
## MODELAGEM

### UCPEL

Um estudante de engenharia necessita determinar a capacidade mínima que dois apoios, X e Y, devem suportar para sustentar uma barra homogênea e uma caixa que está apoiada nela. O arranjo é ilustrado na figura abaixo, indicando a barra homogênea, as posições em que os apoios estão colocados e a caixa, posicionada a 3 metros de uma das extremidades.

Considerando que a massa da barra é igual 10kg e a massa da caixa é igual 15kg sendo que a aceleração da gravidade no local é igual a  $10\text{m/s}^2$ , o estudante determinou que os apoios X e Y, respectivamente, devem suportar no mínimo:

- A) 100N e 150N
- B) 125N e 175N
- C) 175N e 125N
- D) 125N e 125N
- E) 150N e 100N



$$F_R = 0 \rightarrow R_X + R_Y = 250 \text{ N}$$

Em relação ao apoio X:  $\Sigma M = 0$

$$100 \cdot 2,25 + 150 \cdot 3 = R_Y \cdot 4,5$$

$$675 = 4,5R_Y$$

$$R_Y = 150 \text{ N e } R_X = 100 \text{ N}$$

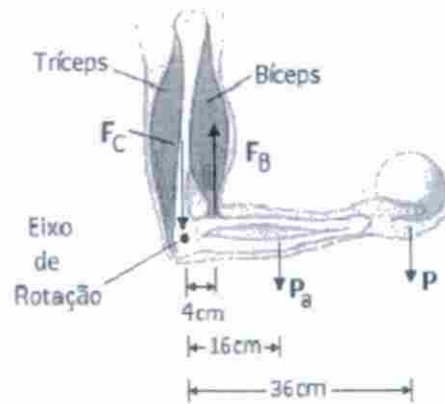
**Resposta: E**



## MODELAGEM

### UFRGS

A figura abaixo representa esquematicamente o braço e o antebraço de uma pessoa que está sustentando um peso  $P$ . O antebraço forma um ângulo de  $90^\circ$  com o braço.  $F_B$  é a força exercida pelo bíceps sobre o antebraço, e  $F_C$  é a força na articulação do cotovelo.



Sendo o módulo do peso  $P = 50 \text{ N}$  e o módulo do peso do antebraço  $P_a = 20 \text{ N}$ , qual é o módulo da força  $F_B$ ?

- A) 70 N
- B) 370 N
- C) 450 N
- D) 460 N
- E) 530 N

$$\sum T = 0$$

$$P \cdot d_P + P_a \cdot d_a = F_B \cdot d_B$$

$$50 \cdot 36 + 20 \cdot 16 = F_B \cdot 4$$

$$F_B = 530 \text{ N}$$

**Resposta: E**

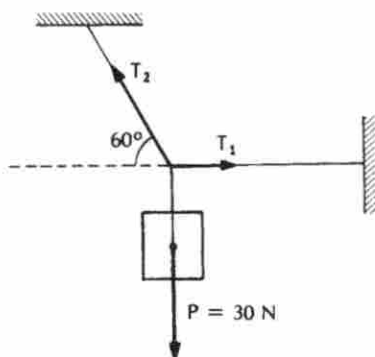


## ▪ Parte 3

## Equilíbrio com cordas

Tensão em corda  $\Rightarrow \vec{F}_R = 0$

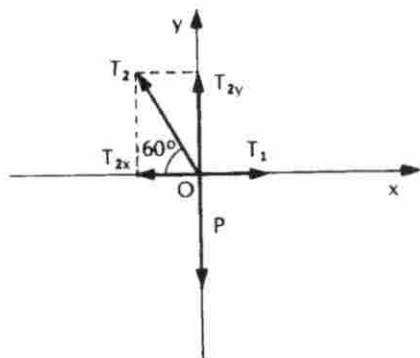
EXEMPLO : Um corpo de peso 30 N encontra-se em equilíbrio, suspenso por dois fios, um dos quais é mantido tenso segundo a horizontal e outro inclinado  $60^\circ$  com a horizontal. Calcule as forças de tração em cada fio.



Resolução pelo método das projeções :

1º) Coloque os eixos ortogonais **X** e **Y**, convenientemente, sobre o sistema de forças, de modo que a origem dos eixos coincida com o ponto de concorrência das forças.

2º) Projete as forças, ortogonalmente, sobre esses eixos.



3º) Faça  $\vec{R}_x = 0$  e  $\vec{R}_y = 0$ , onde :

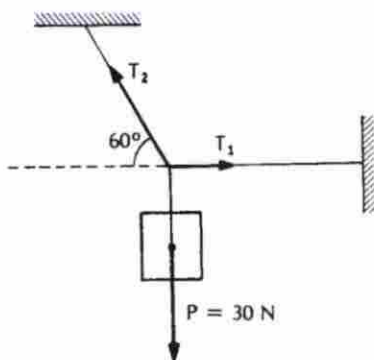
$\vec{R}_x$  é a resultante das forças sobre o eixo X;

$\vec{R}_y$  é a resultante das forças sobre o eixo Y.

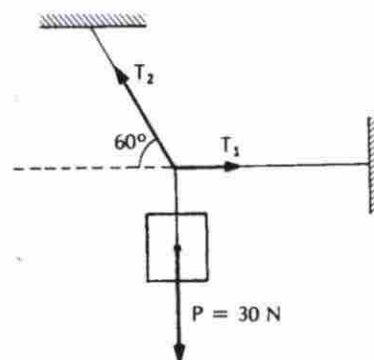
4º) Através dessas duas equações, determine o valor das incógnitas do problema.



Resolução pelo método dos polígonos :



Resolução pelo Teorema de Lamy :



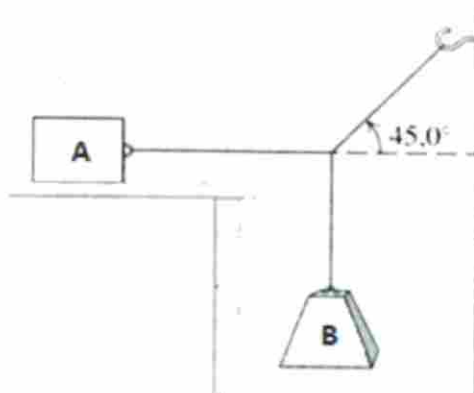




## DESAFIO

UCPEL 18/1

Em uma atividade experimental, estudantes desenvolveram um teste para estimar o valor do coeficiente de atrito estático entre duas superfícies. O aparato experimental, que possui um corpo A apoiado em uma superfície horizontal e um corpo B suspenso é ilustrado na figura.



O teste consiste em determinar o coeficiente de atrito estático entre a superfície do corpo A e a superfície em que ele está apoiado e, para tal, o arranjo permite que a massa do corpo B, suspenso, seja alterada em intervalos de 0,05kg. Os estudantes apresentaram os dados experimentais na tabela.

Massa do corpo B	Corpo A
1,35kg	Permanece em repouso
1,40kg	Permanece em repouso
1,45kg	Permanece em repouso
1,50kg	Permanece em repouso
1,55kg	Entra em movimento
1,60kg	Entra em movimento

Sabendo-se que o módulo da aceleração da gravidade é igual a  $10\text{m/s}^2$  e que a massa do corpo A é igual a  $6,0\text{kg}$ , o valor estimado para o coeficiente de atrito estático é igual a:

- A) 0,35
- B) 0,30
- C) 0,20
- D) 0,15
- E) 0,25

Tomando a maior massa de B para manter repouso (1,5 kg) e lembrando que  $F_R = 0$ :

(como temos  $45^\circ$ , concluímos que  $T_x = T_y$ )

$$\text{Em B: } T_y = P_B \rightarrow T_y = 1,5 \cdot 10 = 15 \text{ N}$$

$$\text{Em A: } T_x = F_{\text{AEM}} \rightarrow 15 = 60 \cdot \mu \rightarrow \mu = 0,25$$

**Resposta: E**

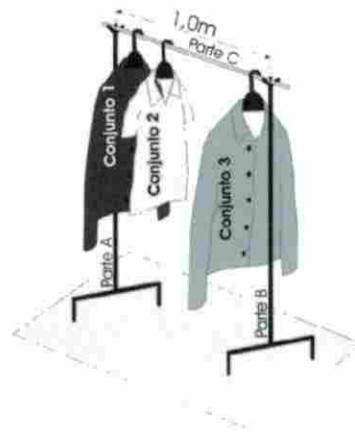


## DESAFIO

### ACAFE 2019/1

Em uma loja três peças de roupas estão em uma arara (suporte para pendurar roupas), conforme mostra a figura. A arara é constituída por três partes, duas verticais (parte A e B) e uma na horizontal (parte C), todas de mesma massa ( $m = 1,00\text{kg}$ ). Cada peça de roupa e seu cabide formam um conjunto, então temos o conjunto 1 ( $m = 1,00\text{kg}$ ) que está  $0,10\text{m}$  da parte A, o conjunto 2 ( $m = 0,50\text{kg}$ ) que está a  $0,20\text{m}$  do conjunto 1 e o conjunto 3 ( $m = 1,50\text{kg}$ ) que está a  $0,20\text{m}$  da parte B.

Considerando todas as partes da arara homogêneas e o módulo da aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$ , assinale a alternativa correta que apresenta os módulos das forças, em newtons, que a parte C aplica sobre a parte A e B, respectivamente.



- A) 20,5 e 19,5
- B) 20,0 e 20,0
- C) 24,5 e 15,5
- D) 29,5 e 10,5

$$F_R = 0$$

$$R_A + R_B = P_C + P_1 + P_2 + P_3$$

$$R_A + R_B = 1.10 + 1.10 + 0,5.10 + 1,5.10$$

$$R_A + R_B = 40 \text{ N}$$

$$\Sigma\tau = 0 \text{ (em relação a B)}$$

$$R_A \cdot 1 = 10 \cdot 0,9 + 5 \cdot 0,7 + 15 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,5$$

$$R_A = 9 + 3,5 + 3 + 5 = 20,5 \text{ N}$$

$$R_B = 40 - 20,5 = 19,5 \text{ N}$$

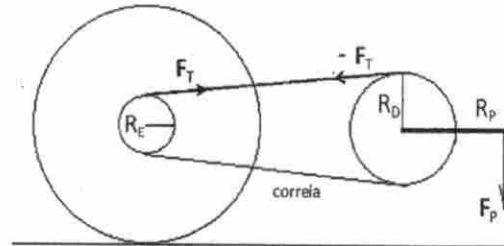
**Resposta: A**



## DESAFIO

UFRGS 2019

A figura abaixo representa um sistema de coroas dentadas de uma bicicleta, que está se movendo com velocidade constante. As coroas dentadas giram sem atrito em torno de seus eixos.



A coroa dentada dianteira de raio  $R_D$  é movimentada pelos pedais e está ligada à coroa traseira de raio  $R_E$  pela correia de massa desprezível.  $F_P$  é a força aplicada no pedal cujo comprimento é  $R_P$  a partir do centro da coroa. Nessa situação, o módulo do torque transmitido à roda traseira, através da coroa de raio  $R_E$ , é

- A)  $R_E \cdot R_P \cdot F_P / R_D$ .
- B)  $R_E \cdot R_D \cdot F_P / R_P$ .
- C)  $R_D \cdot R_P \cdot F_P / R_E$ .
- D)  $R_P \cdot F_P / (R_E \cdot R_D)$ .
- E)  $R_E \cdot F_P / (R_P \cdot R_D)$ .

O torque produzido pela força  $F_P$  é:  $\tau_P = F_P \cdot R_P$

Uma vez que a coroa dianteira está presa no pedal, o torque sobre ela é de mesmo valor do pedal.

$$\begin{aligned} \tau_P &= \tau_D \\ F_P \cdot R_P &= F_T \cdot R_D \\ F_T &= F_P \cdot R_P / R_D \end{aligned}$$

O torque na coroa traseira é:

$$\tau = F_T \cdot R_E$$

Como a coroa traseira está conectada à roda traseira (são coaxiais), seus toques são iguais.

$$\begin{aligned} \tau_E &= \tau_{RODA} \\ F_T \cdot R_E &= \tau_R \\ \tau_R &= (F_P \cdot R_P / R_D) \cdot R_E \\ \tau_R &= R_E \cdot R_P \cdot F_P / R_D \end{aligned}$$

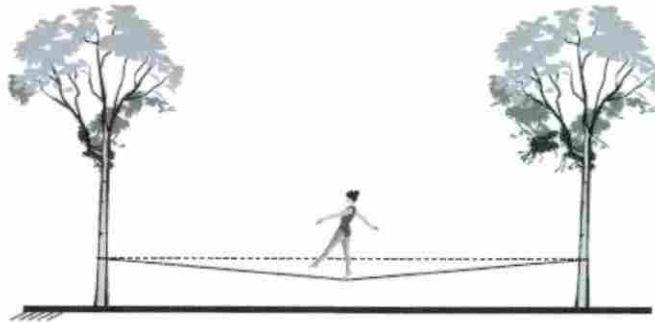
**Resposta: A**



## DESAFIO

ENEM 2019

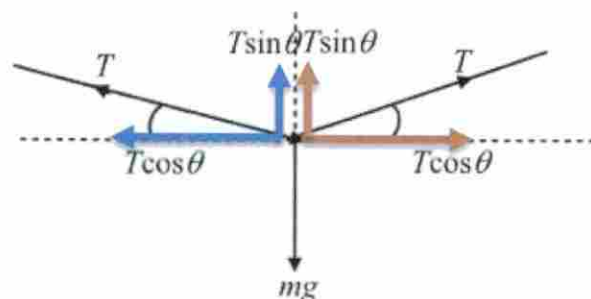
*Slackline* é um esporte no qual o atleta deve se equilibrar e executar manobras estando sobre uma fita esticada. Para a prática do esporte, as duas extremidades da fita são fixadas de forma que ela fique a alguns centímetros do solo. Quando uma atleta de massa igual a 80 kg está exatamente no meio da fita, essa se desloca verticalmente, formando um ângulo de  $10^\circ$  com a horizontal, como esquematizado na figura. Sabe-se que a aceleração da gravidade é igual a  $10 \text{ m.s}^{-2}$ ,  $\cos(10^\circ) = 0,98$  e  $\sin(10^\circ) = 0,17$ .



Qual é a força que a fita exerce em cada uma das árvores por causa da presença da atleta?

- A)  $4,0 \times 10^2 \text{ N}$
- B)  $4,1 \times 10^2 \text{ N}$
- C)  $8,0 \times 10^2 \text{ N}$
- D)  $2,4 \times 10^3 \text{ N}$
- E)  $4,7 \times 10^3 \text{ N}$

Questão de cálculo com abertura simétrica em cordas. A dificuldade dessas questões é matemática.



Vamos trabalhar com o equilíbrio vertical:

$$\begin{aligned}
 F_{RY} &= 0 \\
 T \cdot \sin 10^\circ + T \cdot \sin 10^\circ + P & \\
 0,17T + 0,17T &= 800 \\
 0,34 T &= 800 \\
 T &= 2352 \text{ N} \cong 2,4 \times 10^3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**Resposta: D**

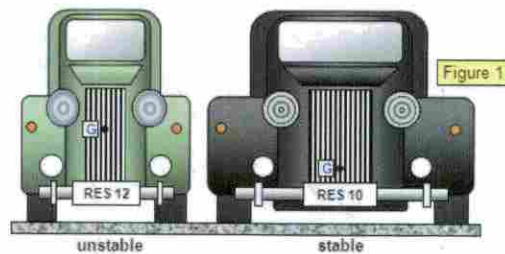




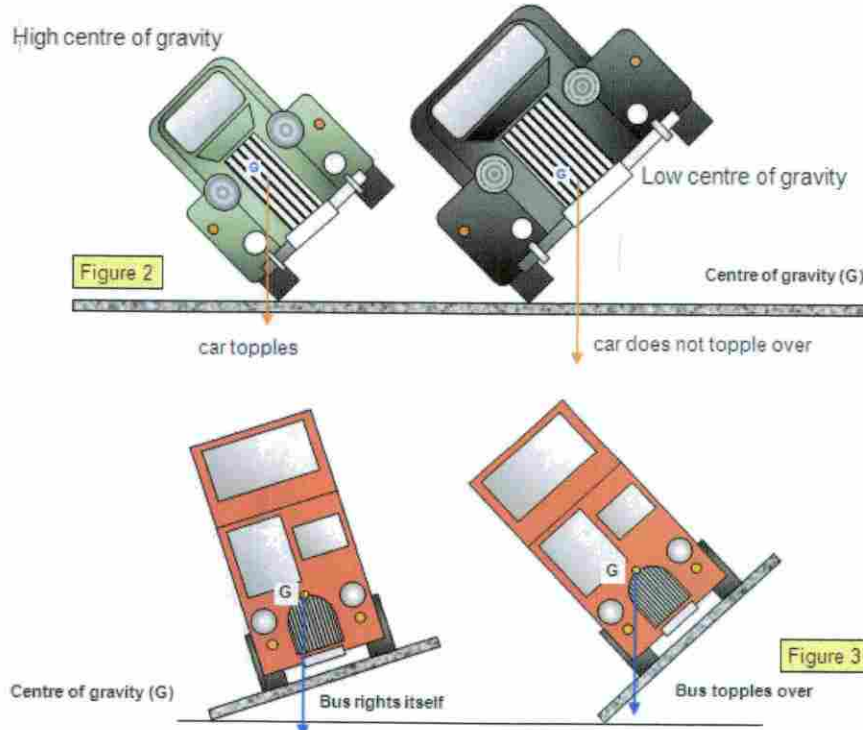
## LEITURA 1

### Centro de Gravidade e Estabilidade

O centro de gravidade de um corpo é, basicamente, o ponto onde podemos dizer que a gravidade está atuando no corpo. A posição do centro de gravidade do corpo afeta a sua estabilidade. Quanto mais baixo o centro de gravidade, mais estável o objeto. Quanto mais alto o centro de gravidade, maior é a chance dele tombar se é empurrado. Carros de corrida têm centros de gravidade realmente baixos para que eles possam fazer curvas em alta velocidade sem virar. Aumentar a área da base do objeto também irá aumentar sua estabilidade. Lutadores de sumô e jogadores de futebol americano ficam com os pés separados para aguentar impactos por esse motivo.



De maneira geral, podemos dizer que **um objeto irá tombar se uma linha vertical do seu centro de gravidade fica fora da base**. (Você consegue ver porquê? Analise o torque feito pela gravidade em torno do ponto de apoio dos objetos. O que acontece em cada situação?)



Ônibus de dois andares precisam ser testados para garantir que eles não tombem mesmo que o andar de baixo esteja vazio e o superior cheio. Na figura a seguir podemos ver um carro inclinado em ângulos crescentes até que tomba.

Na figura (a) o carro está na estrada. Na figura (b) o carro está inclinado, mas como o peso não sai para fora da base está dentro do caso onde o carro vai voltar para a posição original. Na figura (c) a linha vertical sai fora da base e o carro tomba.



## LEITURA 2

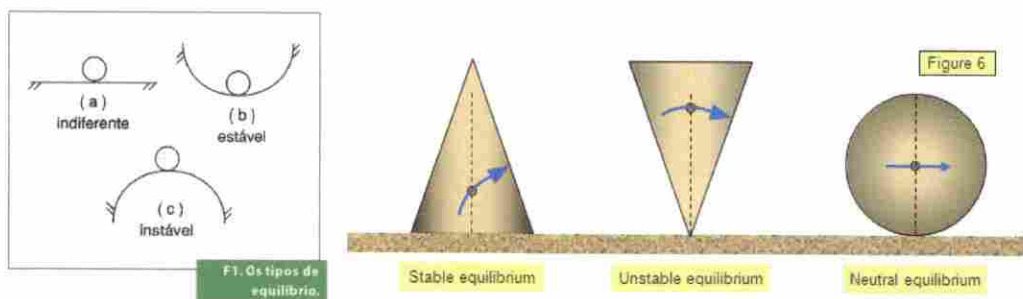
### Balanço e Equilíbrio

Se um objeto está em equilíbrio estático, isto é, em repouso de translação e rotação, então um pequeno deslocamento aplicado no corpo irá fazer o objeto inclinar, tombar ou rolar. Estas condições são conhecidas como

**Equilíbrio estável:** o objeto volta para a posição original após ser levemente deslocado

**Equilíbrio instável:** o objeto vai para outra posição (tomba) após ser levemente deslocado

**Equilíbrio indiferente:** o objeto rola



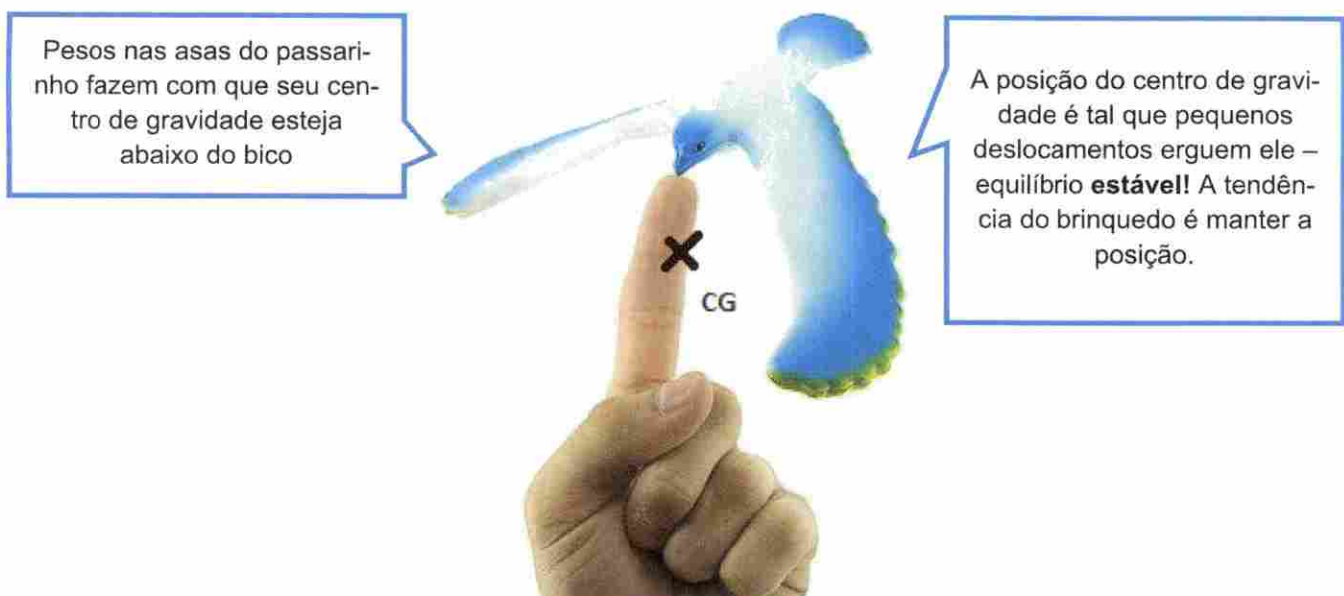
Uma maneira de reconhecer a situação de equilíbrio é o seguinte:

**Estável** – o centro de gravidade do objeto é erguido em um pequeno deslocamento

**Instável** – o centro de gravidade do objeto abaixa em um pequeno deslocamento

**Indiferente** – a altura do centro de gravidade não muda em um pequeno deslocamento

Situações de equilíbrio **estável** são de grande interesse, pois mesmo que o sistema sofra pequenas perturbações ele irá voltar para a condição inicial. Os pesos carregados por equilibristas que andam, por exemplo, em uma corda bamba, têm o intuito de posicionar o centro de gravidade de tal maneira que o equilibrista esteja em equilíbrio estável sobre a corda. O mesmo acontece com o brinquedo apresentado a seguir:





## QUESTÕES PÓS-AULA

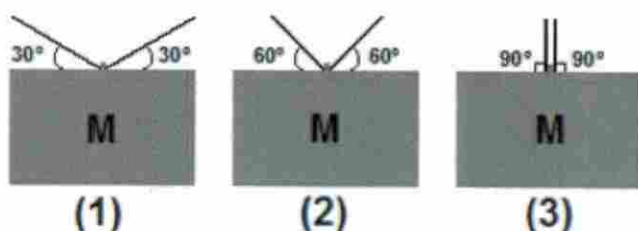
As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a "obrigação" de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um "tema de casa" tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

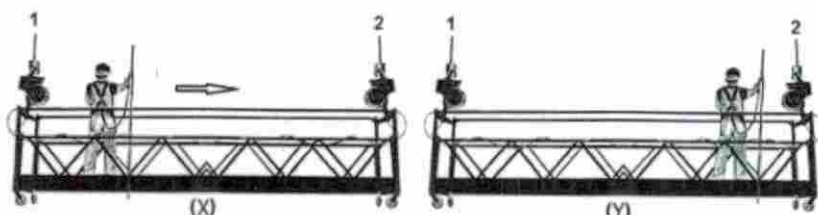
**316. UFRGS.** Na figura abaixo, blocos idênticos estão suspensos por cordas idênticas em três situações distintas, (1), (2) e (3).



Assinale a alternativa que apresenta as situações na ordem crescente de probabilidade de rompimento das cordas. (O sinal de igualdade abaixo indica situações com a mesma probabilidade de rompimento.)

- A) (3), (2), (1).
- B) (3), (2) = (1).
- C) (1), (2), (3).
- D) (1) = (2), (3).
- E) (1) = (2) = (3)

**317. UFRGS.** Nas figuras (X) e (Y) abaixo, está representado um limpador de janelas trabalhando em um andaime suspenso pelos cabos 1 e 2, em dois instantes de tempo.



Durante o intervalo de tempo limitado pelas figuras, você observa que o trabalhador caminha sobre o andaime indo do lado esquerdo, figura (X), para o lado direito, figura (Y). Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas da sentença abaixo, na ordem em que aparecem.

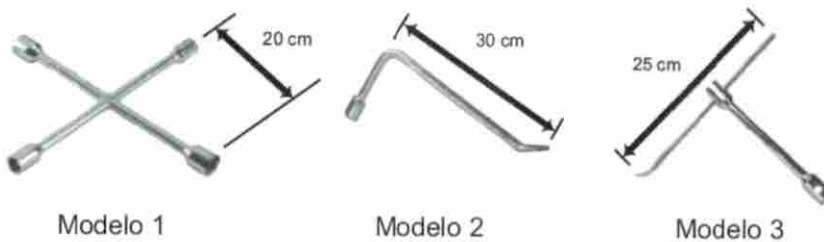




Após o trabalhador ter-se movido para a direita (figura (Y)), podemos afirmar corretamente que, em relação à situação inicial (figura (X)), a soma das tensões nos cabos 1 e 2 ....., visto que .....

- A) permanece a mesma – as tensões nos cabos 1 e 2 permanecem as mesmas
- B) permanece a mesma – a diminuição da tensão no cabo 1 corresponde a igual aumento na tensão no cabo 2
- C) aumenta – aumenta a tensão no cabo 2 e permanece a mesma tensão no cabo 1
- D) aumenta – aumenta a tensão no cabo 1 e permanece a mesma tensão no cabo 2
- E) diminui – diminui a tensão no cabo 1 e permanece a mesma tensão no cabo 2

**318. ENEM.** Retirar a roda de um carro é uma tarefa facilitada por algumas características da ferramenta utilizada, habitualmente denominada chave de roda. As figuras representam alguns modelos de chaves de roda:



Em condições usuais, qual desses modelos permite a retirada da roda com mais facilidade?

- A) 1, em função de o momento da força ser menor.
- B) 1, em função da ação de um binário de forças.
- C) 2, em função de o braço da força aplicada ser maior.
- D) 3, em função de o braço da força aplicada poder variar.
- E) 3, em função de o momento da força produzida ser maior.

**319. PUCRS.** Para afrouxar os parafusos de uma roda de automóvel cujo pneu esteja furado, normalmente utiliza-se uma chave com um cabo de alavanca comprido para que o esforço físico a ser realizado seja pequeno. A grandeza física associada a esse fato é denominada



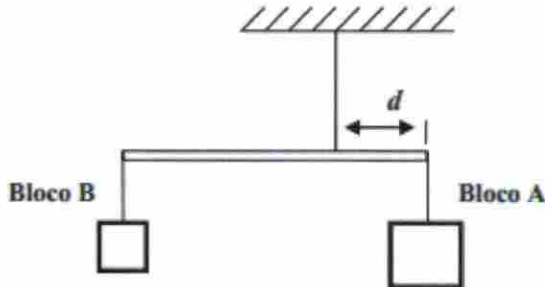
- A) energia potencial gravitacional
- B) quantidade de movimento
- C) impulso
- D) potência
- E) torque



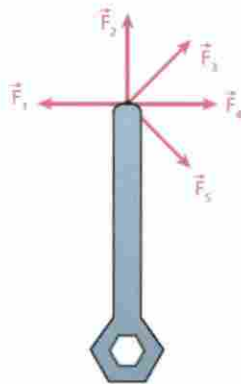
**320. UPF.** Uma barra metálica homogênea, de 2,0 m de comprimento e 10 N de peso, está presa por um cabo resistente. A barra mantém dois blocos em equilíbrio, conforme mostra a figura abaixo. Sendo  $d = 0,5$  m e o peso do bloco A,  $P_A = 100$  N, é correto afirmar que o peso do bloco B, em N, é:



- A) 45
- B) 30
- C) 60
- D) 6
- E) 55

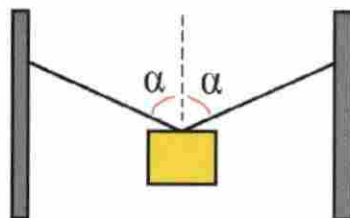


**321.** Qual das forças aplicadas na extremidade da chave, todas de mesma intensidade, é mais eficiente para girar o parafuso no sentido horário?



- A)  $F_1$
- B)  $F_2$
- C)  $F_3$
- D)  $F_4$
- E)  $F_5$

**322. UPF.** Duas cordas sustentam um bloco de 300 N de peso, conforme ilustrado esquematicamente na figura. Nessas condições, pode-se afirmar que a força de tração exercida por cada uma das cordas é igual ao valor do peso do bloco quando o valor do ângulo  $\alpha$ , em graus, for igual a:



- A) 50
- B) 45
- C) 30
- D) 25
- E) 60

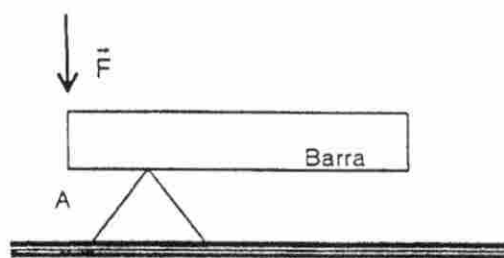


**323. PUCRS.** Usam-se cotidianamente objetos e utensílios que aplicam o princípio da alavanca inter-resistente é

- A) o pegador de gelo.
- B) o carrinho de mão.
- C) a gangorra.
- D) o martelo.
- E) a tesoura.



**324.** A figura mostra uma barra homogênea com peso de módulo 200 N e comprimento de 1 m, apoiada a 0,2 m da extremidade A, onde se aplica uma força  $\vec{F}$  que a equilibra.



O módulo da força  $\vec{F}$  vale, em N,

- A) 50.
- B) 100.
- C) 200.
- D) 300.
- E) 400.

**325. UFRGS.** Na figura, o segmento AB representa uma barra homogênea, de 1 m de comprimento, que é mantida em equilíbrio mecânico na posição horizontal.



A barra está apoiada num ponto a 25 cm da extremidade A, e o módulo da força F aplicada na extremidade B, é 2 N. Qual é o peso da barra?

- A) 0,66 N
- B) 1 N
- C) 4 N
- D) 6 N
- E) 8 N



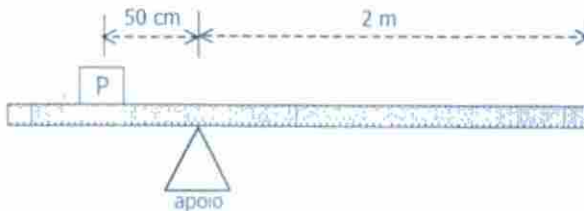
**326. UFRGS.** A figura mostra uma alavanca de 1,0 m de comprimento, apoiada a 20 cm da extremidade esquerda.



Considerando desprezível o peso da alavanca, qual o módulo da força  $F$  que deve ser aplicada na extremidade direita para sustentar, em equilíbrio, um peso  $P$  de 500 N colocado na outra extremidade ?

- A) 50 N
- B) 100 N
- C) 125 N
- D) 250 N
- E) 500 N

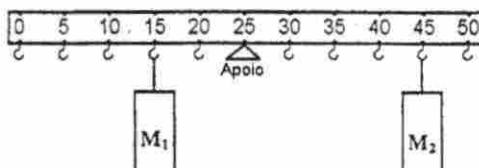
**327. UFRGS.** A figura abaixo representa uma alavanca constituída por uma barra homogênea e uniforme, de comprimento de 3 m, e por um ponto de apoio fixo sobre o solo. Sob a ação de um contrapeso  $O$  igual a 60 N, a barra permanece em equilíbrio, em sua posição horizontal, nas condições especificadas na figura.



Qual é o peso da barra?

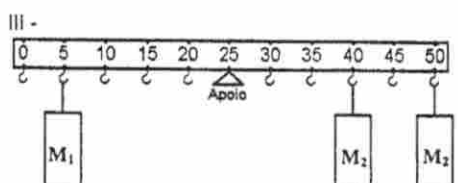
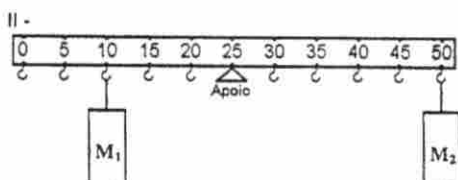
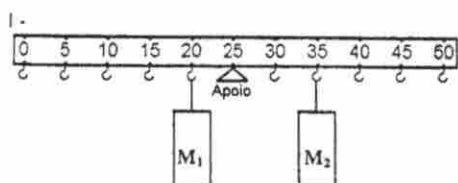
- A) 20 N.
- B) 30 N.
- C) 60 N.
- D) 90 N.
- E) 180 N.

**328. UFRGS.** A figura abaixo representa uma régua uniforme, apoiada diretamente abaixo do seu centro, na qual podem ser penduradas massa de valores  $M_1$  e  $M_2$ . Para tanto, a cada 5cm há um pequeno gancho de massa desprezível.





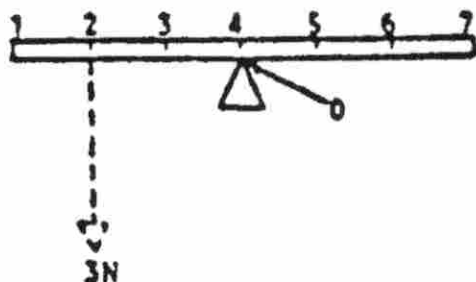
No caso indicado na figura acima, a régua encontra-se em equilíbrio. Observe os três casos abaixo.



Quais deles também representam a régua em equilíbrio ?

- A) Apenas I.
- B) Apenas I e II.
- C) Apenas I e III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.

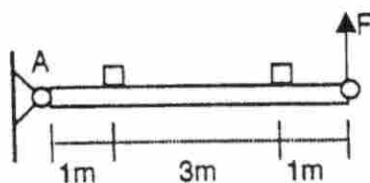
**329. UFRGS.** A figura representa uma barra rígida e homogênea em equilíbrio estático, a qual pode girar livremente no plano da página, em torno do ponto O. Se for aplicada uma força de 3N, no ponto 2, na direção e no sentido indicados na figura, é possível manter a barra em equilíbrio, aplicando-se sobre ela outra força igual a



- A) 3N, para cima, na posição 5
- B) 3N para baixo na posição 5
- C) 2N, para cima, na posição 7
- D) 2N para baixo na posição 7
- E) 3N para baixo na posição 7



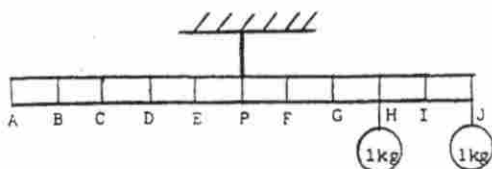
**330. PUCRS.** Sobre uma barra homogênea de 200 N de peso próprio são colocados dois corpos de pesos iguais a 100 N cada um. A barra é articulada no ponto A, sendo mantida em equilíbrio por uma força F, como indica a figura.



O valor da força F, em N, necessária para manter a barra em equilíbrio é

- A) 100
- B) 150
- C) 200
- D) 250
- E) 400

**331. PUCRS.** Uma régua graduada em cm, de peso desprezível, está suspensa no ponto P conforme a figura abaixo. Dois blocos, cada um com massa de 1kg, estão presos à régua nos pontos J e H.



Para que o sistema fique em equilíbrio, deve-se prender um bloco de 2kg de massa, no outro lado da régua, no ponto

- A) A
- B) B
- C) C
- D) D
- E) E

**332. PUCRS.** Uma régua graduada de 40 cm de comprimento está apoiada num eixo horizontal que passa pelo seu centro de massa, que coincide com a marca de 20 cm. A régua se encontra na posição horizontal. Se no ponto zero da régua for colocada uma massa de 50 g, outra massa de 200 g deixa a régua equilibrada no ponto, em cm,



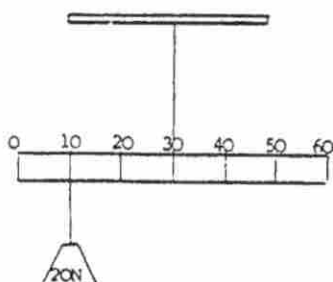
- A) 5
- B) 10
- C) 15
- D) 25
- E) 30



**333. PUCRS.** Uma régua graduada em cm, homogênea, tem 60 cm de comprimento e está suspensa através de um fio preso na marca dos 30 cm.

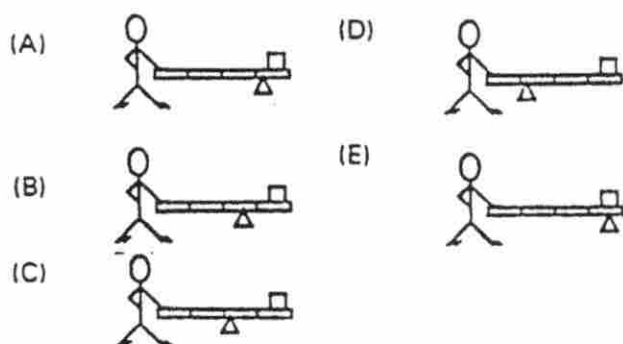


Para equilibrar um peso de 20 N colocado na marca dos 10 cm, em que posição da régua deve-se colocar um outro corpo de peso 50 N, a fim de que a régua fique em equilíbrio na posição horizontal?

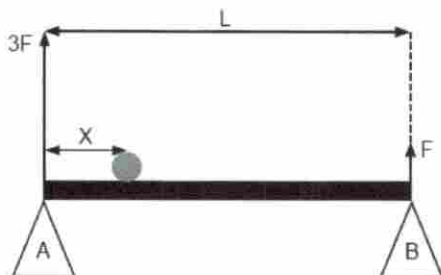


- A) 8 cm
- B) 10 cm
- C) 30 cm
- D) 36 cm
- E) 38 cm

**334. UFRGS.** As figuras das alternativas representam uma alavanca de massa desprezível apoiada sobre um fulcro. Uma caixa de massa  $M$  foi depositada sobre a alavanca. Em qual alternativa é exercida a maior a força para manter a alavanca em equilíbrio mecânico?



**335. PUCRS.** Dois pilares A e B sustentam, em posição horizontal, uma barra uniforme de 100 N e comprimento  $L$ . Um objeto com o peso de 800 N encontra-se apoiado na barra. Para manter o sistema em equilíbrio, o pilar A exerce uma força  $3F$  em uma das extremidades da barra. Na outra extremidade, o pilar B exerce uma força  $F$ .



Qual o valor aproximado da distância  $X$  entre o pilar A e o objeto na barra?



- A) 0,11 L
- B) 0,22 L
- C) 0,38 L
- D) 0,44 L

**336. ENEM.** As pessoas que utilizam objetos cujo princípio de funcionamento é o mesmo do das alavancas aplicam uma força, chamada de força potente, em um dado ponto da barra, para superar ou equilibrar uma segunda força, chamada de resistente, em outro ponto da barra. Por causa das diferentes distâncias entre os pontos de aplicação das forças, potente e resistente, os seus efeitos também são diferentes. A figura mostra alguns exemplos desses objetos.

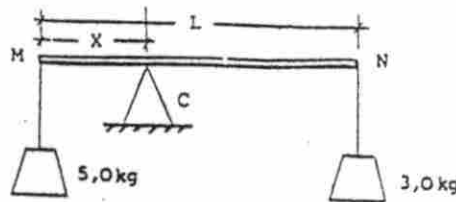


Em qual dos objetos a força potente é maior que a força resistente?

- A) Pinça.
- B) Alicate.
- C) Quebra-nozes.
- D) Carrinho de mão.
- E) Abridor de garrafa.

**337. PUCRS.** Uma barra homogênea MN de peso desprezível e comprimento L igual a 2,0m é mantida na posição horizontal, sobre o cavalete C, pelos corpos de massas 5,0kg e 3,0kg, como mostra a figura.

A distância X entre o cavalete C e extremidade M da barra, em metros, é de



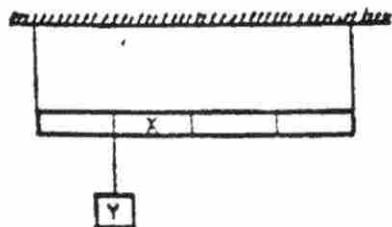
- A) 0,20
- B) 0,35
- C) 0,55
- D) 0,75
- E) 0,90



**338. UFRGS.** Uma barra homogênea X, de 1,0 m de comprimento, está pendurada horizontalmente pelos seus extremos, enquanto um bloco Y está pendurado a 25 cm da extremidade esquerda dessa barra, conforme mostra a figura. A barra pesa 60 N, e o bloco 40 N.



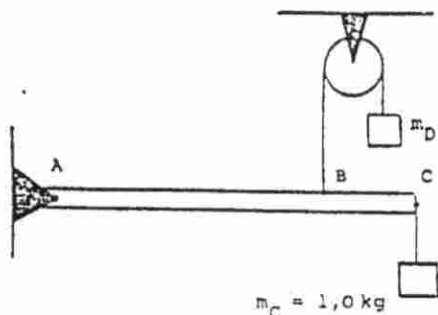




Qual a tensão na corda presa na extremidade direita da barra ?

- A) 30 N
- B) 40 N
- C) 50 N
- D) 70 N
- E) 100 N

**339. PUCRS.** Uma barra homogênea de secção reta uniforme, comprimento 2,0 m e peso 100 N, pode girar livremente (sem atrito) em torno de um eixo horizontal, no plano vertical pelo extremo A da figura. No extremo C está suspensa uma massa  $m = 1,0$  kg. O ponto B da barra, a 1,5 m do extremo A, está vinculado a um cabo flexível que passa por uma polia ideal, tendo no outro extremo uma massa  $m_D$ .



Qual o valor da massa  $m_D$ , em kg ? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

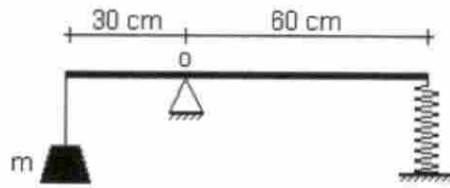
- A) 4,7
- B) 5,0
- C) 6,8
- D) 7,3
- E) 8,0

**340.** A figura mostra uma barra de massa desprezível apoiada no ponto "o". Na extremidade esquerda da barra existe um corpo suspenso de massa  $m = 15$  kg, enquanto a extremidade direita está presa a uma mola distendida de "x", cuja constante elástica vale 1500 N/m. Se a barra está em equilíbrio na posição indicada, qual é então o valor da distensão "x" da mola? Considere a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

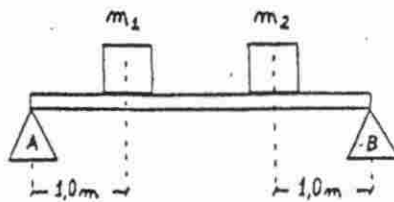




- A) 20 cm.
- B) 15 cm.
- C) 7,5 cm.
- D) 5 cm.
- E) 2,5 cm.



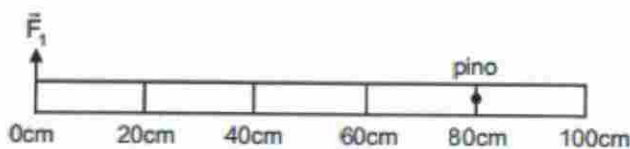
**341. PUCRS.** Uma barra homogênea de massa 6,0 kg está apoiada nas extremidades A e B. O comprimento da barra é 4,0 m e sobre a mesma estão colocadas duas massas  $m_1$  e  $m_2$  de valores respectivamente iguais a 10 kg e 20 kg.



Quais os módulos das forças que os apoios A e B exercem em newtons respectivamente ?

- A) 100 e 200.
- B) 155 e 205.
- C) 180 e 180.
- D) 140 e 220.
- E) 230 e 130.

**342. PUCRS.** Uma régua apoiada numa superfície horizontal pode girar sobre a mesma vinculada a um pino localizado na marca de 80cm. Uma força horizontal  $F_1$  está sendo aplicada perpendicularmente à régua na marca de 0cm, como é mostrado na figura a seguir.

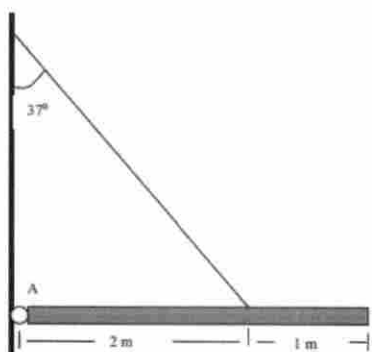


Supondo-se que quaisquer forças dissipativas possam ser desprezadas, a força horizontal  $F_2$  que deve ser aplicada na marca de 100cm para evitar que a régua gire em torno do pino deve ter

- A)  $F_2 = \frac{1}{4} F_1$ , na mesma direção e sentido de  $F_1$
- B)  $F_2 = \frac{1}{4} F_1$ , na mesma direção, mas em sentido contrário a  $F_1$
- C)  $F_2 = 4 F_1$ , na mesma direção e sentido de  $F_1$
- D)  $F_2 = 4 F_1$ , na mesma direção, mas em sentido contrário a  $F_1$
- E)  $F_2 = F_1$ , na mesma direção e sentido de  $F_1$

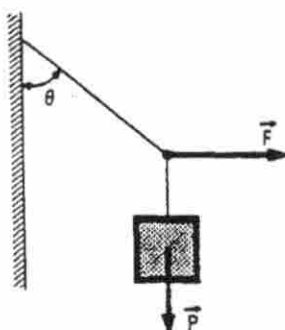


343. UPF. A figura representa uma viga homogênea, articulada no ponto A, com peso de 1600 N, sendo sustentada na horizontal por um fio que forma  $37^\circ$  com a parede. Nessas condições, a tração realizada pelo fio é, em N, de: (considere  $\text{sen}37^\circ = 0,60$  e  $\text{cos}37^\circ = 0,80$ )



- A) 1500
- B) 3000
- C) 1280
- D) 1200
- E) 1600

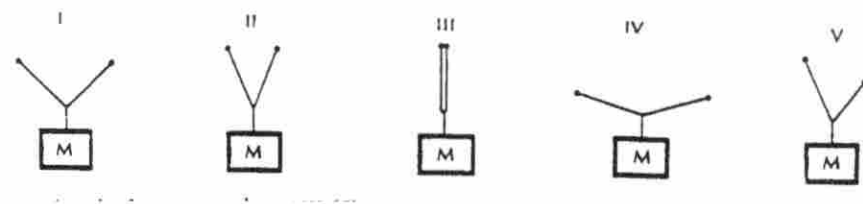
344. Um bloco de peso  $\vec{P}$  é sustentado por fios, como indica a figura. Calcular o módulo da força horizontal  $\vec{F}$ .



- A)  $F = P \text{ sen } \theta$
- B)  $F = P \text{ cos } \theta$
- C)  $F = P \text{ sen } \theta \cdot \text{cos } \theta$
- D)  $F = P \text{ cotg } \theta$
- E)  $F = P \text{ tg } \theta$



345. Um corpo de massa M é pendurado de cinco maneiras diferentes numa corda que tem suas duas extremidades fixas, como mostram a figura a seguir.



A maior força na corda ocorre em

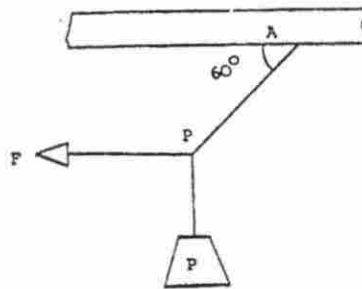
- A) I
- B) II
- C) III
- D) IV
- E) V



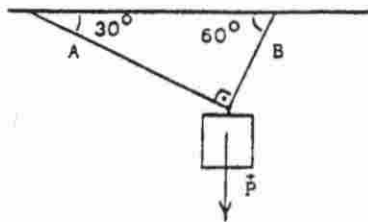
**346. PUCRS.** A figura representa uma corda fixa em A. Preso a sua extremidade temos um peso P. O fio é deslocado da vertical, quando da atuação de uma força F no ponto P.

Qual deverá ser o valor de F, a fim de manter o sistema em equilíbrio?

- A) P
- B)  $P/2$
- C)  $2P$
- D)  $P/\sqrt{3}$
- E)  $P\sqrt{3}$



**347. PUCRS.** A figura mostra um objeto de peso P pendurado por dois barbantes, A e B, de massas desprezível, cujas tensões são  $F_a$  e  $F_b$ .

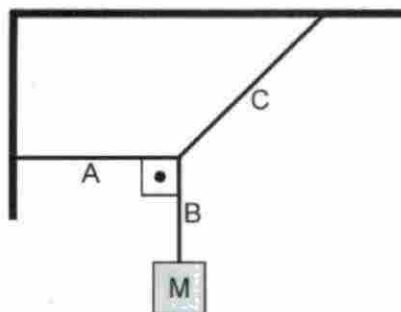


Pode-se afirmar corretamente que

- A)  $F_a = F_b = 2P$
- B)  $F_a > F_b$
- C)  $F_a < F_b$
- D)  $F_a = F_b = P/2$
- E)  $P = F_a + F_b$



**348. PUCRS.** No sistema apresentado na figura abaixo, o bloco M está em equilíbrio mecânico em relação a um referencial inercial. Os três cabos, A, B e C, estão submetidos, cada um, a tensões respectivamente iguais a  $T_A$ ,  $T_B$  e  $T_C$ .



Qual das alternativas abaixo representa corretamente a relação entre os módulos dessas forças tensoras?

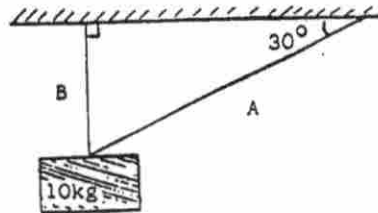


- A)  $T_A > T_C$
- B)  $T_A < T_C$
- C)  $T_A = T_C$
- D)  $T_B = T_C$
- E)  $T_B > T_C$

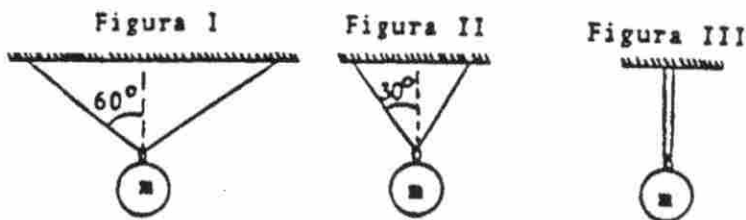
**349. PUCRS.** A figura representa um bloco de 10 kg de massa e duas cordas de massas desprezíveis A e B, em equilíbrio estático. Sendo a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , as tensões nas cordas A e B são, respectivamente,



- A) 100 N e 100 N.
- B) 100 N e 50 N.
- C) 50 N e 100 N.
- D) 50 N e 50 N.
- E) ZERO e 100 N.

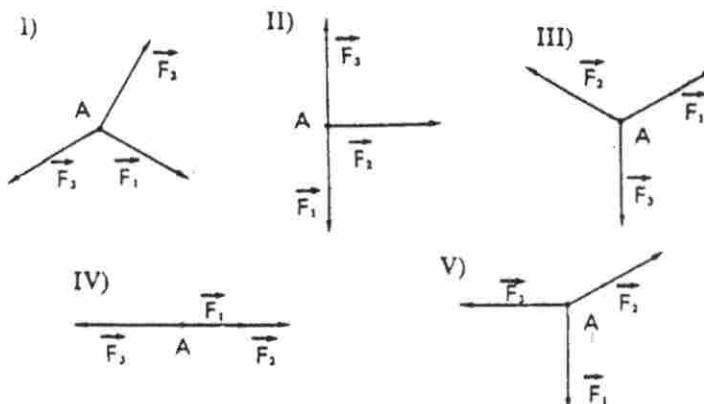


**350. UFRGS.** Um corpo de massa  $m$  é pendurado de três maneiras diferentes numa corda que tem suas extremidades fixas, como mostram as figuras I, II e III. O módulo da força de tensão na corda



- A) é igual nas três situações.
- B) em I é menor do que em III.
- C) em II é o dobro do que em I.
- D) em III é o dobro do que em II.
- E) em III é menor do que em II e I.

**351.** As figuras abaixo mostram situações em que uma partícula A está sob a ação de três forças coplanares.





Em qual das situações o equilíbrio é impossível, quaisquer que sejam os valores de  $F_1$ ,  $F_2$  e  $F_3$

- A) I
- B) II
- C) III
- D) IV
- E) V

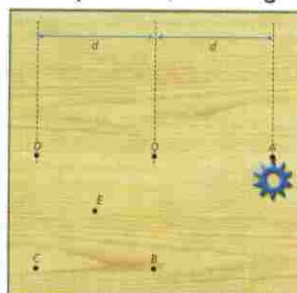
**352. ACADE.** Basicamente, uma alavanca é uma barra que pode girar em torno de um ponto de apoio, chamado de polo. Mesmo no nosso corpo existem muitas alavancas, já que existem muitas partes articuláveis. Na figura a seguir vemos o exemplo de três tipos alavancas diferentes: no pé (1), no braço/antebraço (2) e na cabeça (3).



A alternativa **correta** que mostra na sequência (1), (2) e (3) a classificação conforme a posição do ponto de apoio em relação as forças aplicadas é:

- A) interfixa; interpotente e interesistente.
- B) interesistente; interfixa e interpotente.
- C) interpotente; interfixa e interesistente.
- D) interesistente; interpotente e interfixa.

**353.** A figura a seguir mostra uma placa quadrada de madeira, de espessura e densidade uniformes, situada em um plano vertical que pode girar livremente em torno de um eixo que passa pelo seu centro  $O$ . Se for pendurado um objeto no ponto  $A$ , ela irá girar no sentido horário.



Para que a placa não gire, pode-se colocar outro objeto de mesma massa:



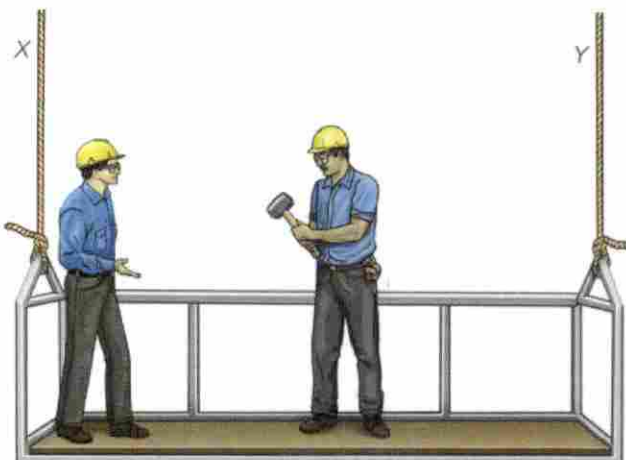
- A) no ponto *C*, apenas.
- B) no ponto *D*, apenas.
- C) no ponto *B* ou no ponto *C*.
- D) no ponto *C* ou no ponto *D*.
- E) no ponto *B* ou no ponto *E*.

**354.** Três adolescentes, José, Ana e Lúcia, pesando, respectivamente, 420 N, 400 N e 440 N, estão sentados sobre uma gangorra. A gangorra é de material homogêneo e seu ponto central *O* está apoiado em um suporte. De um lado da gangorra estão José e Ana, distantes do ponto *O*, respectivamente, 1,0 m e 1,7 m, equilibrando a gangorra na horizontal com Lúcia do outro lado. Nessas condições, desprezando efeitos devidos às dimensões dos jovens, a distância de Lúcia ao ponto *O* é igual a:



- A) 3,0 m
- B) 1,0 m
- C) 2,7 m
- D) 2,5 m
- E) 1,7 m

**355.** É muito comum observarmos nas fachadas de edifícios em construção andaimes constituídos por uma tábua horizontal sustentada por cordas que passam por roldanas presas no topo da edificação. O fato de um dos operários se deslocar sobre o andaime em direção ao outro, por exemplo, quando vai entregar uma ferramenta ao companheiro, afeta a distribuição de forças sobre as cordas. Nesse sentido, considere a situação mostrada na figura a seguir. Nela, um dos operários se encontra na extremidade esquerda do andaime, enquanto o outro, após ter caminhado em direção a ele, conduzindo uma marreta, encontra-se parado no meio do andaime.



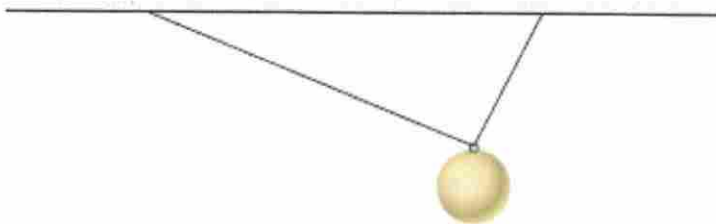
Considerando a situação mostrada na figura, pode-se afirmar que a:

- A) força resultante sobre o andaime é diferente de zero e a tensão na corda *Y* é maior que na corda *X*.



- B) força resultante sobre o andaime é igual a zero e a tensão na corda Y é maior que na corda X.
- C) força resultante sobre o andaime é diferente de zero e a tensão na corda X é maior que na corda Y.
- D) força resultante sobre o andaime é igual a zero e a tensão na corda X é maior que na corda Y.

**356.** Uma corda de um varal sustenta uma esfera metálica pesada, amarrada no varal por meio de uma pequena argola colocada na esfera, conforme mostrado na figura abaixo.



Se a corda se encontra na iminência de se romper, é **correto** afirmar que:

- A) é mais provável que a corda se rompa no lado mais longo, porque, por ser mais longo, esse é o lado que sustenta a maior parte do peso da esfera.
- B) é mais provável que a corda se rompa no lado mais longo, uma vez que a tensão na corda é maior nesse lado.
- C) a corda pode se romper do lado mais curto ou do lado mais longo com igual probabilidade, uma vez que as tensões na corda são iguais em ambos os lados.
- D) é mais provável que a corda se rompa no lado mais curto, uma vez que a tensão na corda é maior nesse lado.

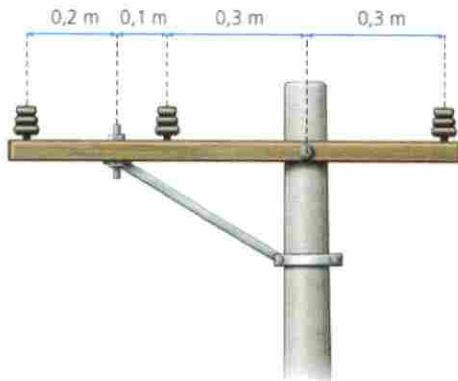
**357.** Em um poste, uma trave horizontal feita de madeira serve de suporte para os três isoladores de alta tensão, responsáveis, também, por manter os fios sobrelevados. Os pesos da trave e dos isoladores podem ser considerados desprezíveis. Cada fio exerce sobre seu isolador uma força vertical de intensidade 400 N e, por essa razão, além de a trave ser presa diretamente ao poste, uma haste inclinada exerce um esforço adicional para cima, em newton, de intensidade:







- A) 100
- B) 200
- C) 300
- D) 400
- E) 600



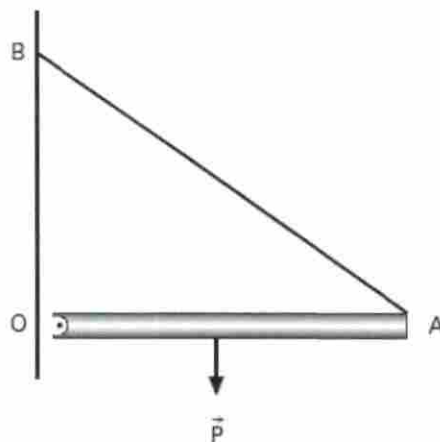
358. Na figura abaixo suponha que o menino esteja empurrando a porta com uma força  $F_1 = 5 \text{ N}$ , atuando a uma distância  $d_1 = 2 \text{ m}$  das dobradiças (eixo de rotação) e que o homem exerça uma força  $F_2 = 80 \text{ N}$  a uma distância de  $10 \text{ cm}$  do eixo de rotação.



Nestas condições, pode-se afirmar que:

- A) a porta estaria girando no sentido de ser fechada.
- B) a porta estaria girando no sentido de ser aberta.
- C) a porta não gira em nenhum sentido.
- D) o valor do momento aplicado à porta pelo homem é maior que o valor do momento aplicado pelo menino.
- E) a porta estaria girando no sentido de ser fechada, pois a massa do homem é maior que a massa do menino.

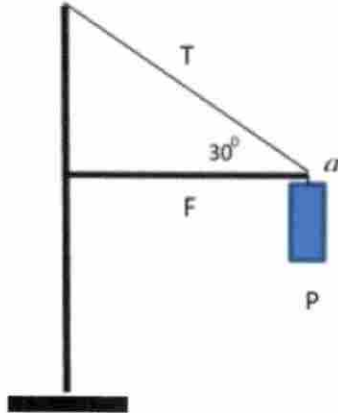
359. A figura representa uma barra homogênea OA, rígida e horizontal, de peso  $P$ . A barra é mantida em equilíbrio, sustentada numa extremidade por um cabo AB, preso a uma parede no ponto B. No ponto O, a força exercida pela articulação sobre a barra tem um componente vertical que é:



- A) diferente de zero e dirigido para cima.
- B) diferente de zero e dirigido para baixo.
- C) diferente de zero e de sentido indefinido.
- D) igual a zero.
- E) igual, em módulo, ao peso  $P$  da barra.



360. UPF. Analise a figura a seguir, que representa um semáforo suspenso por um sistema constituído de um poste, uma haste horizontal (ideal sem peso) e um cabo. No ponto "a", estão atuando três forças: o peso  $P$  do semáforo (200N), a tensão  $T$  do cabo e a força  $F$  exercida pela haste. Considerando que o sistema está em equilíbrio com essas forças, pode-se dizer que os valores, em Newtons (N), da tensão do cabo e da força exercida pela haste, são, respectivamente, de: (Adote:  $\sin 30^\circ = 0,5$  e  $\cos 30^\circ = 0,8$ )



- A) 500 e 100
- B) 400 e 320
- C) 200 e 200
- D) 320 e 400
- E) 100 e 500



# Aula 9

## Trabalho e Potência

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.267 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer as questões 363, 369, 370, 371, 380, 381, 387 e 397

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.268 (teoria, anotações e modelagem)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer a Leitura – P.272
Fazer as questões 361, 372, 373, 374, 377, 378, 382, 383, 385, 386, 388, 393, 394, 399, 400, 401, 403 e 404

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.270 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer as questões 362, 364, 365, 366, 367, 368, 375, 376, 379, 384, 389, 390, 391, 392, 395, 396, 398, 402 e 405



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



▪ Parte 1

Trabalho Mecânico

Trabalho mecânico ( W ou τ ou T )



Uma força realiza trabalho mecânico quando desloca na sua direção. A realização de um trabalho mecânico por parte de uma força sobre um corpo acarreta em ganho ou perda de energia por parte de um corpo. Grandeza escalar.

**TRABALHO MECÂNICO ( W ou τ ou T )**

- Grandeza escalar.
- Realizado por uma FORÇA quando essa DESLOCA na sua direção.
- A realização de um trabalho está associada a transformação de energia.

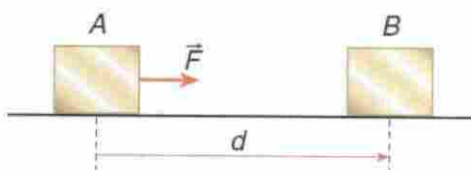
$W \neq 0 \rightarrow$  TRANSFORMAÇÃO de ENERGIA

trabalho na queda d'água transformando energia potencial em cinética



trabalho de forças dissipativas transformando energia cinética em calor no disco de freio

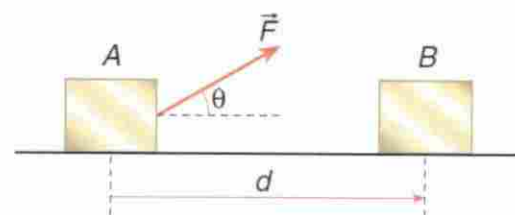
Trabalho da força de módulo constante e na direção do deslocamento



$$W = F \cdot \Delta X$$

joule (J) = N . m

Trabalho da força de módulo constante e oblíqua ao deslocamento



$$W = F \cdot \Delta X \cdot \cos \theta$$



Classificação :

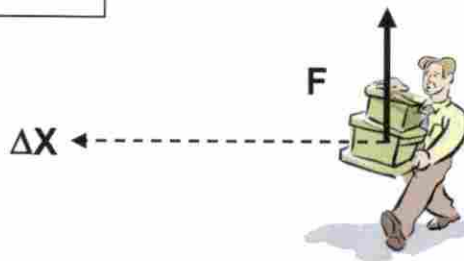
**TRABALHO MOTOR (  $W > 0$  )** → realizado por uma força que está agindo a favor do movimento.  
(  $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$  )



**TRABALHO RESISTENTE (  $W < 0$  )** → realizado por uma força que está agindo contra o movimento.  
(  $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$  )



**TRABALHO NULO (  $W = 0$  )** → deslocamento da força perpendicular à ela.  
(  $\theta = 90^\circ$  )

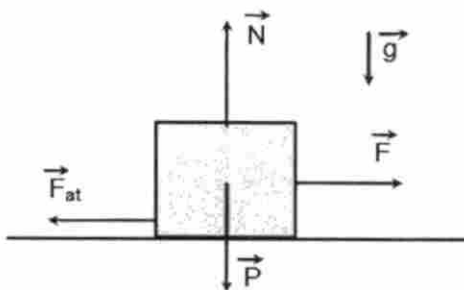


## ▪ Parte 2

### Trabalho total e de forças conservativas

**Trabalho da força resultante - Trabalho total (  $W_{TOTAL}$  ) :**

É a soma algébrica dos trabalhos realizados sobre o corpo.



$$W_{TOTAL} = W_{F_1} + W_{F_2} + \dots + W_{F_n} = F_R \cdot \Delta X$$

$$v = \text{constante} \Rightarrow W_{TOTAL} = 0$$

$$v = \text{variável} \Rightarrow W_{TOTAL} \neq 0$$

Exemplo:

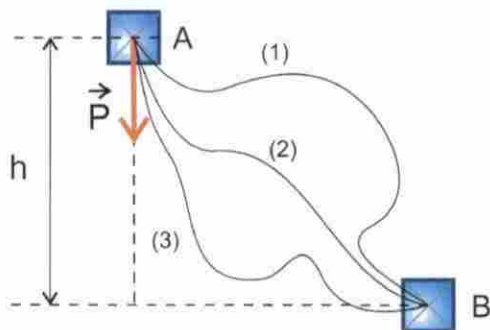




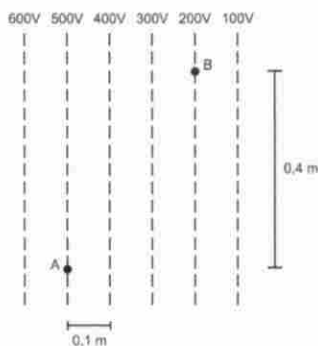
## Trabalho de forças conservativas

O trabalho realizado por uma força conservativa **não depende da trajetória**. Sempre que uma dessas forças realiza trabalho sobre um corpo, **há variação na energia potencial** desse corpo.

Exemplo : Trabalho do peso : - depende apenas do peso e do desnível  
- não depende da trajetória



Exemplo : Trabalho da força elétrica: - depende as superfícies equipotenciais  
- não depende da trajetória

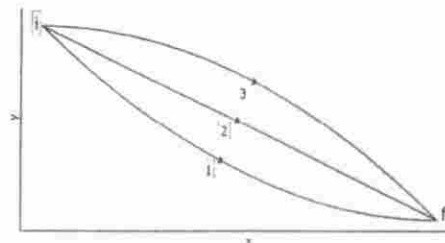


## MODELAGEM

### UFRGS

A figura mostra três trajetórias, 1, 2 e 3, através das quais um corpo de massa  $m$ , no campo gravitacional terrestre é levado da posição final  $f$ , mais abaixo. Sejam  $W_1$ ,  $W_2$  e  $W_3$ , respectivamente, os trabalhos realizados pela força gravitacional nas trajetórias mostradas. Assinale a alternativa que correlaciona corretamente os trabalhos realizados.

- A)  $W_1 < W_2 < W_3$
- B)  $W_1 < W_2 = W_3$
- C)  $W_1 = W_2 = W_3$
- D)  $W_1 = W_2 > W_3$
- E)  $W_1 > W_2 > W_3$



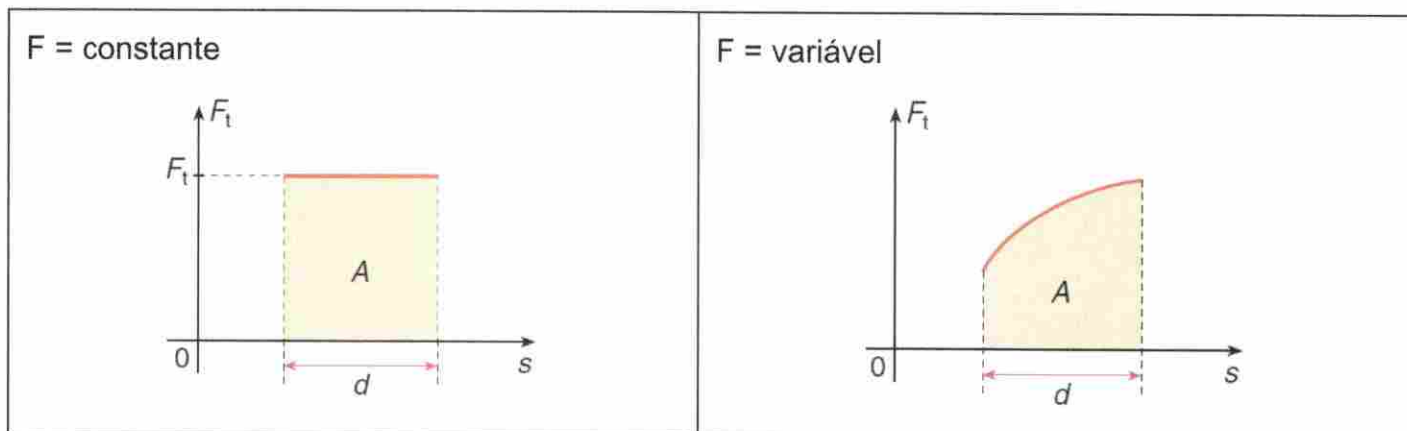
O trabalho do peso não depende da trajetória, mas sim da altura da subida ou descida. Nesse caso o corpo desce, sendo o trabalho dado por:

$$W_1 = W_2 = W_3 = P \cdot h \cdot \cos 0^\circ = P \cdot h$$

**RESPOSTA: C**



Gráfico F x X **ÁREA (F<sub>x</sub>X) = W**



### Parte 3

### Potência Mecânica

#### Potência mecânica ( P )

Informa a rapidez com que se realiza um trabalho.



$$P = \frac{W}{\Delta t} = F \cdot v$$

#### UNIDADES :

[ S.I. ] joule / segundo = **watt** ( W )

[ práticas ] quilowatt ( kW )  $\Rightarrow$  1 kW = 10<sup>3</sup> W  
 cavalo - vapor ( CV )  $\Rightarrow$  1 CV = 735 W  
 horse power ( HP )  $\Rightarrow$  1 HP = 746 W

[ CGS ] erg/s  $\Rightarrow$  1 erg/s = 10<sup>7</sup> W

## MODELAGEM

A Usina Hidrelétrica de Tucuruí atende aos estados do Pará (87%), Maranhão (97%) e Tocantins (67%). A **potência total** de energia elétrica gerada, atingida quando todas as suas unidades geradoras estão em funcionamento, chega a **8370 MW**. Percebe-se a enorme quantidade de **energia acumulada** pelo lago represado. Se desprezarmos as perdas de energia, durante o processo de geração, e considerarmos que o desnível entre o lago represado (reservatório) e o leito normal do rio é de **72 m** de altura, o **valor médio da massa de água**, medida em **milhões de Kg (MKg)**, movimentada pelas turbinas, **em cada segundo**, é de, aproximadamente:

**Dados:** considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$   $1M = 1 \times 10^6$

- A) 7,564
- B) 11,625
- C) 20,512
- D) 32,500







 LEITURA

## A busca pela glória olímpica

Os Jogos Olímpicos atraem a atenção de todos. Sem dúvida, esse é um evento único, no qual os melhores atletas de diversas modalidades esportivas se reúnem para disputar medalhas e bater as marcas existentes. Os esportes cativam, pois o ser humano é competitivo e se sente estimulado a mostrar a sua capacidade de se superar.

As provas de atletismo e de natação, por exemplo, mostram como a capacidade humana de superar desafios é imensa. A superação ocorre na escala dos centésimos de segundo, tempo muito pequeno para que nossos olhos percebam. O tempo de reação típico de um ser humano comum é da ordem de 1 ou 2 décimos de segundo. A diferença entre os tempos das provas de natação entre os competidores é muitas vezes da ordem de 0,01 segundo, dez vezes menor.



Quando um novo recorde é estabelecido, sempre surge a questão: por quanto tempo ele durará? Qual é o limite do homem?

O estabelecimento de um novo recorde acontece quando um atleta possui condições físicas, psicológicas e genéticas que favoreçam a obtenção de uma nova marca. A cidade e as instalações esportivas onde a prova é disputada são fatores determinantes, pois o desempenho do atleta depende das condições climáticas (temperatura, velocidade e direção do vento, umidade do ar etc.) e geográficas (altitude) em que é realizada a prova. O uso de materiais esportivos especiais também está fazendo diferença, como é o caso do maiô utilizado pelos nadadores. Cada pequeno detalhe é relevante.



Cada modalidade esportiva tem uma determinada técnica desenvolvida ao longo dos anos para se conseguir melhores resultados. Atualmente, o grau de sofisticação de alguns esportes é enorme e conhecimentos científicos de diversos ramos – como física, biologia, química, fisiologia e outras disciplinas – são usados para melhorar as marcas dos atletas.



## A física do atletismo

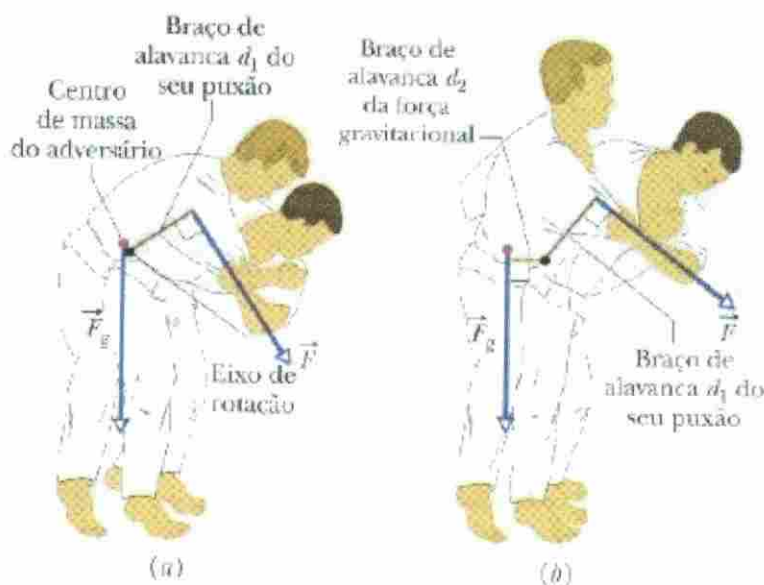
Vejam os o exemplo da prova de salto em distância. Um atleta necessita não apenas ter força física e boa velocidade, mas também precisa saltar de maneira a maximizar o alcance do pulo. Com um pouco de física elementar, é fácil mostrar que o ângulo com que ele deve arremessar o seu corpo para alcançar a maior distância em um salto deve ser de  $45^\circ$  em relação ao solo. Além disso, os atletas movimentam seu corpo de forma que seu centro de massa se desloque, fazendo com que ganhem um impulso extra com esse movimento.



Nas provas de corrida, como nos 100 metros rasos, os atletas percorrem essa distância em um intervalo menor do que 10 segundos, com uma velocidade média de aproximadamente 36 km/h. Cada passada combinada com o movimento dos braços é fundamental para se correr mais rápido. O arremessar do braço ajuda no movimento, pois, nessa situação, a força que se faz com o braço aumenta a quantidade de movimento do atleta, melhorando assim sua velocidade.

Alguns esportistas também usam roupas especiais para melhorar as condições aerodinâmicas (como os carros de corrida são projetados para diminuir o efeito do atrito do ar), além de calçados com melhor aderência ao solo (como os pneus de automóveis, determinantes para conseguir melhor desempenho em provas automobilísticas).

Já esportes como o judô e outras formas de luta usam princípios da física o tempo todo. Nesse caso, é necessário conseguir derrubar o outro atleta e a utilização movimentos de alavanca, que aumentam a “força”, facilita o deslocamento do adversário. Quanto maior for o “braço de alavanca”, maior o peso que ele pode deslocar. Na modalidade de salto com vara, é esse mesmo princípio que torna um atleta de cerca de 80 kg capaz de ultrapassar uma altura maior que 6 metros.





## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

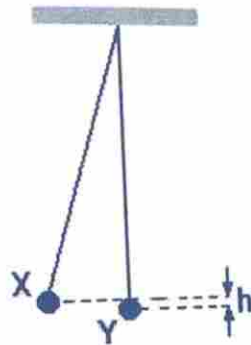
Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**Instrução:** A questão **361** refere-se ao enunciado abaixo.

Na figura abaixo, estão representados dois pêndulos simples, X e Y, de massas iguais a 100 g. Os pêndulos, cujas hastes tem massas desprezíveis, encontram-se no campo gravitacional terrestre. O pêndulo Y encontra-se em repouso quando o pêndulo X é liberado de uma altura  $h = 0,2$  m em relação a ele. Considere o módulo da aceleração da gravidade  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

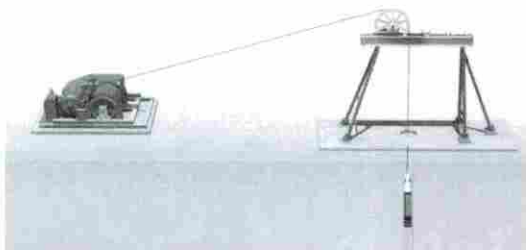


**361. UFRGS.** Qual foi o trabalho realizado pelo campo gravitacional sobre o pêndulo X, desde que foi liberado até o instante da colisão?

- A) 0,02 J.
- B) 0,20 J.
- C) 2,00 J.
- D) 20,0 J.
- E) 200,0 J.



**362. UFRGS.** O resgate de trabalhadores presos em uma mina subterrânea no norte do Chile foi realizado através de uma cápsula introduzida numa perfuração do solo até o local em que se encontravam os mineiros, a uma profundidade da ordem de 600 m. Um motor com potência total aproximadamente igual a 200,0 kW puxava a cápsula de 250 kg contendo um mineiro de cada vez.





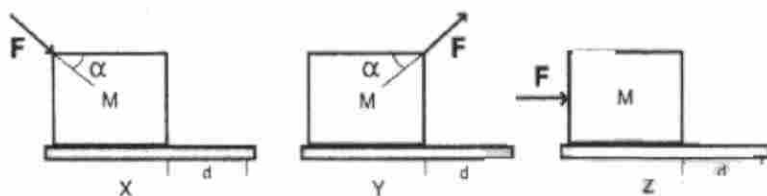
Considere que para o resgate de um mineiro de 70 kg de massa a cápsula gastou 10 minutos para completar o percurso e suponha que a aceleração da gravidade local é  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Não se computando a potência necessária para compensar as perdas por atrito, a potência efetivamente fornecida pelo motor para içar a cápsula foi de

- A) 686 W.
- B) 2.450 W.
- C) 3.136 W.
- D) 18.816 W.
- E) 41.160 W.

**Instrução:** As questão 363 refere-se ao enunciado abaixo.

Um estudante movimenta um bloco homogêneo de massa  $M$ , sobre uma superfície horizontal, com forças de mesmo módulo  $F$ , conforme representa a figura abaixo.

Em X, o estudante empurra o bloco; em Y, o estudante puxa o bloco; em Z, o estudante empurra o bloco com força paralela ao solo.

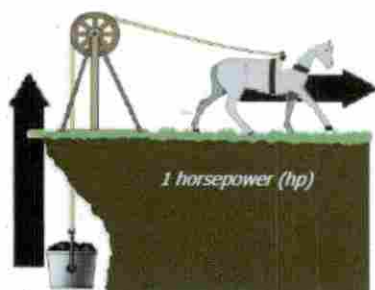


**363. UFRGS.** O trabalho realizado pelo estudante para mover o bloco nas situações apresentadas, por uma mesma distância  $d$ , é tal que

- A)  $W_x = W_y = W_z$ .
- B)  $W_x = W_y < W_z$ .
- C)  $W_x > W_y > W_z$ .
- D)  $W_x > W_y = W_z$ .
- E)  $W_x < W_y < W_z$ .



**364. UFRGS.** O termo horsepower, abreviado hp, foi inventado por James Watt (1783), durante seu trabalho no desenvolvimento das máquinas a vapor. Ele convencionou que um cavalo, em média, eleva  $3,30 \times 10^4$  libras de carvão (1 libra  $\sim 0,454 \text{ Kg}$ ) à altura de um pé ( $\sim 0,305 \text{ m}$ ) a cada minuto, definindo a potência correspondente como 1 hp (figura abaixo).





Posteriormente, James Watt teve seu nome associado à unidade de potência no Sistema Internacional de Unidades, no qual a potência é expressa em watts (W). Com base nessa associação, 1 hp corresponde aproximadamente a

- A) 76,2 W.
- B) 369 W.
- C) 405 W.
- D) 466 W.
- E) 746 W.

**365. ENEM.** Um chacareiro deseja instalar, em sua propriedade, uma turbina com um gerador de eletricidade de 2 HP em queda de água, de 20 metros de altura. Sabendo que:  $1\text{HP} = \frac{3}{4}\text{ kW}$ ;  $g=10\text{m/s}^2$ , e considerando que toda a energia potencial da queda é transformada em energia elétrica, é correto afirmar que a vazão de massa de água necessária para acionar o gerador é igual a

- A) 0,01 kg/s.
- B) 20 kg/s.
- C) 7,5 kg/s.
- D) 10 kg/s.
- E) 75 kg/s.

**366. PUCRS.** Ao realizarmos as tarefas diárias, utilizamos energia fornecida pelos alimentos que ingerimos. Pensando nisso, uma pessoa de 90 kg cronometrou o tempo para subir, pela escada, os cinco andares até chegar ao seu apartamento. Sendo  $g = 10\text{ m/s}^2$  e considerando que essa pessoa subiu 16 m em 30 s, é correto afirmar que, ao subir, desenvolveu uma potência média de

- A) 0,18 kW
- B) 0,27 kW
- C) 0,48 kW
- D) 0,76 kW
- E) 0,90 kW

**367. PUCRS.** Um atleta de 75kg, carregando uma mochila de 15kg, percorre uma trilha, subindo em 10s um auge com 8,0m de desnível. Considerando unicamente o trabalho realizado contra a gravidade, se este mesmo atleta estiver sem a mochila e desenvolver a mesma potência, ele subirá o auge em, aproximadamente,

- A) 5,0s
- B) 6,5s
- C) 7,2s
- D) 8,3s
- E) 9,0s





**368. UFRGS.** Um guindaste ergue verticalmente um caixote a uma altura de 5m em 10 segundos. Um segundo guindaste ergue o mesmo caixote à mesma altura de 40 segundos. em ambos os casos o içamento foi feito com velocidade constante. O trabalho realizado pelo primeiro guindaste, comparado com o trabalho realizado pelo segundo, é

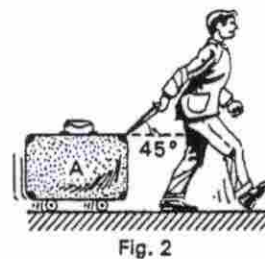


- A) igual à metade
- B) o mesmo
- C) igual ao dobro
- D) quatro vezes maior
- E) quatro vezes menor

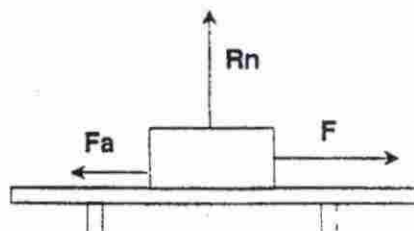
**369.** A mala A, de 20 kg, pode ser transportada por 10 m na horizontal, de dois modos: de acordo com as figuras 1, carregada pela alça, e 2, puxada pela correia por uma força de 30N, que faz ângulo de  $45^\circ$  com a horizontal. O atrito entre as rodinhas e o piso é desprezível, e a aceleração da gravidade no local  $10 \text{ m/s}^2$ . Os trabalhos da força-peso em 1 e 2 são, respectivamente :



- A) 0 J;  $\sqrt{2} \cdot 10^3 \text{ J}$
- B) 2000 J; 2000 J
- C) 200 J;  $15\sqrt{2} \text{ J}$
- D) 0 J; 0J
- E) 2000 J;  $3\sqrt{2} \cdot 10^3 \text{ J}$



**370. PUCRS.** Um bloco está sendo arrastado para a direita, sobre uma mesa horizontal, por uma força  $F = 10 \text{ N}$ , também horizontal, conforme figura abaixo. A força de atrito entre o bloco e a mesa é  $F_a = 8 \text{ N}$ , e a reação normal da mesa é  $R_n = 15 \text{ N}$ .



Considerando um deslocamento qualquer do bloco, é correto afirmar que

- A) somente F realiza trabalho positivo.
- B) somente  $F_a$  realiza trabalho positivo.
- C)  $F_a$  é força de atrito, por isso não realiza trabalho.
- D) F e  $F_a$  realizam trabalho positivo.
- E)  $R_n$  realiza trabalho maior do que F.

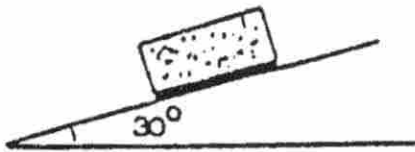


**371. UFRGS.** Analise as afirmações sobre trabalho mecânico apresentadas nas alternativas e indique a correta.

- A) Sempre que uma força não nula atua em uma partícula essa força realiza trabalho.
- B) O trabalho realizado pela força resultante que atua sobre um corpo, na direção do movimento, é nulo.
- C) O trabalho realizado pela força de atrito que atua sobre um corpo em movimento é nula.
- D) Sobre uma partícula que permanece em repouso pode estar sendo realizado trabalho.
- E) O trabalho realizado pela força que atua sobre um corpo pode ser igual à variação da energia cinética desse corpo.



**372. PUCRS.** Um corpo de 50 N de peso desliza para baixo ao longo de um plano inclinado de  $30^\circ$  com a horizontal.



Sendo  $\sin 30^\circ = 0,5$ ;  $\cos 30^\circ = 0,866$  e  $\text{tg } 30^\circ = 0,577$ , o trabalho realizado pela força peso correspondente a um deslocamento de 10 m do corpo vale

- A) 25 J
- B) 50 J
- C) 100 J
- D) 125 J
- E) 250 J

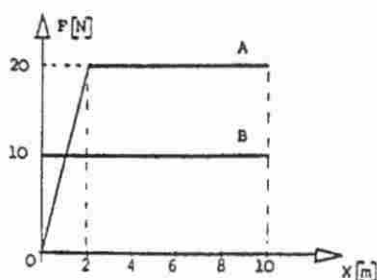
**373. PUCRS.** Uma retroescavadeira apanha no solo um volume de terra cuja massa corresponde a 2 toneladas, e, através de sucessivas operações, coloca-o sobre uma caçamba, a 3m de altura, em relação ao solo. Supondo a aceleração da gravidade  $10\text{m/s}^2$ , o trabalho realizado pela máquina, corresponde a esta operação, em J, é

- A)  $6 \cdot 10^3$
- B)  $6 \cdot 10^4$
- C)  $3 \cdot 10^3$
- D)  $3 \cdot 10^4$
- E)  $2 \cdot 10^5$



**374. PUCRS.** Sobre dois corpos distintos, A e B, atuam duas forças resultantes distintas, deslocando-os de uma distância de 10 m, segundo o gráfico da força F em função do deslocamento X, abaixo.





A razão entre os trabalhos realizados sobre os corpos A e B é

- A) 1,0
- B) 1,2
- C) 1,8
- D) 2,4
- E) 3,6

**375. UFRGS.** Sobre uma superfície plana de  $6 \text{ m}^2$  incide energia solar à razão de  $1000 \text{ watt/m}^2$ . Quantos kJ de energia absorve, no máximo, essa superfície durante um minuto, sabendo-se que apenas 50% da energia incidente é absorvida por ela?



- A) 18
- B) 36
- C) 180
- D) 360
- E) 1800

**376. PUCRS.** Um elevador possui massa própria de  $8,0 \cdot 10^2 \text{ kg}$  e está parado no andar térreo de um edifício. Ingressam nesse elevador 6 pessoas com massas médias cada uma de  $70 \text{ kg}$ . O elevador é então acionado e desloca-se verticalmente para cima com velocidade constante, atingindo o décimo andar, distante do térreo  $30 \text{ m}$ , em um intervalo de tempo de um minuto. Qual é a potência mecânica, em watts, dispendida pelo motor que aciona o elevador nesse deslocamento, supondo-se a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ?



- A)  $7,0 \cdot 10^3$
- B)  $6,1 \cdot 10^3$
- C)  $4,8 \cdot 10^3$
- D)  $4,0 \cdot 10^3$
- E)  $3,4 \cdot 10^3$

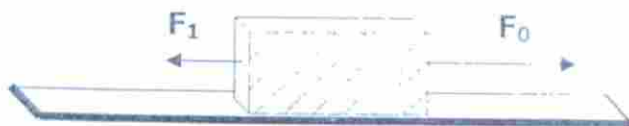
**377. UFRGS.** Um caixote se encontra em repouso sobre o piso horizontal de uma sala (considerada um sistema de referência inercial). Primeiramente, é exercida sobre o caixote uma força horizontal  $F_0$ , de módulo igual a  $100 \text{ N}$ , constatando-se que o caixote se mantém em repouso devido ao atrito entre ele e o piso.







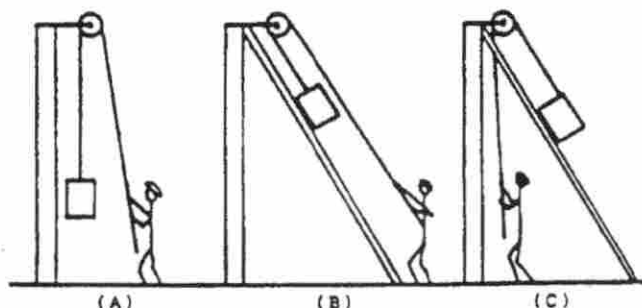
A seguir, acrescenta-se ao sistema de força outra força horizontal  $F_1$ , de módulo igual a 20 N e de sentido contrário a  $F_0$ , conforme representa a figura abaixo.



A respeito dessa nova situação, é correto afirmar que o trabalho realizado subsequentemente pela resultante das forças exercidas sobre o caixote, no mesmo referencial da sala, é igual a

- A) zero, pois a força resultante é nula.
- B) 20 J para um deslocamento de 1 m.
- C) 160 J para um deslocamento de 2 m.
- D) 300 J para um deslocamento de 3 m.
- E) 480 J para um deslocamento de 4 m.

378. Com o auxílio de uma roldana fixa, uma corda e uma prancha, arranjadas segundo as representações esquemáticas das figuras A, B e C, uma caixa que pesa 50N é elevada, com velocidade constante, a uma altura de 4,0m. O trabalho realizado em cada arranjo vale, respectivamente,  $W_A$ ,  $W_B$  e  $W_C$ .



Desprezando qualquer atrito existente no sistema, a relação entre  $W_A$ ,  $W_B$  e  $W_C$  é

- A)  $W_A = W_B = W_C$
- B)  $W_A > W_B > W_C$
- C)  $W_A < W_B < W_C$
- D)  $W_A > W_C > W_B$
- E)  $W_B > W_A > W_C$

379. Uma escada rolante transporta 20 pessoas (60kg cada, em média) por minuto do 1º. para o 2º. andar de uma loja, elevando-as 5,0m na direção vertical. Considerando a aceleração da gravidade como  $10\text{m/s}^2$ , a potência média desenvolvida contra a gravidade é, em watts,





- A)  $1,0 \times 10^2$
- B)  $2,0 \times 10^2$
- C)  $1,0 \times 10^3$
- D)  $2,0 \times 10^3$
- E)  $6,0 \times 10^4$

**380. PUCRS.** Um bloco de massa  $m$  está sendo arrastado por uma força constante  $F$ , sobre um plano horizontal com velocidade constante. Nessa situação, pode-se afirmar que o trabalho

- A) resultante realizado sobre o bloco é negativo.
- B) resultante realizado sobre o bloco é positivo.
- C) realizado pela força  $F$  é nulo.
- D) realizado pela força  $F$  é positivo.
- E) realizado pela força  $F$  é igual a variação da energia cinética do bloco.



**381.** Um executivo carrega sua maleta de massa igual a 5 kg por uma distância de 10 m com certa velocidade constante. Se a distância da maleta ao solo é mantida a uma altura constante igual a 1 m e considerando-se a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$ , é **correto** afirmar que o trabalho realizado pelo executivo sobre essa maleta nesse percurso é:

- A) 5 J
- B) 500 J
- C) 50 J
- D) 0 J



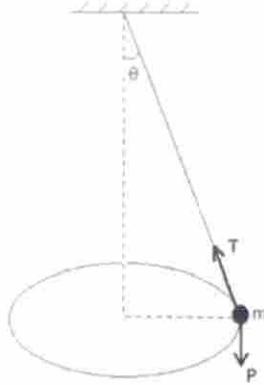
**382.** João e André empurram caixas idênticas e de mesma massa, com velocidade constante, do chão até a carroceria de um caminhão. As forças aplicadas pelos dois são paralelas às rampas. Desconsidere possíveis atritos, analise as afirmações abaixo e assinale a opção **correta**.



- A) O trabalho realizado por João é maior que o trabalho realizado por André.
- B) O trabalho realizado por João é menor que o trabalho realizado por André.
- C) O trabalho realizado por João é igual ao trabalho realizado por André.
- D) João faz uma força de maior intensidade que a de André, para empurrar a caixa até o caminhão.
- E) João faz a mesma força que André, para empurrar a caixa até o caminhão.



**383. UFRGS.** A figura abaixo representa um pêndulo cônico: um pequeno corpo de massa  $m$ , preso à extremidade de um fio, gira, descrevendo uma circunferência horizontal com velocidade constante em módulo, e o fio forma um ângulo  $\theta$  com a vertical.



**T** e **P** são, respectivamente, a força de tração, exercida pelo fio, e a força peso.

Considere as afirmações sobre o trabalho realizado por essas forças.

I - O trabalho realizado pela componente vertical da força de tração,  $|T| \cos \theta$ , é nulo.

II - O trabalho realizado pela componente radial da força de tração,  $|T| \sin \theta$ , é nulo.

III - O trabalho realizado pela força **P** é nulo.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I
- B) Apenas II
- C) Apenas I e III
- D) Apenas II e III
- E) I, II e III.

**384.** Muitas vezes, uma pessoa se surpreende com o aumento de consumo de combustível apresentado por um veículo que faz uma viagem em alta velocidade. Considere uma situação em que a intensidade da força total de resistência ao movimento,  $F_r$ , seja proporcional ao quadrado da intensidade da velocidade  $v$  do veículo. Se o veículo descrever movimento retilíneo e uniforme e duplicar o módulo da sua velocidade, então a potência desenvolvida pelo motor será multiplicada por:



- A) 4
- B) 6
- C) 8
- D) 10
- E) 12

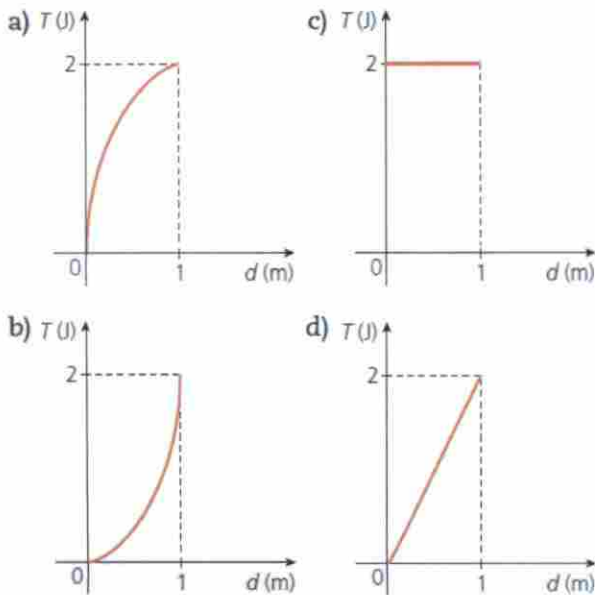


**385. ULBRA.** Um corpo de massa 5 kg move-se ao longo do eixo  $x$  e sua aceleração em função da posição é variável. Qual é o trabalho total realizado sobre esse corpo quando ele se desloca desde  $x = 0$  até  $x = 10$  m?

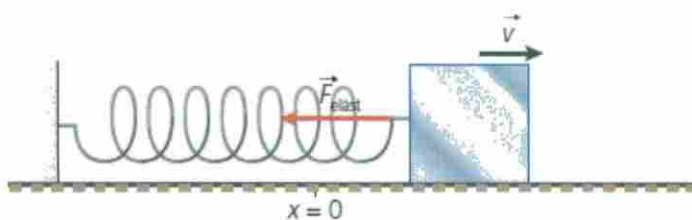
- A) 100 J
- B) 200 J
- C) 400 J
- D) 500 J
- E) 1000 J



**386.** Um homem arrasta uma cadeira sobre um piso plano, percorrendo em linha reta uma distância de 1 m. Durante todo o percurso, a força que ele exerce sobre a cadeira possui intensidade igual a 4 N e direção de  $60^\circ$  em relação ao piso. O gráfico que melhor representa o trabalho  $T$ , realizado por essa força ao longo de todo o deslocamento  $d$ , está indicado em:



**387.** Um bloco oscila num trilho sem atrito, em torno do ponto  $x = 0$ , preso a uma mola de constante elástica  $k = 50$  N/m (veja a figura).

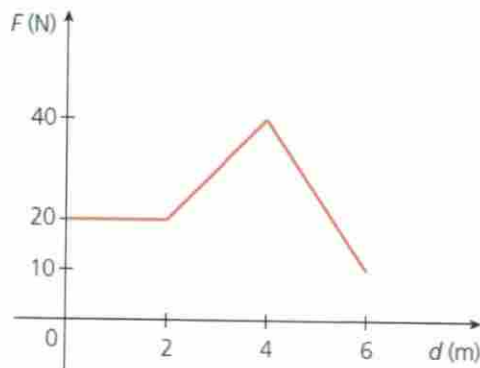




A força  $F$  da mola sobre o bloco é nula quando este passa por  $x = 0$ , posição em que o bloco possui velocidade de máxima intensidade. Ao se deslocar da posição  $x = 1$  m para  $x = 3$  m, o trabalho realizado pela força  $F$  sobre o bloco, em joule, vale:

- A) 200
- B) - 100
- C) - 200
- D) 100

**388.** Sobre um corpo inicialmente em repouso em um plano horizontal sem atrito, atua uma força horizontal de direção e sentido constantes, cuja intensidade varia com a distância percorrida, de acordo com o gráfico.



Nessas condições, o trabalho realizado pela força sobre o corpo, após o deslocamento de 6,0 m, é igual, em joule, a:

- A) 110
- B) 120
- C) 130
- D) 140
- E) 150

**389. ENEM.** A utilização de placas de aquecimento solar como alternativa ao uso de energia elétrica representa um importante mecanismo de economia de recursos naturais. Um sistema de aquecimento solar com capacidade de geração de energia de 1,0 MJ/dia por metro quadrado de placa foi instalado para aquecer a água de um chuveiro elétrico de potência de 2kW, utilizado durante meia hora por dia.



A área mínima da placa solar deve ser de

- A) 1,0 m<sup>2</sup>
- B) 1,8 m<sup>2</sup>
- C) 2,0 m<sup>2</sup>
- D) 3,6 m<sup>2</sup>
- E) 6,0 m<sup>2</sup>



**390.** Um corredor de 80 kg de massa gasta 2 s para percorrer os primeiros 10 m de uma corrida. Admitindo que, ao chegar aos 10 m, a sua velocidade era de 10 m/s, conclui-se que a potência média do corredor, nesse trecho da corrida, foi de:

- A) 100 W
- B) 200 W
- C) 500 W
- D) 1 W
- E) 2.000 W

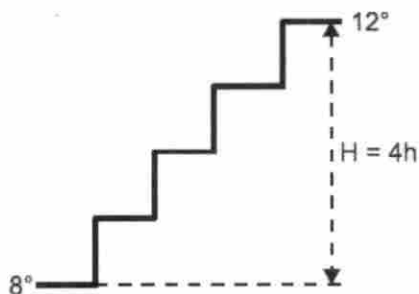


**391.** Um bloco de massa  $m = 10$  kg está em repouso sobre uma superfície horizontal e o coeficiente de atrito entre o bloco e a superfície é  $\mu = 0,25$ . Uma força horizontal constante de módulo  $F = 100$  N é aplicada sobre o bloco no instante  $t = 0$  s. Qual é a potência média da resultante de forças nos 5 primeiros segundos?

- A) 1,2 kW
- B) 1,4 kW
- C) 2,0 kW
- D) 1,0 kW
- E) 5,0 kW



**392.** O teste Margaria de corrida em escada e um meio rápido de medida da potência anaeróbica de uma pessoa. Consiste em fazê-la subir uma escada de dois em dois degraus, cada um com 18 cm de altura, partindo com velocidade escalar constante de uma distância de alguns metros da escada. Quando pisa no 8.º degrau, a pessoa aciona um cronometro, que se desliga quando pisa no 12.º degrau. Se o intervalo de tempo registrado para uma pessoa de 70 kg foi de 2,8 s e considerando-se a aceleração da gravidade com módulo igual a  $10$  m/s<sup>2</sup>, a potência média avaliada por este método foi de

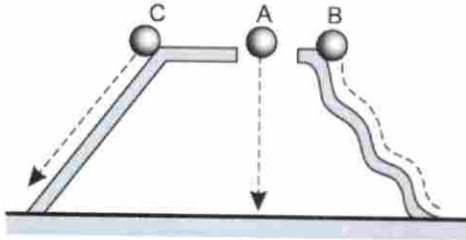


- A) 180 W
- B) 220 W
- C) 432 W
- D) 500 W
- E) 644 W





393. Três corpos idênticos, de massa  $M$ , deslocam-se entre dois níveis, como mostra a figura: A – caindo livremente; B – deslizando ao longo de um tobogã e C – descendo uma rampa, sendo, em todos os movimentos, desprezíveis as forças dissipativas.



Com relação ao trabalho ( $W$ ) realizado pela força-peso dos corpos, pode-se afirmar que:

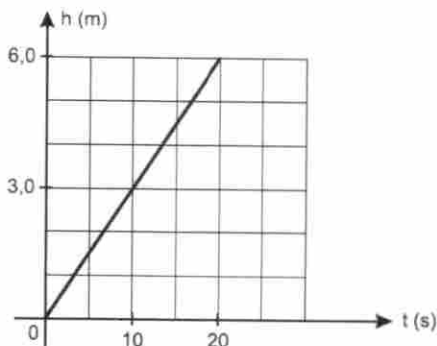
- A)  $W_C > W_B > W_A$
- B)  $W_C > W_B = W_A$
- C)  $W_C = W_B > W_A$
- D)  $W_C = W_B = W_A$
- E)  $W_C < W_B > W_A$

394. Um pai de 70 kg e seu filho de 50kg pedalam lado a lado, em bicicletas idênticas, mantendo sempre velocidade uniforme. Se ambos sobem uma rampa e atingem um patamar plano, podemos afirmar que, na subida da rampa até atingir o patamar, o filho, em relação ao pai,



- A) realizou mais trabalho.
- B) realizou a mesma quantidade de trabalho.
- C) possuía mais energia cinética.
- D) possuía a mesma quantidade de energia cinética.
- E) desenvolveu potência mecânica menor.

395. Uma empilhadeira elétrica transporta do chão até uma prateleira, a uma altura de 6,0m do chão, um pacote de 120kg. O gráfico ilustra a altura do pacote em função do tempo.



A potência aplicada ao corpo pela empilhadeira é: (dado  $g = 10\text{m/s}^2$  e despreza-se o efeito do ar.)



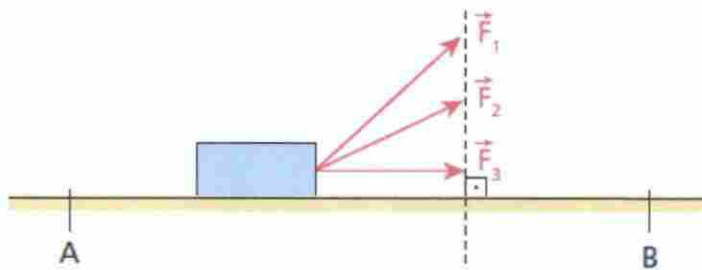
- A) 120W
- B) 360W
- C) 720W
- D) 1,20kW
- E) 2,40kW

**396.** Um automóvel possui um motor de potência máxima  $P_0$ . O motor transmite sua potência completamente as rodas. Movendo-se em uma estrada retilínea horizontal, na ausência de vento, o automóvel sofre a resistência do ar, que é expressa por uma força cuja magnitude é  $F = AV^2$ , em que  $A$  é uma constante positiva e  $V$  é o módulo da velocidade do automóvel. O sentido dessa força é oposto ao da velocidade do automóvel. Não há outra força resistindo ao movimento. Nessas condições, a velocidade máxima que o automóvel pode atingir é  $V_0$ . Se quiséssemos trocar o motor desse automóvel por um outro de potência máxima  $P$ , de modo que a velocidade máxima atingida, nas mesmas condições, fosse  $V = 2V_0$ , a relação entre  $P$  e  $P_0$  deveria ser:



- A)  $P = 2P_0$
- B)  $P = 4P_0$
- C)  $P = 8P_0$
- D)  $P = 12P_0$
- E)  $P = 16P_0$

**397.** No esquema da figura, uma mesma caixa é arrastada três vezes ao longo do plano horizontal, deslocando-se do ponto **A** até o ponto **B**:



Na primeira vez, é puxada pela força  $F_1$ , que realiza um trabalho  $W_1$ ; na segunda, é puxada pela força  $F_2$ , que realiza um trabalho  $W_2$ ; e na terceira é puxada por uma força  $F_3$ , que realiza um trabalho  $W_3$ . Supondo os comprimentos dos vetores da figura proporcionais às intensidades de  $F_1$ ,  $F_2$  e  $F_3$ , aponte a alternativa correta.

- A)  $W_1 > W_2 > W_3$
- B)  $W_1 < W_2 < W_3$
- C)  $W_1 = W_2 = W_3$
- D)  $W_1 = W_2 = 0$
- E)  $W_1 = W_2 < W_3$

**398.** Uma máquina de levantamento deslocou verticalmente com velocidade constante 10 sacas de café do chão até uma altura de 15 m em 18s. Dado que cada saca pesa 60 kg, a potência do motor que aciona a máquina de levantamento é (desprezando possíveis perdas e considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ):

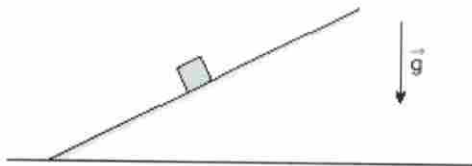






- A) 90 000 J.
- B) 5 kW.
- C) 5 kJ.
- D) 0,5 kW.
- E) 50 kW.

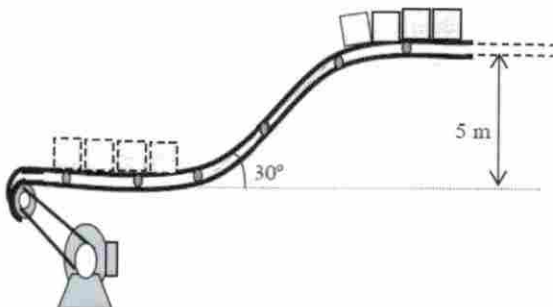
**399.** O bloco da figura desce espontaneamente o plano inclinado com velocidade constante, em trajetória retilínea.



Desprezando-se qualquer ação do ar, durante esse movimento, atuam sobre o bloco

- A) duas forças, e ambas realizam trabalho.
- B) duas forças, mas só uma realiza trabalho.
- C) três forças, e todas realizam trabalho.
- D) três forças, mas só duas realizam trabalho.
- E) três forças, mas só uma realiza trabalho.

**400.** Num galpão de armazenagem de uma grande rede de lojas de eletrodomésticos, buscando otimizar o transporte em série de volumes pesados, caixas com aparelhos de ar condicionado são transportadas desde o solo até um piso 5 m mais elevado, através de uma esteira rolante inclinada de  $30^\circ$  com a horizontal (figura abaixo). A esteira se move com velocidade constante, acionada por um motor elétrico de 220 W. Se necessário use a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\text{sen}30^\circ = 0,5$  e  $\text{cos}30^\circ = 0,8$ .

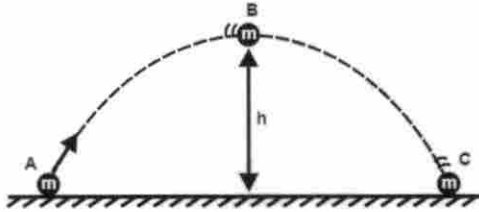


Admitindo que cada caixa possua peso de 240 N, o número máximo de caixas transportadas a cada minuto é

- A) 4
- B) 6
- C) 10
- D) 11
- E) 16



401. Um projétil de massa  $m$  é lançado obliquamente no vácuo, descrevendo a trajetória representada graficamente abaixo. A altura máxima atingida é  $h$  e o módulo da aceleração da gravidade vale  $g$ .



O trabalho da força peso do projétil nos deslocamentos de A até B ( $\tau_{AB}$ ), de B até C ( $\tau_{BC}$ ) e de A até C ( $\tau_{AC}$ ) valem, respectivamente:

- |                       |                    |                    |
|-----------------------|--------------------|--------------------|
| A) $\tau_{AB} = 0$    | $\tau_{BC} = 0$    | $\tau_{AC} = 0$    |
| B) $\tau_{AB} = -mgh$ | $\tau_{BC} = mgh$  | $\tau_{AC} = 2mgh$ |
| C) $\tau_{AB} = -mgh$ | $\tau_{BC} = mgh$  | $\tau_{AC} = 0$    |
| D) $\tau_{AB} = -mgh$ | $\tau_{BC} = -mgh$ | $\tau_{AC} = 0$    |
| E) $\tau_{AB} = -mgh$ | $\tau_{BC} = -mgh$ | $\tau_{AC} = mgh$  |

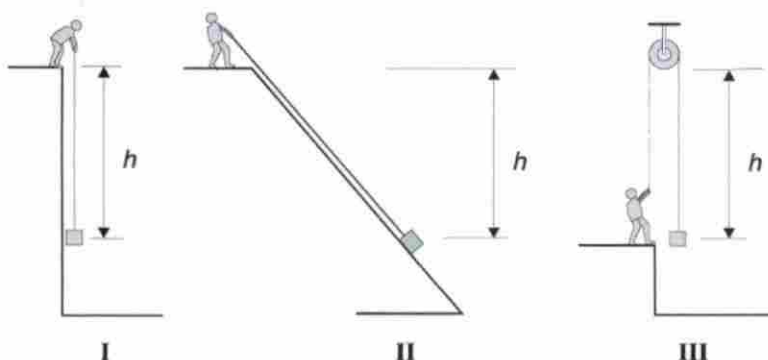
402. Uma das formas de se obter energia elétrica é usar uma lente convergente circular para concentrar os raios de sol em um único ponto, aquecendo um dispositivo localizado nesse ponto a uma temperatura elevada. Com a transformação da energia luminosa em energia térmica, pode ser criado vapor-d'água que moverá uma turbina e gerará energia elétrica. Para projetar um sistema de geração de energia elétrica, a fim de alimentar um chuveiro elétrico de 2 000 W de potência, sabe-se que, neste local, a energia recebida do Sol é  $1\,000\text{ W/m}^2$ . Esse sistema apresenta taxa de eficiência de conversão em energia elétrica de 50% da energia solar incidente. Considere  $\sqrt{\pi} = 1,8$ .

Qual deve ser, em metro, o raio da lente para que esse sistema satisfaça aos requisitos do projeto?

- A) 0,28
- B) 0,32
- C) 0,40
- D) 0,80
- E) 1,11



**INSTRUÇÃO :** As questões 403 e 404 devem ser respondidas com base no enunciado e nas figuras que se seguem. As figuras mostram uma pessoa erguendo um bloco até uma altura  $h$  em três situações distintas.





Na situação I, o bloco é erguido verticalmente; na II, é arrastado sobre um plano inclinado; e, na III, é elevado utilizando-se uma roldana fixa. Considere que o bloco se move com velocidade constante e que são desprezíveis a massa da corda e qualquer tipo de atrito.

**403.** Considerando-se as três situações descritas, a força que a pessoa faz é :

- A) igual ao peso do bloco em I, II e III.
- B) igual ao peso do bloco em I e menor que o peso do bloco em II e III.
- C) igual ao peso do bloco em I e III e menor que o peso do bloco em II.
- D) igual ao peso do bloco em II e maior que o peso do bloco em I e III.
- E) igual ao peso do bloco em III e maior que o peso do bloco em I e II.



**404.** Comparando-se as três situações descritas, é CORRETO afirmar que o trabalho realizado pela pessoa é :

- (A) o mesmo em I, II e III.
- (B) menor em II.
- (C) maior em I.
- (D) maior em II.
- (E) nulo nas três situações.



**405. ENEM.** Para reciclar um motor de potência elétrica igual a 200 W, um estudante construiu um elevador e verificou que ele foi capaz de erguer uma massa de 80kg a uma altura de 3 metros durante 1 minuto. Considere a aceleração da gravidade  $10,0\text{m/s}^2$ . Qual eficiência aproximada do sistema para realizar tal tarefa?



- A) 10%
- B) 20%
- C) 40%
- D) 50%
- E) 100%



# Aula 10

## Energia Mecânica

### PARTE 1

	Estudar a Parte 1 – P.292 (teoria, anotações e modelagens)
	Rever videoaula Parte 1 se necessário
	Fazer a Leitura 1 – P.302
	Fazer as questões 406, 410, 411, 417, 418, 420, 421, 422, 423, 427, 428, 430, 433 e 436

### PARTE 2

	Estudar a Parte 2 – P.295 (teoria, e anotações)
	Rever videoaula Parte 2 se necessário

### PARTE 3

	Estudar a Parte 3 – P.292 (teoria, e anotações)
	Rever videoaula Parte 3 se necessário
	Fazer as questões 415, 426 e 434

### PARTE 4

	Estudar a Parte 4 – P.296 (teoria, e anotações)
	Rever videoaula Parte 4 se necessário
	Fazer a Leitura 2 – P.303
	Fazer as questões 407, 408, 409, 412, 413, 414, 416, 419, 424, 425, 429, 431, 438, 439, 440, 441, 443, 444, 447, 448 e 449

### PARTE 5

	Estudar a Parte 5 – P.298 (teoria, anotações e modelagem)
	Rever videoaula Parte 5 se necessário
	Analisar Desafios – P.300
	Fazer as questões 432, 435, 442, 445, 446 e 450



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



## Parte 1

## Energia Mecânica

Na Mecânica são introduzidos os conceitos de **energia cinética**, que é relativa ao movimento, e **energia potencial**, que é relativa à posição. A energia é uma grandeza escalar.

Note-se que quanto maior for a velocidade e a massa de um objeto tanto maior será a sua energia cinética. Esta expressão está muito de acordo com a nossa experiência cotidiana. Sabemos que um carro em movimento pode realizar tarefas, algumas delas absolutamente desnecessárias, tais como derrubar postes, derrubar muros ou deformar laterais de outros carros. O estrago provocado em acidentes é tanto maior quanto maior a velocidade do veículo. Uma jumenta, por outro lado, por ter uma massa maior do que um automóvel é capaz de fazer mais estragos do que este (à mesma velocidade).

Existe uma forma de energia, muito importante na Mecânica e em outras áreas da Física Clássica, que depende da posição. Ou seja, esta energia (esta forma de energia) depende do ponto onde o móvel está localizado. Por essa razão esta energia é denominada Energia Potencial (energia de posição).

Essa forma de energia surge como resultado da interação entre os objetos. Em outras palavras, a energia potencial está intimamente ligada à existência de forças. Mais precisamente, a energia potencial resulta sempre de alguma força (ou interação) que lhe deu origem.



### Energia cinética ( $E_c$ )

Energia associado ao **movimento** de um corpo. **Não pode ser armazenada pelo corpo**. A energia cinética **não depende** da **direção** (horizontal, vertical ou oblíqua) nem da **orientação** (para cima, para baixo, para a direita ou para a esquerda) da velocidade do corpo.



$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$E_c$  - en. cinética ( J )  
 $m$  - massa ( kg )  
 $v$  - velocidade ( m/s )

$$\text{kg} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = \text{kg} \cdot \underbrace{\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}_{\text{newton}} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{joule (J)}$$



A energia cinética depende do módulo do vetor velocidade.

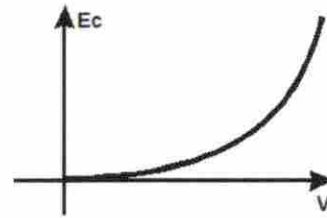
$$\Delta v = 0 \rightarrow \Delta E_c = 0$$

M. U.

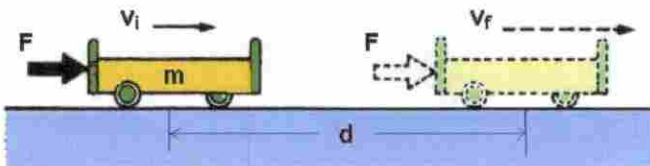
$$\Delta v \neq 0 \rightarrow \Delta E_c \neq 0$$

$$E_c \propto v^2$$

$$m = \text{constante} \Rightarrow E_c \propto v^2$$



## • TEOREMA DO TRABALHO E VARIAÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA



$$W_{\text{TOTAL}} = \Delta E_c$$

**Exemplo:** Na aterrissagem de um caça em um porta-aviões, um cabo de aço é "enganchado" pela aeronave, realizando um trabalho resistente que reduz a sua energia cinética.



## MODELAGEM

**UFRGS.**

Uma partícula movimenta-se inicialmente com energia cinética de 250 J. Durante algum tempo, atua sobre ele uma força resultante com módulo de 50 N, cuja orientação é, a cada instante, perpendicular à velocidade linear da partícula; nessa situação, a partícula percorre uma trajetória com comprimento de 3 m. Depois, atua sobre a partícula uma força resultante em sentido contrário à sua velocidade linear, realizando um trabalho de -100 J. Qual é a energia cinética final da partícula ?

- A) 150 J.
- B) 250 J.
- C) 300 J.
- D) 350 J.
- E) 500 J.



Durante a ação da força centrípeta de 50 N não há variação de energia cinética do corpo, uma vez que o módulo da velocidade não se altera.

No intervalo onde a força resultante atua contra o movimento, alterando o módulo da velocidade, utilizamos o teorema do trabalho e da variação da energia cinética:

$$\begin{aligned} W_{\text{TOTAL}} &= \Delta E_c \\ -100 &= E_{\text{CF}} - 250 \\ E_{\text{CF}} &= 350 \text{ J} \end{aligned}$$

**Resposta: D**

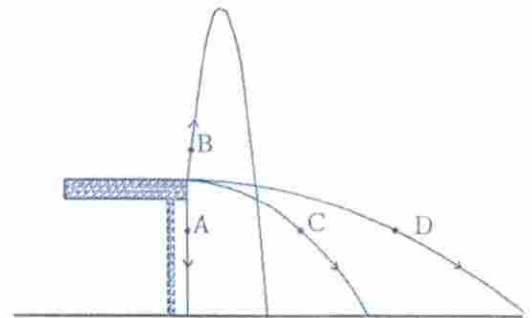
## MODELAGEM

### UFRGS.

A figura abaixo representa as trajetórias dos projéteis idênticos A, B, C, e D, desde seu ponto comum de lançamento, na borda de uma mesa, até o ponto de impacto no chão, considerado perfeitamente horizontal.

O projétil A é deixado cair a partir do repouso, e os outros três são lançados com velocidades iniciais não-nulas.

Desprezando o atrito com o ar, um observador em repouso no solo pode afirmar que, entre os níveis da mesa e do chão,



- A) o projétil A é o que experimenta maior variação de energia cinética.
- B) o projétil B é o que experimenta maior variação de energia cinética.
- C) o projétil C é o que experimenta maior variação de energia cinética.
- D) o projétil D é o que experimenta maior variação de energia cinética.
- E) todos os projéteis experimentam a mesma variação de energia cinética.

A variação da energia cinética deve ser avaliada pelo teorema do trabalho da força resultante e variação da energia cinética.

$$W_{\text{TOTAL}} = W_{\text{PESO}} = \Delta E_c$$

Sendo desprezível a resistência do ar, a força resultante nos 5 projéteis é o peso. O trabalho desse peso depende da altura entre a posição inicial e a final. No caso da questão, o peso e a altura são as mesmas para os 5 projéteis.

**Resposta: E**



▪ **Parte 2**

**Energia Potencial Gravitacional**

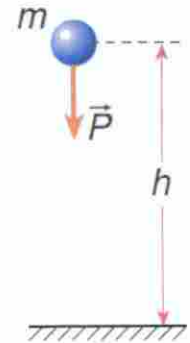
**Energia potencial gravitacional (  $E_G$  )**

Uma massa possui energia potencial gravitacional em relação a um nível qualquer quando possui **altura** (h) em relação à esse nível. Essa energia varia em função do trabalho da força peso.

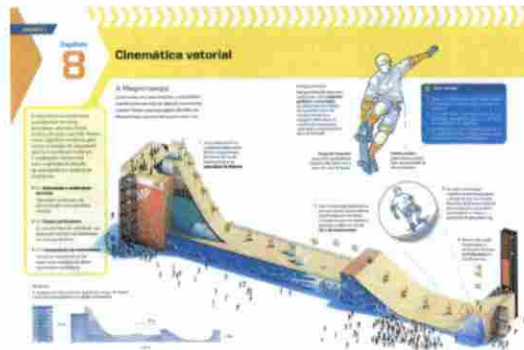


$$E_G = m \cdot g \cdot h$$

m - massa ( kg )  
g - gravidade (  $m/s^2$  )  
h - altura ( m )



**Exemplo:** o skatista

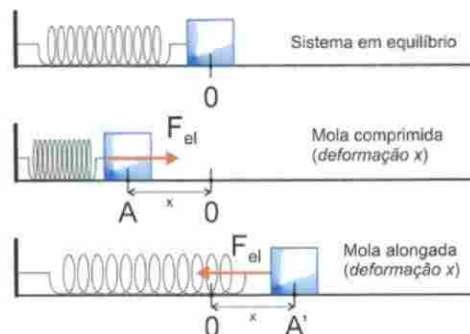
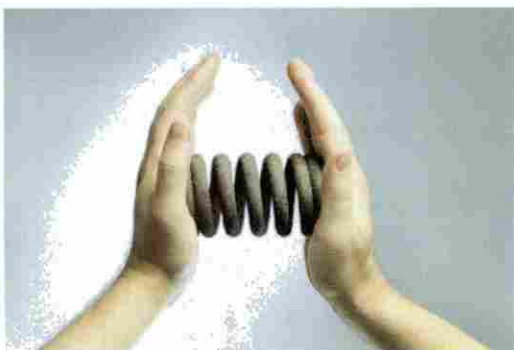


▪ **Parte 3**

**Energia Potencial Elástica**

**Energia potencial elástica (  $E_E$  )**

**Força Elástica (  $\vec{F}_E$  ) :** força exercida por uma mola em oposição a uma deformação (compressão ou distensão) qualquer sofrida.



$$E_E = k \cdot x$$

$F_E$  – força elástica ( N )  
k – constante elástica ( N/m )  
x - deformação ( m )





LEI de HOOKE

$k = \text{constante (mola ideal)}$

$$F_E \propto X$$



Exemplo: TheraBand



Percentual de alongamento

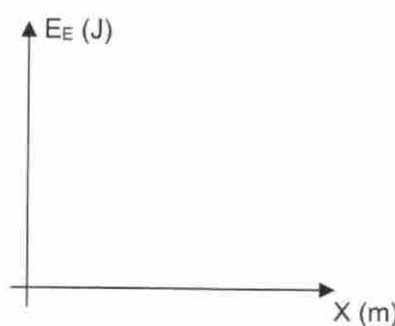
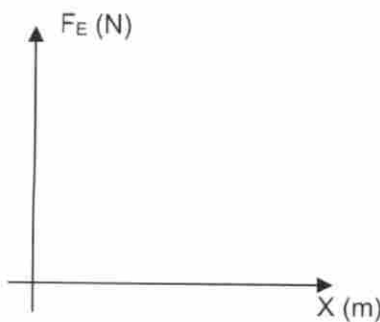
	Resistência em kg						
	Amarelo	Vermelho	Verde	Azul	Preto	Prateado	Dourado
25 %	0,5	0,7	0,9	1,3	1,6	2,1	3,6
50 %	0,8	1,2	1,5	2,1	2,9	3,7	6,3
75 %	1,1	1,5	1,9	2,7	3,7	5,0	8,7
100 %	1,3	1,8	2,3	3,2	4,4	6,0	9,9
125 %	1,5	2,0	2,6	3,7	5,0	6,9	11,2
150 %	1,8	2,2	3,0	4,1	5,6	7,8	12,5
175 %	2,0	2,5	3,3	4,6	6,1	8,4	13,8
200 %	2,2	2,7	3,6	5,0	6,7	9,3	15,2
225 %	2,4	2,9	4,0	5,5	7,4	10,5	16,6
250 %	2,6	3,2	4,4	6,0	8,0	11,5	18,2

**Energia Potencial Elástica ( $E_E$ )** : é aquela armazenada em um sistema elástico qualquer que se encontre deformado.

$$E_E = \frac{k \cdot X^2}{2}$$

⇒ mola ideal ( $k = \text{constante}$ ) ⇒  $E_E \propto X^2$

Gráficos :



## Parte 4

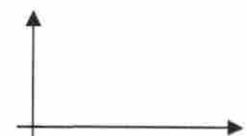
### Sistema Conservativo

#### Princípio da conservação da energia mecânica total (E) de um sistema

**SISTEMA CONSERVATIVO** ⇒ sistema onde **não** há presença de forças dissipativas (EX.: força da atrito cinética, força de resistência do ar, ...). Essas forças ao realizarem trabalho, transformam energia mecânica em outras formas de energia, como energia térmica, por exemplo, isto é, dissipam energia mecânica.

**SISTEMA CONSERVATIVO**

$$E = E_C + E_G + E_E = \text{constante}$$





**Exemplos**

**SISTEMA CONSERVATIVO (exemplo)**



$E_G + E_C = \text{constante}$



$E_E + E_C = \text{constante}$

**SISTEMA DISSIPATIVO (exemplo)**



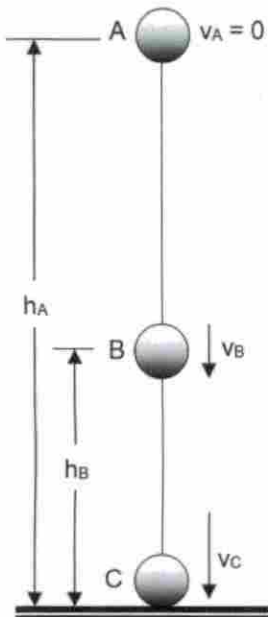
$E_G + E_C = \text{reduz}$



Avião retido na área de escape com EMAS  
Engineered Material Arresting System

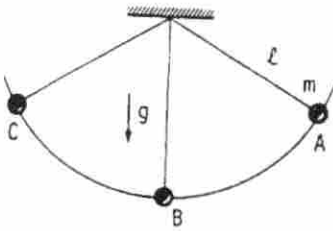


**EXEMPLO 1 : MQL (vácuo)** → sistema conservativo →  $E = E_C + E_G = \text{constante}$

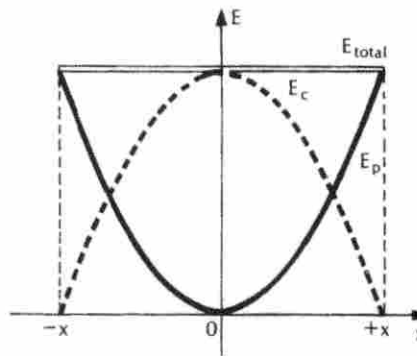
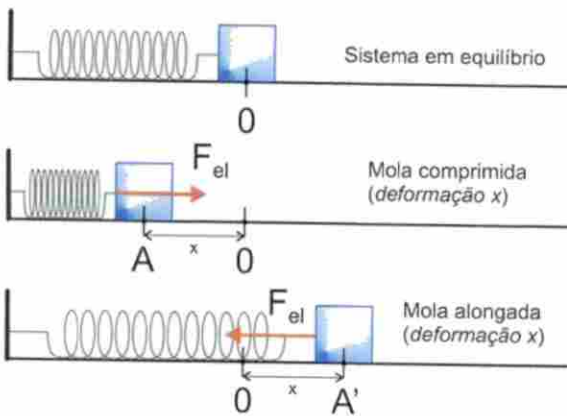




**EXEMPLO 2 : MHS** (sem atrito) ⇨ sistema conservativo ⇨  $E = E_C + E_G = \text{constante}$



**EXEMPLO 3 : MHS** (sem atrito) ⇨ sistema conservativo ⇨  $E = E_C + E_E = \text{constante}$



## ▪ Parte 5

### Sistema Dissipativo

FORÇAS CONSERVATIVAS	FORÇAS DISSIPATIVAS
Ao realizarem trabalho <b>não dissipam</b> energia mecânica.	Ao realizarem trabalho <b>dissipam</b> energia mecânica.
<b>Ex.</b> : peso, força elétrica, ...	<b>Ex.</b> : força de atrito cinética, ...
trabalho independe da trajetória.	trabalho depende da trajetória.
$W_{\text{CONSERVATIVAS}} = \Delta E_{\text{POTENCIAL}}$	$W_{\text{DISSIPATIVAS}} = \Delta E_{\text{MECÂNICA TOTAL}}$



**EXEMPLO 4 : Rampa (com atrito)** → sistema dissipativo →  $E = E_C + E_E = \text{reduz}$



**EXEMPLO 5 : Aterrisagem ônibus espacial**



## **MODELAGEM**

**UFRGS.**

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas no fim do enunciado que segue, na ordem em que aparecem. Um objeto desloca-se de um ponto A até um ponto B do espaço seguindo um determinado caminho. A energia mecânica do objeto nos pontos A e B assume, respectivamente, os valores  $E_A$  e  $E_B$ , sendo  $E_B < E_A$ . Nesta situação, existem forças ..... atuando sobre o objeto, e a diferença de energia  $E_B - E_A$  ..... do ..... entre os pontos A e B.

- A) dissipativas – depende – caminho
- B) dissipativas – depende – deslocamento
- C) dissipativas – independe – caminho
- D) conservativas – independe – caminho
- E) conservativas – depende – deslocamento

Como a energia mecânica final é menor do que a inicial, o sistema é dissipativo, indicando a presença de forças dissipativas como atrito e resistência do ar. O trabalho dessas forças dissipativas depende do caminho percorrido, ao contrário do trabalho do peso, que não depende do caminho mas sim do deslocamento.

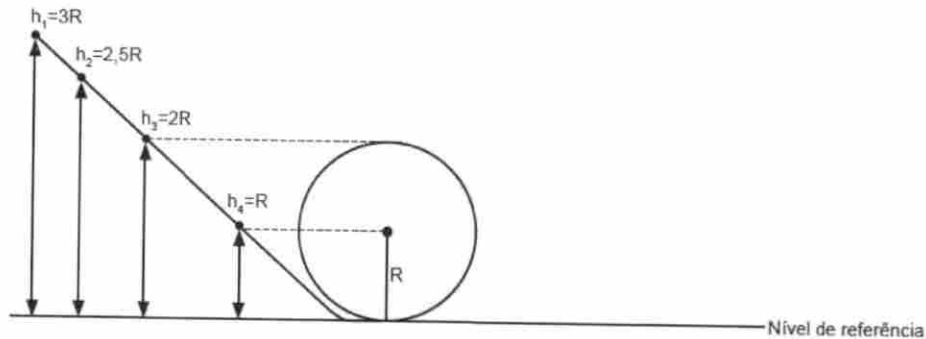
**Resposta: A**



## DESAFIO

### PUCRS 18/1

Os grandes parques de diversões espalhados pelo mundo são destinos tradicionais de férias das famílias brasileiras. Considere um perfil de montanha-russa mostrado na imagem, na qual o *looping* possui um raio  $R$ . Desprezando qualquer forma de dissipação de energia no sistema e supondo que a energia cinética medida para o carrinho seja apenas de translação, a altura mínima em relação ao nível de referência em que o carrinho pode partir do repouso e efetuar o *looping* com sucesso é



- A)  $h_1$
- B)  $h_2$
- C)  $h_3$
- D)  $h_4$

A mínima velocidade na altura máxima é aquela da iminência da queda, ou seja, quando a  $N$  tende a zero.

$$\begin{aligned} N &\rightarrow 0 \\ F_c &= P \\ m \cdot v^2 / R &= m \cdot g \\ v^2 &= g \cdot R \end{aligned}$$

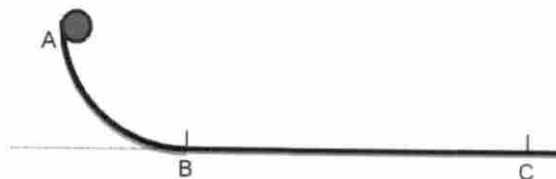
$$\begin{aligned} E_0 &= E_f \\ m \cdot g \cdot h &= m \cdot g \cdot 2R + m \cdot v^2 / 2 \\ m \cdot g \cdot h &= m \cdot g \cdot 2R + m \cdot g \cdot R / 2 \\ h &= 2,5R \end{aligned}$$

**Resposta: B**

## DESAFIO

### ULBRA 18/1

Um corpo de peso  $16 \text{ N}$  é abandonado no ponto A, cuja altura é de  $h = 200 \text{ cm}$ . Ele desliza para baixo, sem atrito até o ponto B, na base do semicírculo. A partir desse ponto, ele percorre um trecho horizontal até parar no ponto C, devido ao atrito existente entre a superfície do plano e o corpo nesse deslocamento entre BC que é de  $5 \text{ m}$ .



Qual é o coeficiente de atrito cinético entre o corpo e a superfície horizontal entre B e C?

- A) 0,2
- B) 0,4
- C) 0,6
- D) 0,8
- E) 0,9



$$\begin{aligned} E_A &= E_B \\ m \cdot g \cdot h &= (m \cdot v_B^2 / 2) \\ 10 \cdot 2 &= v_B^2 / 2 \\ v_B^2 &= 40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_F^2 &= v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta X \\ 0 &= 40 + 2 \cdot a \cdot 5 \\ a &= -4 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_R &= F_A = m \cdot a \\ N \cdot \mu &= m \cdot a \\ m \cdot g \cdot \mu &= m \cdot a \\ 10 \cdot \mu &= 4 \\ \mu &= 0,4 \end{aligned}$$

**Resposta: B**



## ANOTAÇÕES

Lined area for student notes.



## LEITURA 1

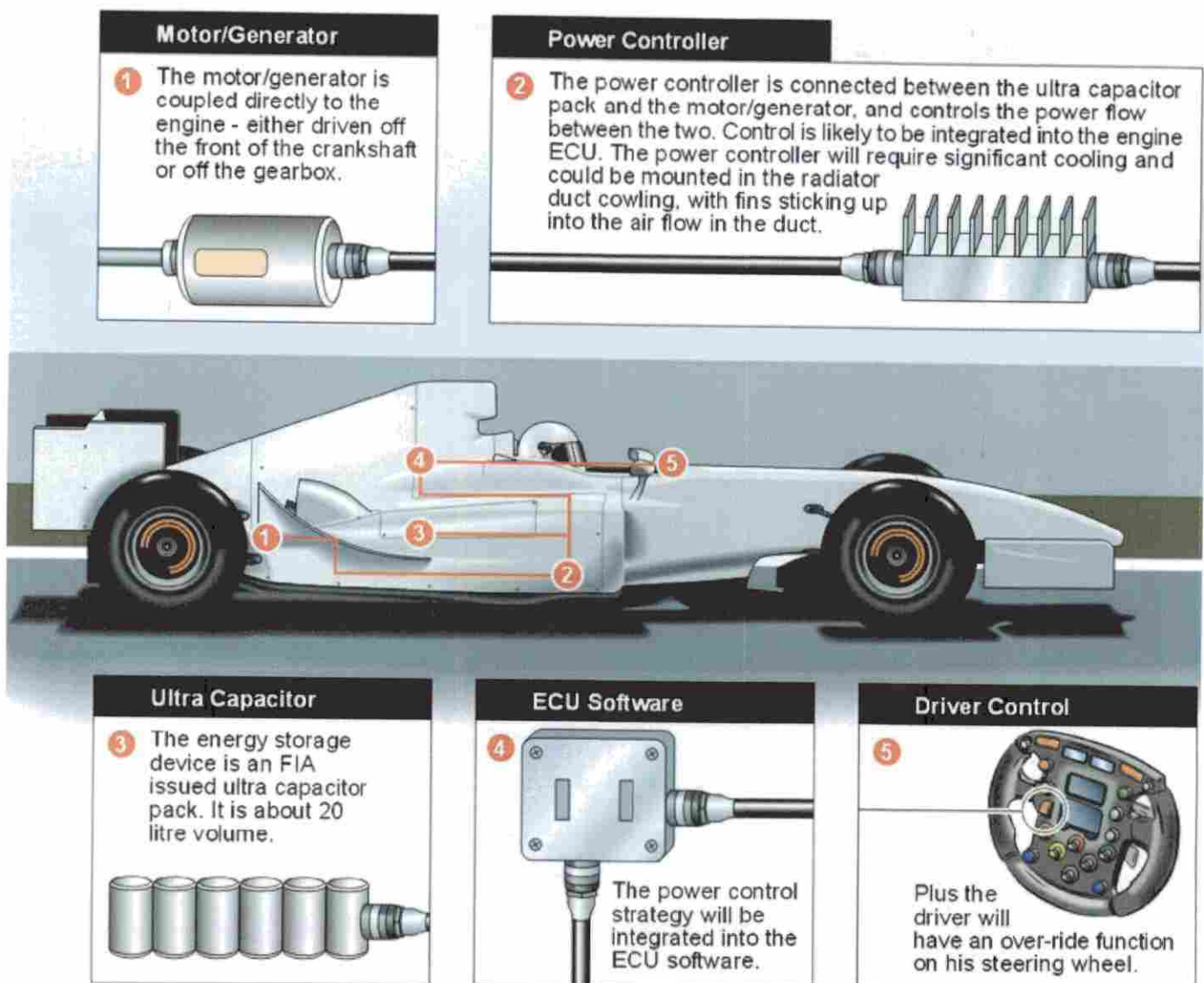
### O que é o sistema KERS da Fórmula 1?

KERS não é um nome - é a sigla de Kinetic Energy Recovering System (sistema de recuperação de energia cinética).

Apesar de ser chamado de sistema, o KERS é na verdade um conceito. Diferentes sistemas podem ser usados para cumprir o objetivo do KERS, que é acumular energia gerada nas frenagens – que seria desperdiçada - para ser usada quando o carro precisa acelerar.

O KERS foi incluído no regulamento da Fórmula 1 para 2009, inicialmente como opcional. As regras permitiam que as equipes desenvolvessem seu próprio sistema ou comprem de terceiros, sem obrigá-las a usar o equipamento. O KERS voltou na temporada 2011.

A potência fornecida pelo KERS representa cerca de 10% da potência máxima de um motor de F-1 e é particularmente útil em ultrapassagens. Pelo regulamento, a cada volta o KERS poderá liberar no máximo 400 kJ, e nunca mais de 60 kW (1 kW = 1 kJ/s) num determinado instante, o que na prática significa que o piloto terá por 6,7 segundos toda a potência adicional (são cerca de 81,5 cv).





## LEITURA 2

### Salto com varas: corra mais rápido para saltar mais alto

A altura que um ou uma atleta consegue saltar depende de sua velocidade antes de fixar a vara no chão: quanto mais rápido correr, maior será a altura saltada. Mas, como a altura do salto depende da velocidade da corrida?

No salto com varas, a maior parte da energia potencial gravitacional de um ou uma atleta ao atingir o ponto mais alto tem origem na energia cinética acumulada na corrida. Como a energia cinética é proporcional ao quadrado da velocidade e a energia potencial gravitacional é proporcional à altura, um aumento de velocidade de 1% implica em um aumento da altura do salto da ordem de 2%.



Isso explica porque homens saltam mais alto que mulheres: atletas de elite homens atingem, antes do salto, velocidades da ordem de 9,0 m/s ou um pouco mais do que isso, e mulheres, pouco mais de 8 m/s. Assim, a razão entre suas energias cinéticas (supondo que seus pesos sejam iguais) é da ordem de  $9/8$  ao quadrado, o que dá um fator 1,27. Ou seja, homens sobem 1,27 vezes mais do que mulheres. Veja como isso é verdade.

O recorde masculino, que pertence a Sergey Bubka, é de 6,14 m. O recorde feminino, obtido por Yelena Isinbayeva, é de 5,06 m. Mas como o centro de massa do ou da atleta está a cerca de um metro do chão antes do salto, Sergey Bubka subiu cerca de 5,14 m e Yelena Isinbayeva, 4,05 m. Portanto, o aumento das energia potenciais desses dois atletas está na razão  $5,14/4,05$ , que é igual a 1,27, a mesma que a razão de suas energias cinéticas antes do salto. (O fato das duas razões darem exatamente iguais, 1,27, foi um acaso). Conclusão: homens saltam mais alto que mulheres porque correm mais rápido.

### Quanto mais rápido a Fabiana Murer precisa correr para atingir o recorde mundial?

O melhor salto da grande atleta Fabiana Murer é de 4,85 m e, portanto, seu centro de massa subiu aproximadamente 3,85 m. Para atingir o recorde mundial, de 6,14 m, seu centro de massa precisaria subir cerca de 5,14 m. Ou seja, a energia potencial ganha deveria crescer na razão  $5,14/4,85=1,06$ . Para isso, ela precisaria aumentar a energia cinética acumulada na corrida por um fator 1,06 e, portanto, aumentar a velocidade por um fator 1,03. Assim, se ela consegue correr, por exemplo, a 8,0 m/s (28,8 km/h), bastaria correr um pouquinho mais rápido, a 8,2 m/s (29,5 km/h). Pode parecer pouco, afinal, 8,2 m/s parece muito próximo de 8,0 m/s ... entretanto, não é nada fácil aumentar apenas um pouquinho a velocidade quando se está próximo do limite que as melhores atletas conseguem.

### O vento pode atrapalhar ou ajudar um atleta

O ar oferece resistência quando o atravessamos. Quando andamos calmamente, isso não é perceptível. Mas quando corremos rápido ou pedalamos, a resistência do ar pode atrapalhar, e muito. E quando há um vento que sopra contra a direção que se corre, a resistência imposta pelo ar é ainda maior..

Como no salto com varas a altura conseguida depende da velocidade com que se corre, um vento contra pode atrapalhar a corrida que antecede o salto e, portanto, atrapalhar o próprio salto.

O efeito do ar também pode ser no sentido de ajudar um atleta. Quando há um vento que sopra na mesma direção da corrida, ele empurra o ou a atleta para frente. Por causa disso, tempos em corridas rápidas, como os cem metros rasos, conquistados com vento favorável e com velocidade superior a 2 metros por segundo (cerca de 7 km/h) não são aceitos para fins de recordes.

### Observação final

Uma pequena parte da energia potencial ganha no salto em altura tem origem no empurrão que o atleta dá, com o pé, contra o chão, no instante da decolagem. Há, também, um pequeno ganho obtido pelo trabalho feito pelo braço quando, segurando a vara, o ou a atleta empurra seu corpo para cima. Um cálculo mais preciso precisaria considerar esses ganhos de energia. Mas essas correções não alterariam muito a conclusão acima.





## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**406. UFRGS.** Um balde cheio de argamassa, pesando ao todo 200 N, é puxado verticalmente por um cabo para o alto de uma construção, à velocidade constante de 0,5 m/s. Considerando-se a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$ , a energia cinética do balde e a potência a ele fornecida durante o seu movimento valerão, respectivamente,



- A) 2,5 J e 10 W.
- B) 2,5 J e 100 W.
- C) 5 J e 100 W.
- D) 5 J e 400 W.
- E) 10 J e 10 W.

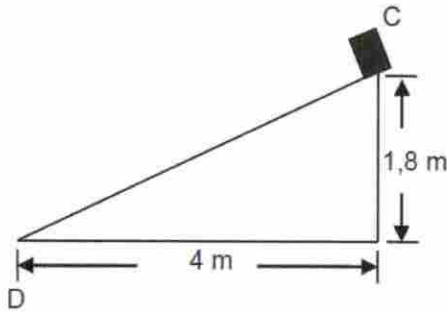
**407. UFRGS.** Um objeto, com massa de 1,0 kg, é lançado, a partir do solo, com energia mecânica de 20 J. Quando o objeto atinge a altura máxima, sua energia potencial gravitacional relativa ao solo é de 7,5J. Desprezando-se a resistência do ar, e considerando-se a aceleração da gravidade com módulo de  $10 \text{ m/s}^2$ , a velocidade desse objeto no ponto mais alto de sua trajetória é



- A) zero.
- B) 2,5 m/s.
- C) 5,0 m/s.
- D) 12,5 m/s.
- E) 25,0 m/s.

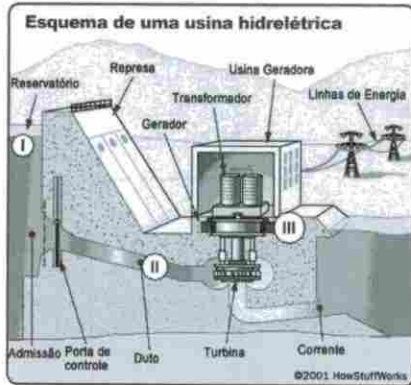
**408. UPF.** Uma caixa de massa  $m$  é abandonada em repouso no topo de um plano inclinado (ponto C). Nessas condições e desprezando-se o atrito, é possível afirmar que a velocidade com que a caixa atinge o final do plano (ponto D), em m/s, é: (considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )





- A) 6
- B) 36
- C) 80
- D) 18
- E) 4

**409. ENEM.**



Disponível em: <http://static.hsw.com.br>. Acesso em: 26 abr. 2010 (adaptado).



A figura reapresenta o processo mais usado nas hidrelétricas para obtenção de energia elétrica no Brasil. As transformações de energia nas posições I→II e II→III da figura são, respectivamente,

- A) energia cinética → energia elétrica e energia potencial → energia cinética.
- B) energia cinética → energia potencial e energia cinética → energia elétrica.
- C) energia potencial → energia cinética e energia cinética → energia elétrica.
- D) energia potencial → energia elétrica e energia potencial → energia cinética.
- E) energia potencial → energia elétrica e energia cinética → energia elétrica.

**410. ULBRA.** Um corpo de massa 15 kg está em repouso numa superfície horizontal. Sobre ele passa a atuar uma força  $F$ , que faz sua velocidade variar de acordo com o gráfico ao lado.





Determine o trabalho realizado pela força  $F$  entre os instantes 2s e 8s.

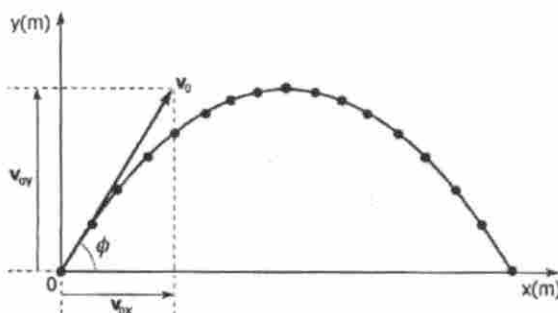
- A) 60 J
- B) 120 J
- C) 480 J
- D) 900 J
- E) 1800 J

**411. UPF.** Uma bola de futebol de massa igual a 425 g possui velocidade inicial de 2 m/s. Um jogador de futebol dá um chute na bola, exercendo uma força constante de módulo igual a 40 N na mesma direção e no mesmo sentido do movimento da bola. Até que distância seu pé deve exercer essa força para que a velocidade da bola aumente para 6 m/s?



- A) 0,340 m.
- B) 0,191 m.
- C) 0,170 m.
- D) 0,085 m.
- E) 0,021 m.

**412. UFRGS.** Na figura abaixo, está representada a trajetória de um projétil lançado no campo gravitacional terrestre, com inclinação  $\phi$  em relação ao solo. A velocidade de lançamento é  $\mathbf{v}_0 = v_{0x}\mathbf{x} + v_{0y}\mathbf{y}$ , onde  $v_{0x}$  e  $v_{0y}$  são, respectivamente, as componentes horizontal e vertical da velocidade  $\mathbf{v}_0$ .



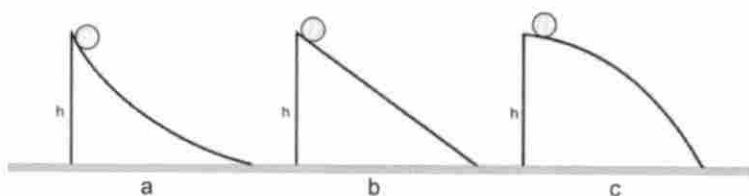
Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Considerando a energia potencial gravitacional igual zero no solo e desprezando a resistência do ar, as energias cinética e potencial do projétil, no ponto mais alto da trajetória, valem, respectivamente, ..... e .....



- A) Zero –  $mv_0^2/2$ .
- B) Zero –  $v_{0x}^2/2$ .
- C)  $mv_0^2/2 - mv_{0y}^2/2$ .
- D)  $mv_{0x}^2/2 - mv_{0y}^2/2$ .
- E)  $mv_{0y}^2/2 - mv_{0x}^2/2$ .

**413. UCPEL.** As esferas de massa  $m$ , nas rampas sem atrito da figura abaixo, partem do repouso a partir da mesma altura  $h$  nas três situações mostradas. Em relação à aceleração e a velocidade das esferas enquanto descem as rampas, assinale a alternativa correta.



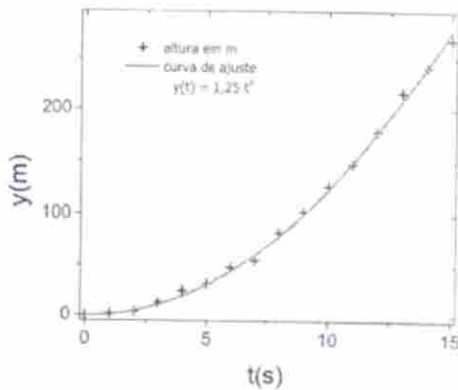
- A) A esfera, enquanto desce a rampa “a”, apresenta aceleração decrescente e velocidade decrescente.
- B) Na rampa “b”, a aceleração na direção do movimento é constante e a velocidade é crescente.
- C) Para a esfera da rampa “c”, podemos afirmar que sua aceleração diminui durante a descida; sua velocidade, entretanto, aumenta.
- D) Em todos os casos mostrados, a aceleração e a velocidade são constantes durante a descida, pois todas as rampas têm a mesma altura  $h$ .
- E) A aceleração na direção do movimento é igual à aceleração da gravidade. Desse modo, ela é constante nos três casos. Além disso, as esferas partiram do repouso de uma mesma altura  $h$ . A velocidade, entretanto, é crescente.

**414. UFRGS. Instrução:** A questão refere-se ao enunciado abaixo.

Em 16 de julho de 1969, o foguete Saturno V, com aproximadamente 3.000 toneladas de massa, foi lançado carregando a cápsula tripulada Apollo 11, que pousaria na Lua quatro dias depois.



O gráfico abaixo apresenta a posição vertical  $y$  do foguete Saturno V durante os 15 primeiros segundos após o lançamento (símbolos +). A linha contínua ajusta esses pontos com a função  $y(t) = 1,25 t^2$ ,



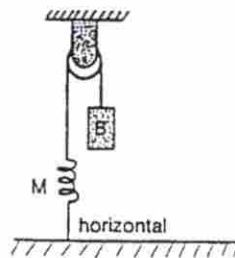
Com base nesse gráfico, a energia cinética adquirida pelo foguete após 10 s de voo é de, aproximadamente,

- A) 937,5 MJ
- B) 375,0 MJ
- C) 234,4 MJ
- D) 187,5 MJ
- E) 93,8 MJ

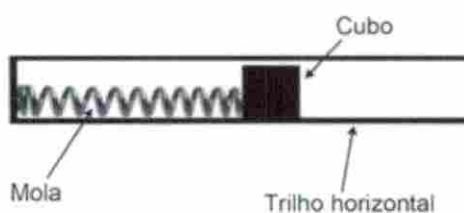
**415. UFRGS.** A figura mostra um bloco B de massa 2,0 kg pendurado por uma corda leve que passa por uma roldana presa ao teto e depois é amarrada numa das extremidades da mola M, fixada no chão pela outra extremidade. Quando o sistema está em equilíbrio mecânico no campo gravitacional terrestre ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ), o módulo da força elástica na mola é aproximadamente



- A) nulo.
- B) 10 N.
- C) 20 N.
- D) 30 N.
- E) 40 N.



**416. ENEM.** Um projetista deseja construir um brinquedo que lance um pequeno cubo ao longo de um trilho horizontal, e o dispositivo precisa oferecer a opção de mudar a velocidade de lançamento. Para isso, ele utiliza uma mola e um trilho onde o atrito pode ser desprezado, conforme a figura.



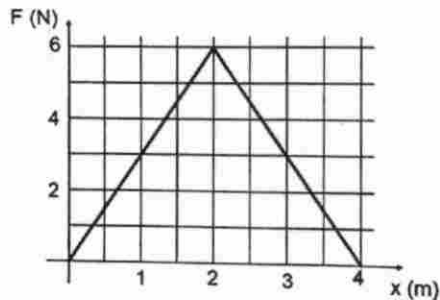


Para que a velocidade de lançamento do cubo seja aumentada quatro vezes, o projetista deve

- A) Manter a mesma mola e aumentar duas vezes a sua deformação.
- B) Manter a mesma mola e aumentar quatro vezes a sua deformação.
- C) Manter a mesma mola e aumentar dezesseis vezes a sua deformação.
- D) Trocar a mola por outra de constante elástica duas vezes maior e manter a deformação.
- E) Trocar a mola por outra de constante elástica quatro vezes maior e manter a deformação.

**Instrução:** O enunciado abaixo refere-se às questões 417 e 418.

Uma partícula de 2kg está inicialmente em repouso em  $x = 0$  m. Sobre ela atua uma única força  $F$  que varia com a posição  $x$ , conforme mostra a figura abaixo.



**417. UFRGS.** Qual o trabalho realizado pela força  $F$ , em J, quando a partícula desloca-se desde  $x = 0$  m até  $x = 4$  m?



- A) 24
- B) 12.
- C) 6.
- D) 3.
- E) 0.

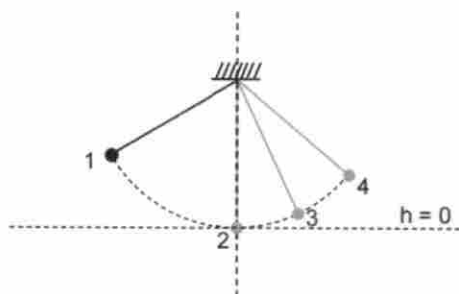
**418. UFRGS.** Os valores da energia cinética da partícula, em J, quando ela está em  $x = 2$  m e em  $x = 4$  m, são, respectivamente,



- A) 0 e 12.
- B) 0 e 6.
- C) 6 e 0.
- D) 6 e 6.
- E) 6 e 12.



**419. PUCRS. INSTRUÇÃO:** Para responder à questão 3, analise a situação a seguir e a figura que a representa.

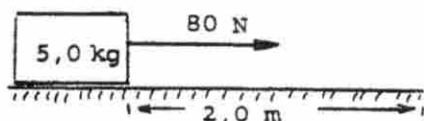


Um pêndulo simples e de massa  $m$  oscila, a partir do repouso na posição 1, livre de qualquer tipo de força dissipativa. A figura abaixo representa algumas das posições ocupadas pela massa  $m$  durante um ciclo de seu movimento oscilatório, em um campo gravitacional constante e vertical para baixo.

Sobre as energias cinética ( $E_C$ ), potencial gravitacional ( $E_P$ ) e mecânica ( $E_{MEC}$ ), medidas para a massa  $m$  em relação ao referencial  $h$ , é correto afirmar:

- A)  $E_{C2} = E_{P1}$
- B)  $E_{C2} < E_{C3}$
- C)  $E_{MEC1} > E_{MEC2}$
- D)  $E_{P3} > E_{P1}$
- E)  $E_{P2} > E_{P3}$

**420. PUCRS.** Um bloco de 5,0 kg de massa é arrastado, a partir do repouso, sobre um plano horizontal por uma força de 80 N, paralela ao plano, numa distância de 2,0 m, conforme a figura abaixo.



Se nesse deslocamento a velocidade do bloco sofre uma variação de 6,0 m/s, deve-se concluir que as forças de atrito realizam, simultaneamente, um trabalho de

- A) 50 J
- B) 60 J
- C) 70 J
- D) 80 J
- E) 90 J

**421. UFRGS.** Comparada com a energia necessária para acelerar um automóvel de 0 a 60 km/h, quanta energia é necessária para acelerá-lo de 60 km/h para 120 km/h, desprezando a ação de atrito ?

- A) a mesma
- B) o dobro
- C) o triplo
- D) quatro vezes mais
- E) oito vezes mais



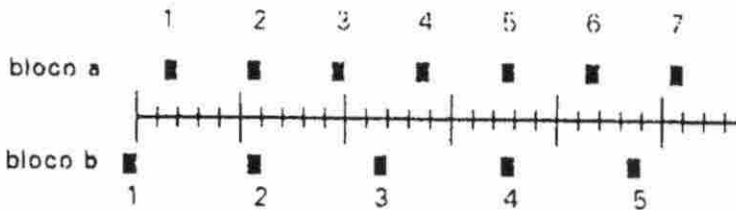


**422. UFRGS.** Um corpo possui uma energia cinética de 30J. É exercida, então, sobre ele, uma força centrípeta de 5 N e, em consequência, ele se desloca ao longo de um arco de círculo de 2 m de extensão. Ao fim do trecho cessa a força centrípeta e passa a ser exercida sobre ele uma força resultante constante de 1,5 N ao longo de um percurso de 10 m. Essa força coincide em direção e sentido, com a velocidade do corpo no instante em que deixou de ser exercida a força centrípeta. Qual é a energia cinética do corpo no final do percurso de 10 m?



- A) 5 J
- B) 25 J
- C) 30 J
- D) 45 J
- E) 55 J

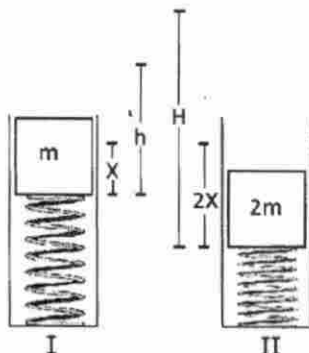
**423.** As posições de dois blocos **a** e **b**, de mesma massa, estão representadas pelos quadradinhos numerados no diagrama abaixo. Os blocos se movem para a direita. Os instantâneos estão separados por intervalos de tempo iguais.



O quociente ( $E_b / E_a$ ) da energia cinética do bloco **b** ( $E_b$ ) em relação a do bloco **a** ( $E_a$ ) é

- A) 0,44.
- B) 0,66.
- C) 1,00.
- D) 1,50.
- E) 2,25.

**424. UFRGS.** Um dispositivo de lançamento vertical de massas consiste em um tubo com uma mola sobre a qual são colocados objetos. Após a mola ser comprimida, o sistema massa-mola é liberado. Não há contato entre a massa e a parede do tubo, e a resistência do ar é desprezível.







Na figura I, um objeto de massa  $m$  é colocado sobre uma mola de constante elástica  $k$ . A mola é então comprimida por uma distância  $X$ . Quando o sistema é liberado, o objeto é arremessado verticalmente e atinge uma altura  $h$ .

Na figura II, um objeto de massa  $2m$  é colocado sobre a mesma mola e esta é comprimida por uma distância  $2X$ . Nesse caso, a altura  $H$  atingida pelo objeto, após a liberação do sistema, é

- A)  $h/2$ .
- B)  $h$
- C)  $h\sqrt{2}$
- D)  $2h$ .
- E)  $4h$ .

**425. UCPEL.** Diversos recordes foram quebrados nesta olimpíada em que o Brasil ganhou 19 medalhas: 7 de ouro, 6 de prata e 6 de bronze. Elas foram conquistadas em modalidades variadas como tiro, judô, ginástica artística, canoagem, vela, salto com vara, dentre outras. Entretanto, sob o ponto de vista físico existe algo em comum entre estes diferentes esportes. Assinale a alternativa correta.

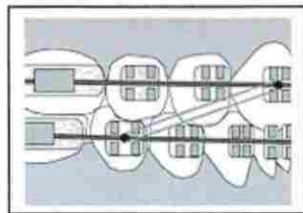


- A) A conservação de energia é um princípio teórico de validade restrita a sistemas mecânicos que não pode ser usado de maneira prática para organismos vivos. O fato de que os atletas ficam muito cansados após as provas constitui forte evidência de que a energia foi perdida, mostrando que princípios físicos de conservação da energia não se aplicam aos seres vivos. Por causa dessa restrição, não se estuda física em cursos de medicina ou em cursos relacionados à área da saúde. Apesar disso, as transformações de energia sempre podem ser verificadas, não somente nos diferentes tipos de esportes olímpicos, mas também em nosso cotidiano.
- B) Embora a energia de um sistema fechado nem sempre se conserve, a transformação de energia está presente em qualquer modalidade esportiva. Por exemplo, no tiro, a energia cinética armazenada na pólvora é convertida em energia potencial de impacto, o que provoca o deslocamento da bala em alta velocidade e sua capacidade destrutiva.
- C) Sempre se observa o fenômeno da transformação da energia em todas as modalidades. Entretanto, a energia somente se conserva em um sistema fechado quando condições especiais são estabelecidas em laboratório. Por isso, o princípio de conservação de energia é teórico e não se aplica a situações práticas.
- D) A conservação de energia é um princípio teórico que muitas vezes não pode ser usado de maneira prática tanto em sistemas mecânicos quanto biológicos. Por exemplo, nas olimpíadas, notou-se que os atletas ficam muito cansados após as provas, alguns chegam até a passar mal, indicando que eles perderam muita energia, demonstrando assim que não há conservação de energia na prática. Apesar disso, as transformações de energia sempre podem ser verificadas, não somente nos diferentes tipos de esporte como também no nosso cotidiano.

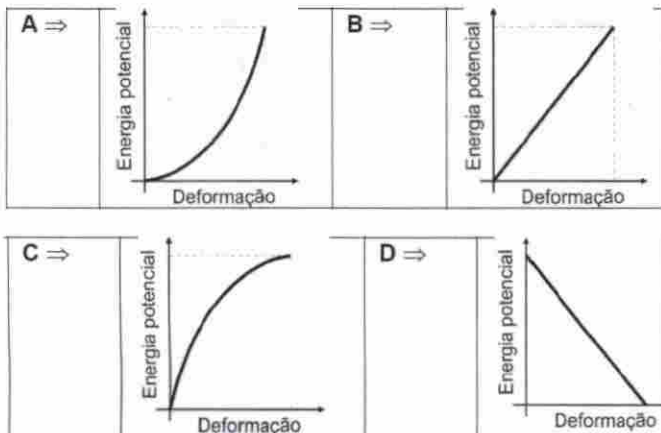


E) Em todas as modalidades sempre se observa o fenômeno da transformação da energia, que se conserva em um sistema fechado. Por exemplo, na modalidade vela, observa-se a conversão da energia eólica em energia cinética, na ginástica artística a energia química, armazenada nos músculos do atleta, é convertida em energia cinética e energia potencial quando ele realiza seus movimentos precisos. O que pode determinar o desempenho de um atleta, em alguns casos, é o quanto mais eficientemente ele consegue converter uma forma de energia em outra.

**426. ACAFE.** Pequenas argolas de borracha são comumente utilizadas nos tratamentos dentários, ou melhor, nos aparelhos ortodônticos, conforme a figura. Elas precisam ser encaixadas nos ganchos do aparelho e, geralmente, devem ser usadas em tempo integral, sendo retiradas apenas para comer e escovar os dentes.

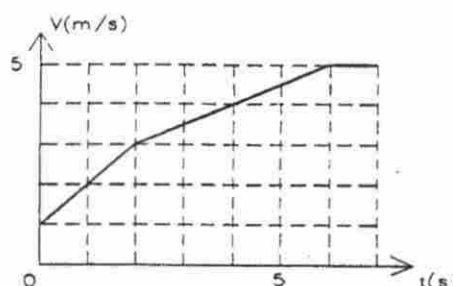


Considerando as argolas de borracha obedecendo a lei de Hooke, assinale a alternativa **correta** que apresenta o melhor esboço do gráfico energia potencial versus a deformação para uma delas.



**Instrução:** O gráfico refere-se às questões de número **427** e **428**.

Ele representa a velocidade de um objeto, de massa  $m = 2\text{kg}$ , que se move ao longo de uma linha reta sobre uma superfície horizontal.





**427. UFRGS.** Qual foi o trabalho realizado pela força resultante sobre o objeto entre os instantes  $t = 0$  e  $t = 6s$ ?

- A) 48 J
- B) 25 J
- C) 24 J
- D) 12 J
- E) 4 J



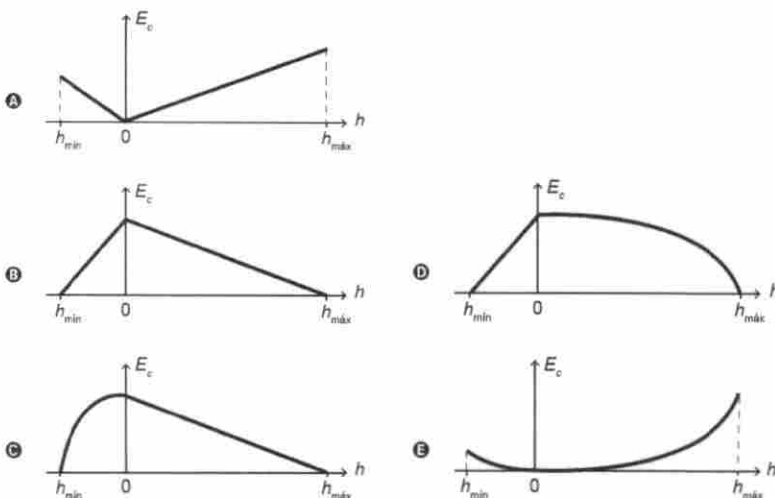
**428. UFRGS.** Qual foi a distância percorrida pelo objeto entre os instantes  $t = 2$  e  $t = 7s$  ?

- A) 25 m
- B) 21 m
- C) 20 m
- D) 16 m
- E) 11 m



**429. ENEM.** O brinquedo pula-pula (cama elástica) é composto por uma lona circular flexível horizontal presa por molas à sua borda. As crianças brincam pulando sobre ela, alterando e alternando suas formas de energia. Ao pular verticalmente, desprezando o atrito com o ar e os movimentos de rotação do corpo enquanto salta, uma criança realiza um movimento periódico Vertical em torno da posição de equilíbrio da lona ( $h = 0$ ), passando pelos pontos de máxima e de mínima alturas,  $h_{m\acute{a}x}$  e  $h_{m\acute{i}n}$ , respectivamente.

Esquematicamente, o esboço do gráfico da energia cinética da criança em função de sua posição vertical na situação descrita é:





**430. PUCRS.** O sistema KERS (Kinetic Energy Recovery System), que pode ser traduzido como Sistema de Recuperação de Energia Cinética, foi sugerido pela primeira vez pelo físico Richard Feynman na década de 50. O sistema, que tem sido utilizado nos últimos anos nos carros de Fórmula 1 e agora também em carros de passeio, permite converter parte da energia cinética que seria dissipada devido ao atrito no momento da frenagem em alguma outra forma de energia que possa ser armazenada para uso posterior. Supondo que o sistema KERS de um carro forneça 50kW de potência e libere 400kJ de energia e assumindo que 80,0% dessa energia liberada seja convertida novamente em energia cinética, o intervalo de tempo máximo que o sistema pode ser acionado e a energia cinética adicional que fornece são, respectivamente,

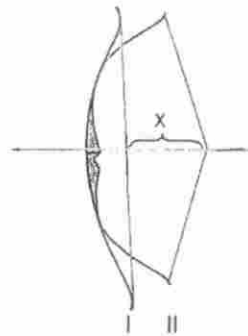


- A) 8,0s – 320kJ
- B) 8,0s – 50kW
- C) 0,12s – 400kJ
- D) 0,12s – 40kW
- E) 0,12s – 320kJ

**431. UFRGS.** O uso de arco e flecha remonta a tempos anteriores à história escrita. Em um arco, a força da corda sobre a flecha é proporcional ao deslocamento  $x$ , ilustrado na figura abaixo, a qual representa o arco nas suas formas relaxada I e distendida II.

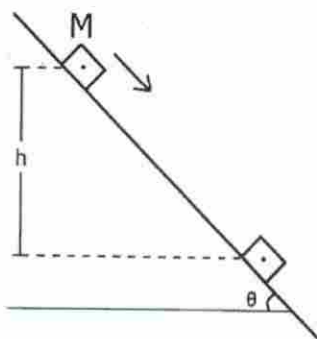


Uma força horizontal de 200 N, aplicada na corda com uma flecha de massa  $m = 40$  g, provoca um deslocamento  $x = 0,50$  m. Supondo que toda a energia armazenada no arco seja transferida para a flecha, qual a velocidade que flecha atingiria, em m/s, ao abandonar a corda?



- A)  $5 \times 10^3$ .
- B) 100.
- C) 50.
- D) 5.
- E)  $10^{1/2}$ .

**432. UFRGS.** Na figura abaixo, um corpo de massa  $M$  desliza com velocidade constante sobre um plano inclinado que forma um ângulo  $\theta$  com o plano horizontal. Considere  $g$  o módulo da aceleração da gravidade e despreze a resistência do ar.



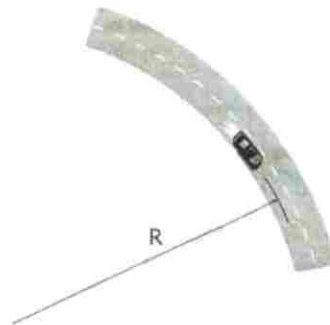


Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Quando o centro de massa do corpo desce uma altura  $h$ , os trabalhos realizados pela força peso e pela força de atrito entre corpo e plano são, respectivamente, ..... e .....

- A)  $-Mgh$  e  $Mgh$
- B)  $Mgh$  e  $-Mgh$
- C)  $Mgh\sin\theta$  e  $-Mgh$
- D)  $Mgh\sin\theta$  e  $Mgh\cos\theta$
- E)  $Mgh\cos\theta$  e  $Mgh\sin\theta$

**433. UFRGS.** Considere, na figura abaixo, a representação de um automóvel, com velocidade de módulo constante, fazendo uma curva circular em uma pista horizontal. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.



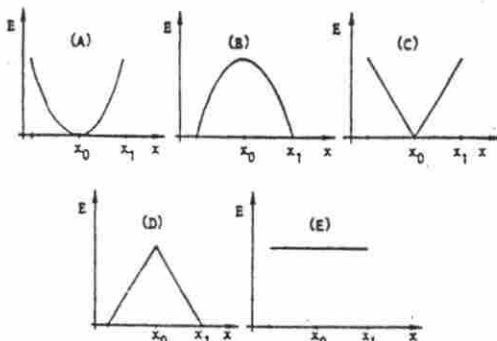
A força resultante sobre o automóvel é ..... e, portanto, o trabalho por ela realizado é .....

- A) Nula – nulo.
- B) Perpendicular ao vetor velocidade – nulo.
- C) Paralela ao vetor velocidade – nulo.
- D) Perpendicular ao vetor velocidade – positivo.
- E) Paralela ao vetor velocidade – positivo.

**434. UFRGS.** O bloco de massa  $m$  da figura é deslocado da posição de repouso  $X_0$  para a posição  $X_1$  e, após, solto livremente, passa a oscilar sem atrito.



Qual o gráfico que melhor representa a variação da energia potencial elástica  $E$  desse bloco, em função da posição  $X$  ?





435. UFRGS. Um menino desce a rampa de acesso a um terraço dirigindo um carrinho de lombo. A massa do sistema menino-carrinho é igual a 80 kg. Utilizando o freio, o menino mantém, enquanto desce, a energia cinética do sistema constante e igual a 160 J. O desnível entre o início e o fim da rampa é de 8 m. Qual é o trabalho que as forças de atrito exercidas sobre o sistema realizam durante a descida da rampa? (Considere a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$ ).

- A) -6.560 J.
- B) -6.400 J.
- C) -5.840 J.
- D) -800 J.
- E) -640 J.



436. ENEM. O etanol é um combustível renovável obtido da cana-de-açúcar e é menos poluente do que os combustíveis fósseis, como a gasolina e o diesel. O etanol tem densidade  $0,8 \text{ g/cm}^3$ , massa molar 46 g/mol e calor de combustão aproximado de  $-1\,300 \text{ kJ mol}$ . Com o grande aumento da frota de veículos, tem sido incentivada a produção de carros bicomcombustíveis econômicos, que são capazes de render até 20 km/L em rodovias, para diminuir a emissão de poluentes atmosféricos. O valor correspondente à energia consumida para que o motorista de um carro econômico, movido a álcool, percorra 400 km na condição de máximo rendimento é mais próximo de

- A) 565 MJ.
- B) 452 MJ.
- C) 520 kJ.
- D) 390 kJ.
- E) 348 kJ.



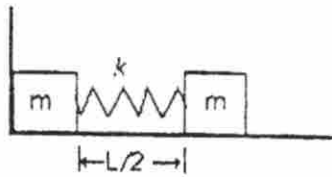
437. UFRGS. A demanda de energia de uma lâmpada de lanterna de mão é de 1,5 J em cada segundo de funcionamento. Uma massa de 0,5 kg, ao cair, a partir do repouso, de uma certa altura, deve adquirir uma energia cinética igual à que as pilhas da lanterna fornecem à lâmpada durante 10 minutos de funcionamento. De que altura cai essa massa? (Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e desconsidere a influência do ar).

- A) 3 m
- B) 18 m
- C) 30 m
- D) 180 m
- E) 900 m



438. Um sistema é constituído de dois blocos de massas iguais, conectados por uma mola de constante elástica  $k$  e massa desprezível. A massa de cada bloco é  $m$  e o comprimento natural da mola é  $L$ . Inicialmente, o bloco da direita é mantido numa posição tal que a mola é comprimida até o comprimento  $L/2$ , e o bloco da esquerda é forçado contra a parede, como mostra a figura. Nessas condições, o bloco da direita é liberado.

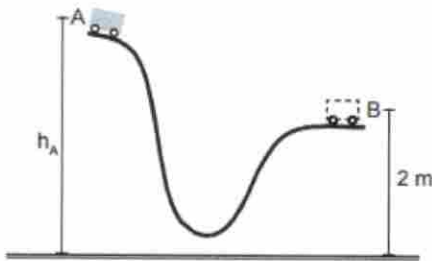




Despreze todos os atritos. As energias cinéticas dos blocos da esquerda,  $E_{CE}$ , e da direita,  $E_{CD}$ , no instante em que a mola alcança pela primeira vez o seu comprimento natural, são

- A)  $E_{CE} = kL^2/8$  e  $E_{CD} = 0$ .
- B)  $E_{CE} = kL^2/2$  e  $E_{CD} = kL^2/4$ .
- C)  $E_{CE} = E_{CD} = kL^2/2$ .
- D)  $E_{CE} = 0$  e  $E_{CD} = kL^2/4$ .
- E)  $E_{CE} = 0$  e  $E_{CD} = kL^2/8$ .

**INSTRUÇÃO:** Responder à questão 439 com base na figura abaixo, que representa o trecho de uma montanha-russa pelo qual se movimenta um carrinho com massa de 400 kg. A aceleração gravitacional local é de  $10 \text{ m/s}^2$ .

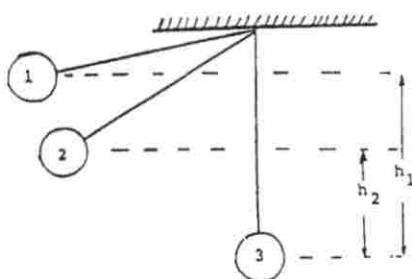


**439. PUCRS.** Partindo do repouso (ponto A), para que o carrinho passe pelo ponto B com velocidade de  $10 \text{ m/s}$ , desprezados todos os efeitos dissipativos durante o movimento, a altura  $h_A$ , em metros, deve ser igual a

- A) 5
- B) 7
- C) 9
- D) 11
- E) 13



**440. PUCRS.** Para responder à questão observar a figura que representa um pêndulo físico de massa  $m$ , abandonado do ponto 1.

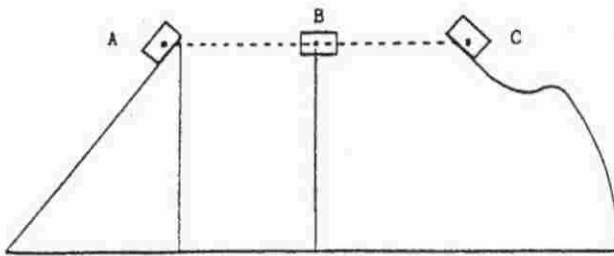




Despreze-se qualquer tipo de atrito e considere-se  $h_1$  e  $h_2$  as alturas dos pontos 1 e 2, respectivamente em relação ao ponto 3, tal que  $h_1 > h_2 > h_1/2$ . Sendo  $E_M$ ,  $E_C$  e  $E_P$  as energias mecânica, cinética e potencial do ponto 2, pode-se concluir que

- A)  $E_C = E_P$ ;  $E_M = E_C + E_P$
- B)  $E_C < E_P$ ;  $E_M = E_C + E_P$
- C)  $E_C > E_P$ ;  $E_M = E_C + E_P$
- D)  $E_C < E_P$ ;  $E_M = E_C - E_P$
- E)  $E_C > E_P$ ;  $E_M = E_C - E_P$

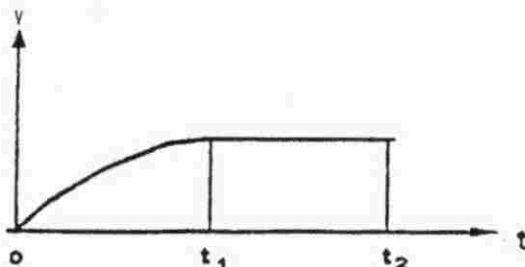
**441. PUCRS.** Três corpos A, B e C partem do repouso de uma mesma altura e seguem as trajetórias ilustradas abaixo, sendo  $m_A$ ,  $m_B$  e  $m_C$  suas respectivas massas.



Desprezando-se qualquer forma de atrito e sabendo-se que  $m_A > m_B > m_C$ , a relação entre as velocidades respectivas dos três corpos, ao chegarem ao solo, é

- A)  $v_A > v_B > v_C$
- B)  $v_A > v_B < v_C$
- C)  $v_A < v_B > v_C$
- D)  $v_A < v_B < v_C$
- E)  $v_A = v_B = v_C$

**442.** Uma gota de chuva parte, com velocidade nula, de uma grande altura e cai verticalmente. Sabe-se que sobre a gota atua uma força de resistência do ar, cuja intensidade aumenta com o aumento da velocidade da gota. O gráfico a seguir mostra o valor da velocidade da gota em função do tempo.



Analise as seguintes afirmativas





I - No intervalo de 0 a  $t_1$ , o aumento da energia cinética da gota é igual ao decréscimo de sua energia potencial gravitacional.

II - no intervalo de  $t_1$  a  $t_2$ , onde a energia cinética da gota não varia, sua energia potencial gravitacional também não varia.

III - No intervalo de 0 a  $t_2$  a energia mecânica da gota varia.

Estão corretas

- A) apenas a I
- B) apenas a II
- C) apenas a III
- D) apenas a I e II
- E) todas

**443. UFRGS.** A figura abaixo representa um bloco de massa  $M$  que comprime uma das extremidades de uma mola ideal de constante elástica  $k$ . A outra extremidade da mola está fixa à parede. Ao ser liberado o sistema bloco-mola, o bloco sobe a rampa até que seu centro de massa atinja uma altura  $h$  em relação ao nível inicial. (Despreze as forças dissipativas e considere  $g$  o módulo da aceleração da gravidade.)



Nessa situação, a compressão inicial  $x$  da mola deve ser tal que

- A)  $x = (2Mgh/k)^{1/2}$ .
- B)  $x = (Mgh/k)^{1/2}$ .
- C)  $x = 2Mgh/k$ .
- D)  $x = Mgh/k$ .
- E)  $x = k/Mgh$ .

**444. ACAFÉ.** Após uma cirurgia no ombro comumente o médico indica exercícios fisioterápicos para o fortalecimento dos músculos. Esses, por sua vez, podem ser realizados com auxílio de alguns equipamentos, como por exemplo: bolas, pesos e elásticos. Considere um exercício realizado com a ajuda do elástico, em que o paciente deve puxá-lo até seu corpo e depois soltá-lo lentamente. A figura abaixo ilustra a posição do paciente.

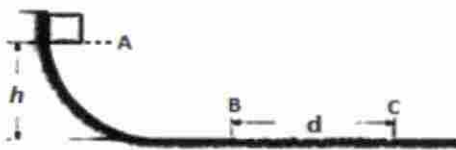




Considerando o exposto, assinale a alternativa **correta** que completa as lacunas das frases a seguir. Quando o paciente puxa o elástico, fornece energia para o mesmo, que a armazena na forma de \_\_\_\_\_. A força aplicada pelo elástico na mão do paciente é uma força \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

- A) energia potencial elástica - constante - conservativa
- B) energia potencial gravitacional - constante - não conservativa
- C) energia potencial elástica - variável - conservativa
- D) energia potencial gravitacional - variável - não conservativa

**445. UCPEL.** Um Engenheiro necessita projetar uma rampa para descarga de equipamentos de uma empresa. O protótipo, ilustrado na figura, foi esquematizado para que um objeto, com dimensões desprezíveis, seja abandonado do ponto A, a uma altura  $h$  em relação ao solo, e deslize em uma superfície sem atrito até o ponto B, onde penetra em uma superfície rugosa e deve atingir o repouso no ponto C. O coeficiente de atrito entre as superfícies de contato do objeto e do plano, entre os pontos B e C, é igual a  $\mu$ .



O engenheiro fez vários testes e verificou que o objeto atinge o repouso no ponto C quando a distância  $d$  entre os pontos B e C é igual a:

- A)  $\mu/h$
- B)  $mgh$
- C)  $\sqrt{2gh}$
- D)  $h/\mu$
- E)  $\sqrt{h/\mu}$

**446. PUCRS.** Num salto em altura com vara, um atleta atinge a velocidade de  $11\text{m/s}$  imediatamente antes de fincar a vara no chão para subir. Considerando que o atleta consiga converter 80% da sua energia cinética em energia potencial gravitacional e que a aceleração da gravidade no local seja  $10\text{m/s}^2$ , a altura máxima que o seu centro de massa pode atingir é, em metros, aproximadamente,



- A) 6,2
- B) 6,0
- C) 5,6
- D) 5,2
- E) 4,8



**447. ULBRA.** Um corpo de massa 20 kg passa por um ponto A, em um trecho retilíneo de uma pista horizontal com uma velocidade constante de 6 m/s da esquerda para a direita. A partir daí ele descreve um semicírculo de raio de 4m, invertendo o sentido de sua velocidade. Ao sair do semicírculo, uma força de 300 N começa a atuar sobre ele no sentido de seu deslocamento, por uma distância de 150 cm, até atingir um ponto B. Qual a sua velocidade final no ponto B, em m/s? (Despreze os possíveis atritos).



- A) 3,0
- B) 6,0
- C) 9,0
- D) 12,0
- E) 15,0

**448. UFRGS.** Complete a tabela abaixo, determinando de que altura deve cair uma automóvel para que a deformação causada pelo impacto com o chão seja equivalente à de uma colisão frontal com um obstáculo rígido e a uma velocidade de 75 km/h.



Uma colisão frontal com obstáculo rígido e frontal à velocidade de ...	... corresponde à queda de uma altura de ...
12,5 km/h	0,61 m
25 km/h	2,46 m
50 km/h	9,84 m
75 km/h	... m

- A) 10,2 m
- B) 12,1 m
- C) 22,1 m
- D) 32,1 m
- E) 44,2 m

**449. ENEM.** Numa feira de ciências, um estudante utilizará o disco de Maxwell (ioiô) para demonstrar o princípio da conservação da energia. A apresentação consistirá em duas etapas:

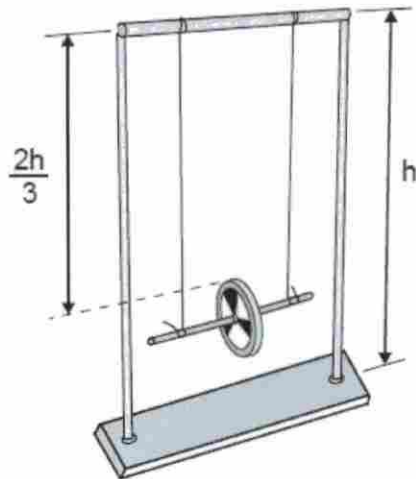


Etapa 1 - a explicação de que, à medida que o disco desce, parte de sua energia potencial gravitacional é transformada em energia cinética de translação e energia cinética de rotação;

Etapa 2 - o cálculo da energia cinética de rotação do disco no ponto mais baixo de sua trajetória, supondo o sistema conservativo.

Ao preparar a segunda etapa, ele considera a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m s}^{-2}$  e a velocidade linear do centro de massa do disco desprezível em comparação com a velocidade angular. Em seguida, mede a altura do topo do disco em relação ao chão no ponto mais baixo de sua trajetória, obtendo  $1/3$  da altura da haste do brinquedo.

As especificações de tamanho do brinquedo, isto é, de comprimento (C), largura (L) e altura (A), assim como da massa de seu disco de metal, foram encontradas pelo estudante no recorte de manual ilustrado a seguir.



**Conteúdo:** base de metal, hastes metálicas, barra superior, disco de metal.

**Tamanho (C × L × A):** 300 mm × 100 mm × 410 mm

**Massa do disco de metal:** 30 g

O resultado do cálculo da etapa 2, em joule, é:

- A)  $4,10 \times 10^{-2}$
- B)  $8,20 \times 10^{-2}$
- C)  $1,23 \times 10^{-1}$
- D)  $8,20 \times 10^4$
- E)  $1,23 \times 10^5$

**450. PUCRS.** Uma bola de borracha é largada a partir do repouso, de 100cm de altura, caindo sobre um piso cerâmico. Ao atingir o piso, a bola repica, subindo verticalmente até 70cm de altura. O atrito com o ar durante a queda e a subida dissipa 5% da energia potencial gravitacional inicial. Nestas condições, é correto afirmar que



- A) a velocidade inicial de subida da bola, imediatamente após o impacto com o piso, é 30% menor do que a velocidade com a qual ela atinge o piso na sua queda.
- B) a quantidade de movimento da bola no início da subida é 30% menor do que a quantidade de movimento no instante em que atinge o piso.
- C) a energia cinética no início da subida é 30% menor do que no instante em que a bola atinge o piso.
- D) a colisão com o piso, não sendo perfeitamente elástica, dissipa 25% da energia potencial gravitacional inicial.
- E) a colisão com o piso dissipa 30% da energia cinética que a bola tem quando o atinge.



# Aula 11

## Impulso e Momento Linear

### PARTE 1

	Estudar a Parte 1 – P.325 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 1 se necessário

### PARTE 2

	Estudar a Parte 2 – P.326 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 2 se necessário
	Fazer as questões 462, 463, 465, 467, 469, 470, 471, 472, 475 e 476

### PARTE 3

	Estudar a Parte 3 – P.327 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 3 se necessário
	Fazer a Leitura 2 – P.339
	Fazer as questões 451, 453, 459, 460, 464, 466, 473, 474, 477 e 485

### PARTE 4

	Estudar a Parte 4 – P.328 (teoria, anotações e modelagens)
	Rever videoaula Parte 4 se necessário
	Fazer a Leitura 1 – P.337
	Fazer as questões 482, 483 e 486

### PARTE 5

	Estudar a Parte 5 – P.330 (teoria, anotações e modelagem)
	Rever videoaula Parte 5 se necessário
	Analisar Desafios – P.334
	Fazer as questões 452, 454, 455, 456, 457, 458, 461, 468, 478, 479, 480, 481, 484, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494 e 495

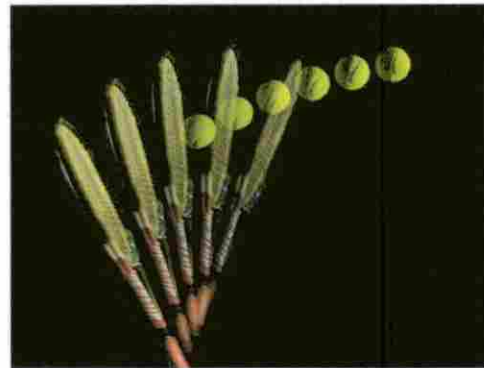
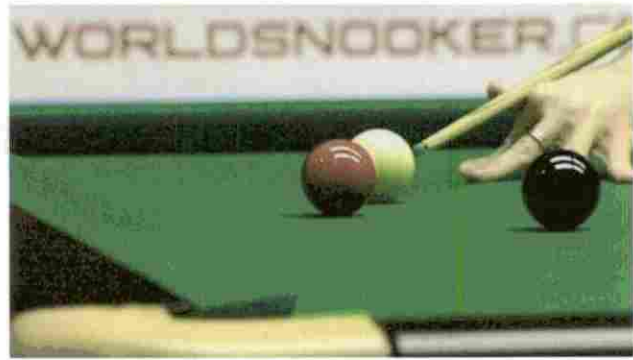


A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



## Impulso

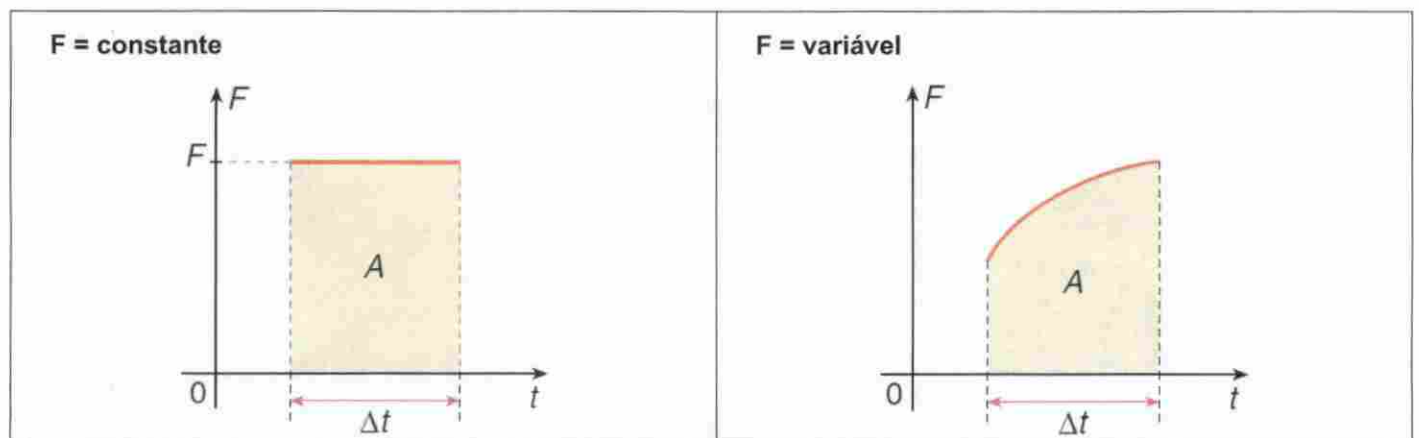
Uma força  $\vec{F}$  provoca um impulso  $\vec{I}$  sobre um corpo quando durante o intervalo de tempo  $\Delta t$  em que atuar sobre o corpo fizer variar sua velocidade.



$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

F - força ( N )  
 $\Delta t$  - intervalo de tempo de ação da força ( s )  
 I - impulso ( N.s )

- O vetor impulso  $\vec{I}$  possui mesma direção e sentido do vetor força  $\vec{F}$ .
- A área do gráfico F x t sempre fornece o impulso.

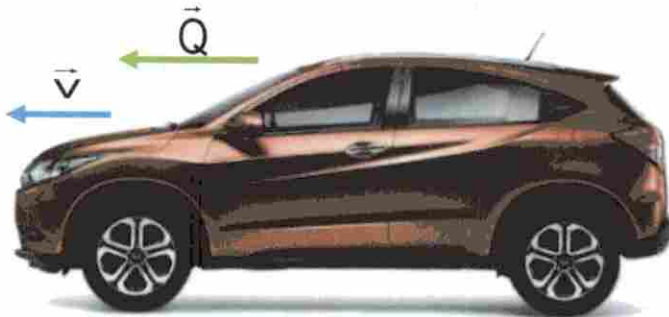




▪ Parte 2

Momento Linear

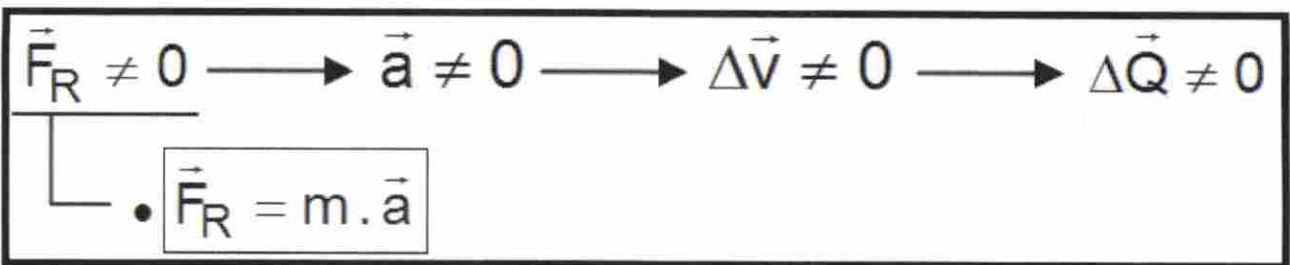
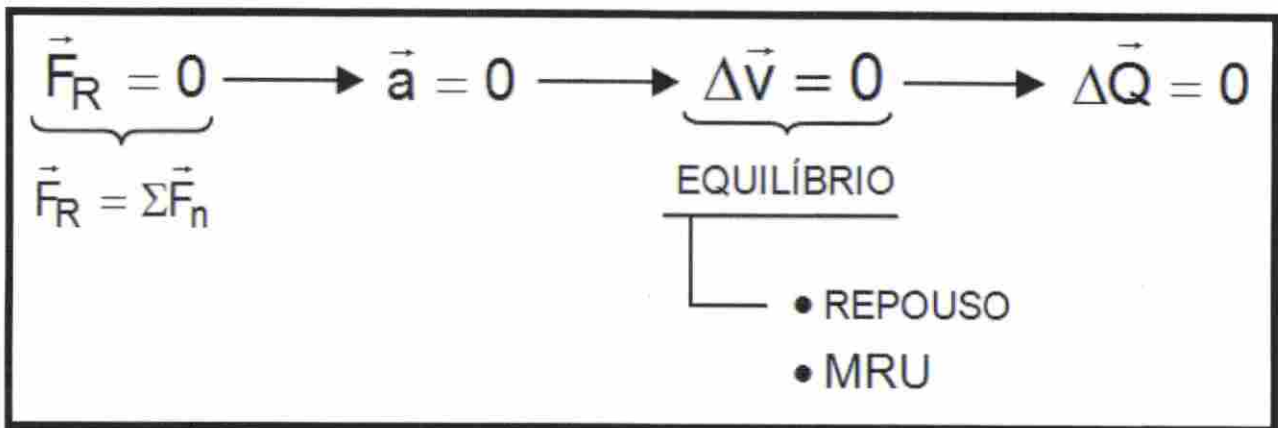
Quantidade de movimento linear (momento linear)



$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

m - massa ( kg )  
v - velocidade ( m/s )  
Q - momento linear ( kg.m/s )

- m = constante  $\Rightarrow Q \propto v$
- $\vec{Q}$  e  $\vec{v}$  possuem mesma direção e sentido.



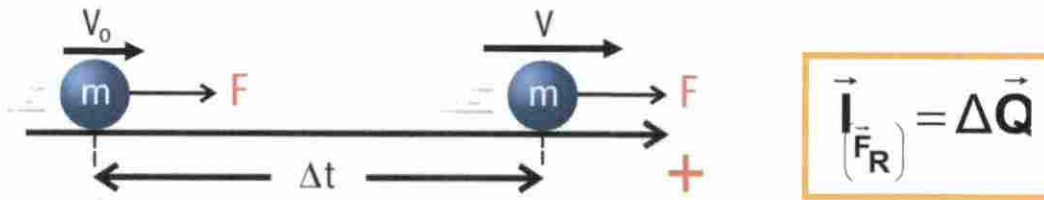


▪ **Parte 3**

Relação I e Q

**Relação IMPULSO - QUANTIDADE de MOVIMENTO LINEAR**

“O impulso da resultante das forças que num corpo atuam é igual a variação da quantidade de movimento linear provocada”.



**Exemplo 1:** Em uma cobrança de falta (**bola em repouso**), considere que um jogador chute a bola aplicando-lhe uma força de intensidade  $1,2 \cdot 10^2 \text{ N}$  em  $0,1 \text{ s}$ , sendo a massa da bola equivalente a  $400 \text{ g}$ , a velocidade que a bola irá adquirir equivale à ?



$F = 1,2 \cdot 10^2 \text{ N}$   
 $\Delta t = 0,1 \text{ s}$   
 $m = 400\text{g} = 0,4 \text{ Kg}$   
 $v_0 = 0$   
 $v = ?$

$$I = \Delta Q$$

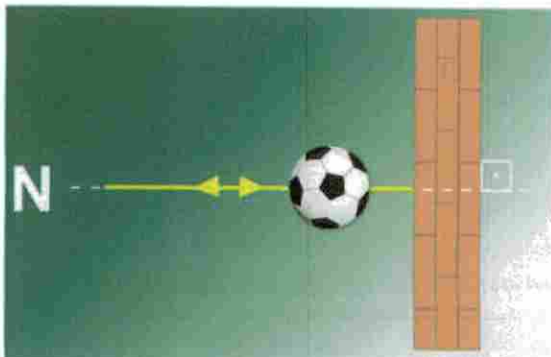
$$F \cdot \Delta t = m \cdot v - m \cdot v_0$$

$$1,2 \cdot 10^2 \cdot 0,1 = 0,4 \cdot v - 0$$

$$v = 12 \div 0,4$$

$$v = 30\text{m/s} = 108 \text{ km/h}$$

**Exemplo 2:** movimento com inversão de sentido



$m = 300 \text{ g} = 0,3 \text{ kg}$   
 $v_0 = 12 \text{ m/s}$   
 $v_F = 7 \text{ m/s} \rightarrow v_F = -7 \text{ m/s}$

$$I = \Delta Q$$

$$I = m \cdot [(-v) - v_0]$$

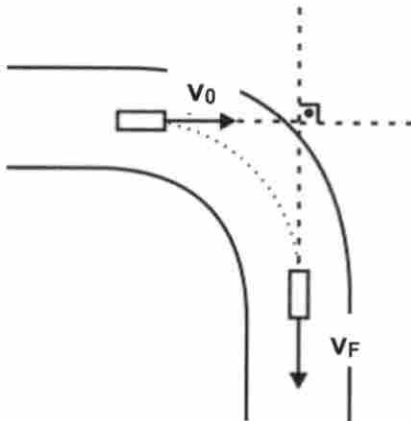
$$I = 0,3 \cdot [(-7) - 12]$$

$$I = -6 \text{ N.s}$$



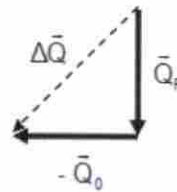


Exemplo 3: movimento com mudança de direção



$$\Delta \vec{Q} = \vec{Q}_F - \vec{Q}_0$$

$$\Delta \vec{Q} = \vec{Q}_F + (-\vec{Q}_0)$$

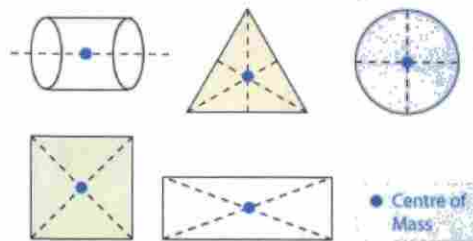
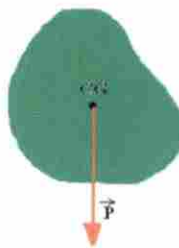


## Parte 4

Q de um sistema

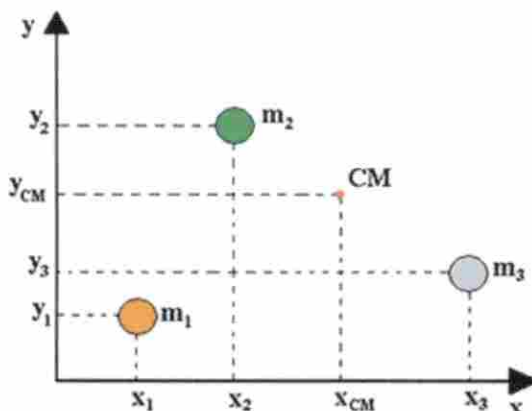
### Centro de massa de um corpo ou de um sistema de partículas

O **centro de massa de um corpo** é um ponto que se comporta como se toda a massa do corpo estivesse concentrada sobre ele. **Quando um objeto é homogêneo, o centro de massa coincide com o seu centro geométrico.** Porém, isso nem sempre ocorre, e o centro de massa não precisa nem mesmo de estar dentro do corpo. No centro de massa do corpo está aplicada sua força peso, uma vez que no caso de um corpo, o centro de gravidade coincide com o centro de massa.



Há um ponto, denominado **centro de massa do sistema**, que se move como se toda a massa do sistema estivesse concentrada nele, e as forças externas atuantes sobre o sistema estivessem agindo exclusivamente sobre ele. **O movimento de qualquer corpo, ou qualquer sistema de partículas, pode ser descrito em termos do movimento do centro de massa.**

Centro de massa de um sistema de partículas num plano, é o ponto cujas coordenadas são definidas por :

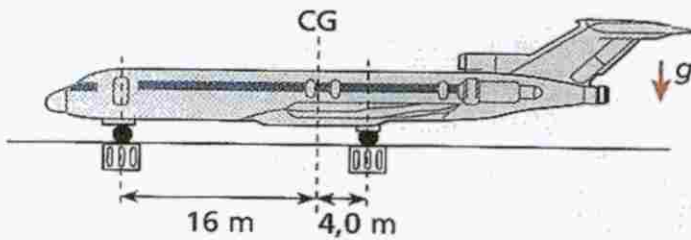


$$\bar{x} = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$\bar{y} = \frac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + m_3 \cdot y_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$



O centro de massa de um sistema só coincide com o centro de gravidade desse quando a aceleração da gravidade for a mesma para todos os pontos em que se acham localizadas as partículas.



## MODELAGEM

### ULBRA.

Considere um retângulo de base 14 cm e altura 10 cm. Em seus vértices, estão localizados corpúsculos, sendo um de 1,0 g no vértice inferior esquerdo, um de 2,0 g no vértice inferior direito, um de 3,0 g no vértice superior direito e um de 4,0 g no vértice superior esquerdo. Qual o centro de massa desse sistema?

- A) ( 5 , 7 ) cm.
- B) ( 7 , 5 ) cm.
- C) ( 7 , 7 ) cm.
- D) ( 10 , 14 ) cm.
- E) ( 14 , 10 ) cm.

$$y_{c.m.} = \frac{\sum(m_i y_i)}{\sum m_i} = \frac{(1.0)+(2.0)+(4.10)+(3.10)}{(1+2+3+4)} = \frac{70}{10} = 7\text{cm}$$

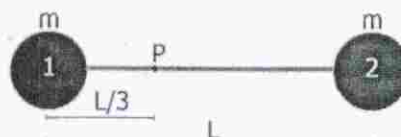
$$x_{c.m.} = \frac{\sum(m_i x_i)}{\sum m_i} = \frac{(1.0)+(4.0)+(2.14)+(3.14)}{(1+2+3+4)} = \frac{70}{10} = 7\text{cm}$$

**Resposta: C**

## MODELAGEM

### UFRGS 2018

A figura abaixo representa duas esferas, 1 e 2, de massas iguais a  $m$ , presas nas extremidades de uma barra rígida de comprimento  $L$  e de massa desprezível. O sistema formado é posto a girar com velocidade angular constante em torno de um eixo, perpendicular à página, que passa pelo ponto P.



Em relação ao eixo de rotação em P, o centro de massa do sistema descreve uma trajetória circular de raio

- A)  $L/2$
- B)  $L/3$
- C)  $L/4$
- D)  $L/6$
- E)  $L/9$



$$x_{C.M.} = \frac{\sum(m_n \cdot x_n)}{\sum m_n} = \frac{m \cdot 0 + m \cdot L}{m+m} = \frac{L}{2}$$

Posição do centro de massa:  $L/2 - L/3 = L/6$

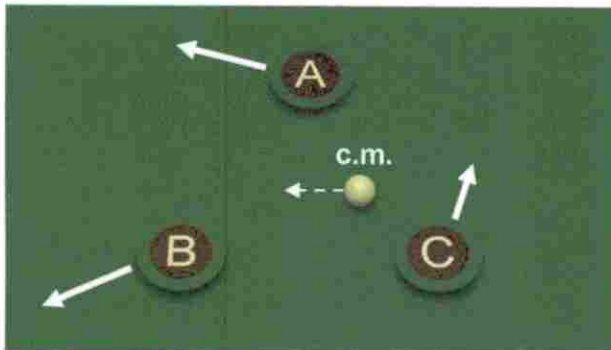
**Resposta: D**

▪ **Parte 5**

**Conservação da Q de um sistema**

**Princípio da conservação da quantidade de movimento linear de um sistema**

QUANTIDADE de MOVIMENTO TOTAL DO SISTEMA: A quantidade de movimento linear total de um sistema é igual a resultante das quantidades de movimento de cada partícula.



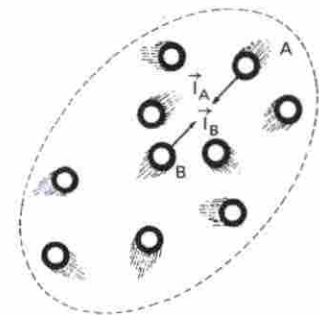
$$\vec{Q}_S = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \dots + \vec{Q}_n = \sum \vec{Q}_n$$

$$\vec{Q}_S = (\sum m_n) \cdot \vec{v}_{C.M.}$$

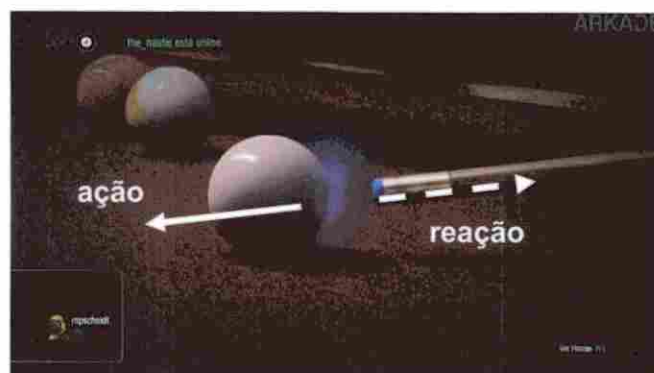
FORÇA INTERNA : é toda e qualquer força aplicada sobre uma partícula do sistema por outra partícula que também pertence ao sistema.

Forças internas representam o par ação e reação atuando no sistema, provocando, portanto, impulsos de mesmo módulo mas de sentidos contrários. Esses impulsos se anulam, em nível de sistema.

As forças internas podem provocar variações nas quantidade de movimento de cada partícula de um sistema, mas **não provocam variação na quantidade de movimento total do sistema.**



FORÇA EXTERNA : é toda e qualquer força aplicada sobre uma partícula do sistema por um agente que não pertence ao sistema. O impulso resultante sobre o sistema não é nulo e **consequentemente a quantidade de movimento do sistema se altera.**





$$\vec{Q}_{(\text{SISTEMA})} = \text{constante} \quad \longrightarrow \quad \vec{F}_R(\text{EXTERNAS}) = 0$$

O centro de massa de um sistema de partículas se desloca como se toda a massa do sistema estivesse nele concentrada e como se todas as forças externas que agem sobre o sistema estivessem aplicadas no centro de massa. **Quando a resultante das forças externas que agem sobre um sistema de partículas for nula, o momento linear do sistema permanecerá constante.**

## Choques (Colisões)

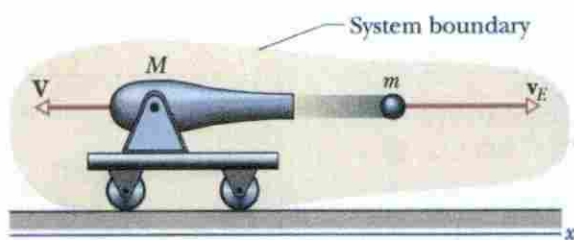
A força envolvida no momento de um choque ou colisão entre duas massas é **interna**, portanto a **quantidade de movimento do sistema se conserva**. Podemos afirmar que a quantidade de movimento do sistema envolvido na colisão imediatamente antes do evento é a mesma de imediatamente após o evento. O mesmo ocorre com a **velocidade do centro de massa** do sistema.



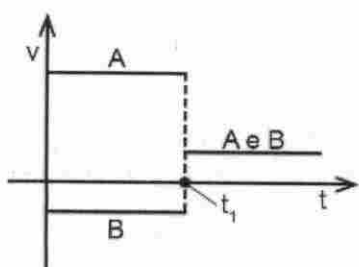
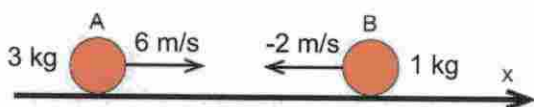
$$\vec{Q}_{\text{ANTES}} = \vec{Q}_{\text{DEPOIS}}$$

$$\vec{V}_{(\text{C.M.}) \text{ ANTES}} = \vec{V}_{(\text{C.M.}) \text{ DEPOIS}}$$

Exemplo 1:



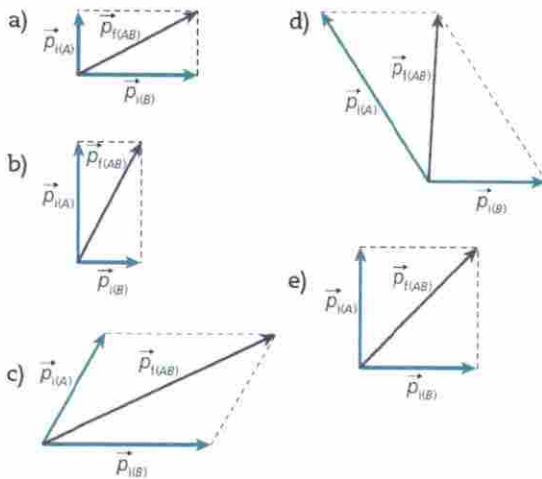
Exemplo 2:





## MODELAGEM

**PUCRS.** Dois carros, A e B, se aproximam de uma esquina movimentada da cidade vindos de direções perpendiculares entre si. O carro A, de massa 1.200 kg, se move com velocidade de 50 km/h, enquanto o carro B, de 1.000 kg, se move com velocidade de 60 km/h. Na esquina os carros colidem e, imediatamente após a colisão, se movem juntos. Desprezando-se a influência de quaisquer forças que não as que atuam entre os dois carros e indicando respectivamente por  $\vec{p}_{i(A)}$  e  $\vec{p}_{i(B)}$  o momento linear dos carros A e B antes da colisão e por  $\vec{p}_{f(AB)}$  o momento linear dos carros imediatamente depois da colisão, o diagrama vetorial que pode representar corretamente esses momentos lineares é:



$$p_{i(A)} = m_A \cdot v_{iA} = 1200 \cdot 50 = 60000 \text{ kg.km/h}$$

$$p_{i(B)} = m_B \cdot v_{iB} = 1000 \cdot 60 = 60000 \text{ kg.km/h}$$

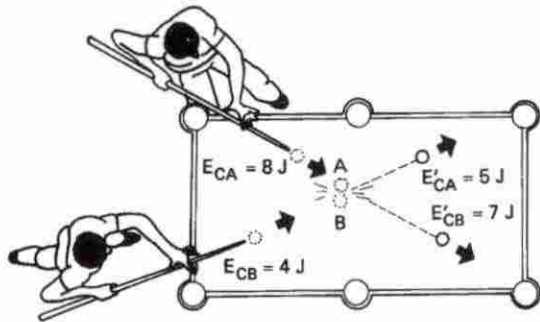
**Resposta: E**

### Tipos de colisões

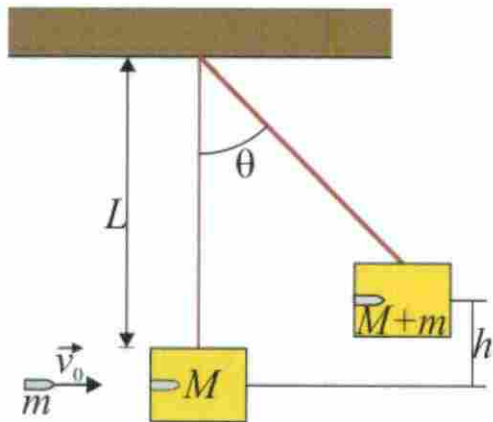
TIPO	QUANTIDADE MOVIMENTO DO SISTEMA $\Sigma \vec{Q}_n$	ENERGIA CINÉTICA DO SISTEMA $\Sigma E_{cn}$	OBSERVAÇÃO
CHOQUE ELÁSTICO	$\vec{Q}_{(antes)} = \vec{Q}_{(depois)}$ $(\vec{V}_{(C.M.) ANTES} = \vec{V}_{(C.M.) DEPOIS})$	conservação de energia $E_{C(antes)} = E_{C(depois)}$	não ocorrem deformações permanentes durante a colisão.
CHOQUE INELÁSTICO		dissipação parcial $E_{C(antes)} > E_{C(depois)}$	ocorrem deformações permanentes durante a colisão.
CHOQUE COMPLETAMENTE INELÁSTICO		dissipação máxima $E_{C(antes)} > E_{C(depois)}$	ocorre máxima dissipação de energia durante a colisão. <u>Os corpos permanecem unidos após a colisão.</u>



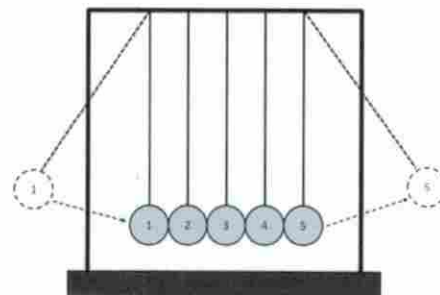
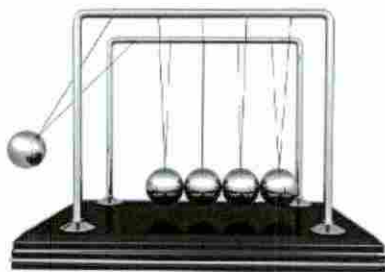
EXEMPLO 1: Choque elástico



EXEMPLO 2: Pêndulo balístico - Choque completamente inelástico



EXEMPLO 3: Pêndulo de Newton



## MODELAGEM

UFRGS.

Dois corpos com massas de 2 kg e 4 kg se movimentam, livres de forças externas, na mesma direção e em sentidos contrários, respectivamente com velocidades que valem 10 m/s e 8 m/s, colidem frontalmente. Qual pode ser a máxima perda de energia cinética do sistema constituído pelos dois corpos durante a colisão?

- A) 228 J
- B) 216 J
- C) 114J
- D) 54 J
- E) 12 J

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ANTES}} &= Q_{\text{DEPOIS}} \\
 + 2 \cdot 10 - 4 \cdot 8 &= (2 + 4) \cdot v' \\
 -12 &= 6 \cdot v' \\
 v' &= -2 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{C(\text{ANTES})} &= (2 \cdot 10^2/2) + (4 \cdot 8^2/2) = 228 \text{ J} \\
 E_{C(\text{DEPOIS})} &= (2+4) \cdot 2^2/2 = 12 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\text{Perda} = 12 - 228 = -216 \text{ J}$$

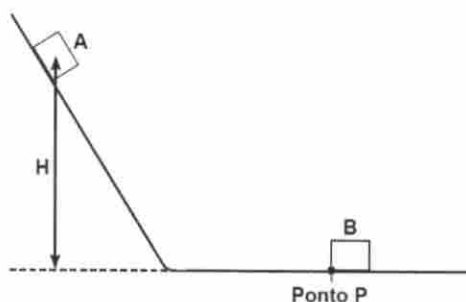
**Resposta: B**



## DESAFIO

PUCRS 2019/1

Um bloco **A** de massa 2,00 kg, abandonado do repouso a partir de uma altura **H**, desce um plano inclinado de declividade constante, como mostra a figura abaixo.



Ao chegar ao ponto **P**, ele colide com outro bloco **B** de massa 8,00 kg que se encontrava inicialmente em repouso. Assuma que a colisão seja perfeitamente inelástica, que as forças de atrito entre os blocos e a rampa sejam desprezíveis para todo o trajeto e que a aceleração da gravidade tenha módulo de  $10 \text{ m/s}^2$ . Sabendo que, após a colisão, a velocidade medida para os blocos **A** e **B** é de  $1,00 \text{ m/s}$ , de qual altura **H**, em metros, foi abandonado o bloco **A**?

- A) 0,80
- B) 1,00
- C) 1,25
- D) 1,50

- Velocidade de A antes da colisão:

$$E_{G(A)} = E_{C(A)}$$

$$m \cdot g \cdot h = (m \cdot v_A^2) / 2$$

$$10 \cdot H = v_A^2 / 2$$

$$v_A = (20H)^{1/2}$$

- Colisão:

$$Q_{\text{ANTES}} = Q_{\text{DEPOIS}}$$

$$2 \cdot (20H)^{1/2} + 0 = (2 + 8) \cdot 1$$

$$(20H)^{1/2} = 5$$

$$[(20H)^{1/2}]^2 = 5^2$$

$$H = 1,25 \text{ m}$$

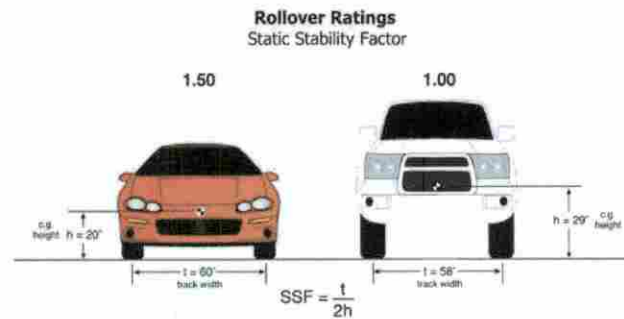
**Resposta: C**

## DESAFIO

ENEM 2018 1ª

Visando a melhoria estética de um veículo, o vendedor de uma loja sugere ao consumidor que ele troque as rodas de seu automóvel de aro 15 polegadas para aro 17 polegadas, o que corresponde a um diâmetro maior do conjunto roda e pneu. Duas consequências provocadas por essa troca de aro são:

- A) Elevar a posição do centro de massa do veículo tornando-o mais instável e aumentar a velocidade do automóvel em relação à indicada no velocímetro.
- B) Abaixar a posição do centro de massa do veículo tornando-o mais instável e diminuir a velocidade do automóvel em relação à indicada no velocímetro.
- C) Elevar a posição do centro de massa do veículo tornando-o mais estável e aumentar a velocidade do automóvel em relação à indicada no velocímetro.
- D) Abaixar a posição do centro de massa do veículo tornando-o mais estável e diminuir a velocidade do automóvel em relação à indicada e diminuir a velocidade do automóvel em relação à indicada o velocímetro.
- E) Elevar a posição do centro de massa do veículo tornando-o mais estável e diminuir a velocidade do automóvel em relação à indicada no velocímetro.



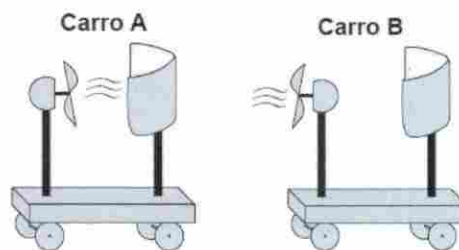
Como  $v = \omega \cdot R$  a roda de maior R tem maior v.  
Já o deslocamento do carro para cima eleva consequentemente seu centro de massa.

**Resposta: A**

## DESAFIO

ENEM 2018 1ª

Em desenhos animados é comum vermos a personagem tentando impulsionar um barco soprando ar contra a vela para compensar a falta de vento. Algumas vezes usam o próprio fôlego, foles ou ventiladores. Estudantes de um laboratório didático resolveram investigar essa possibilidade. Para isso, usaram dois pequenos carros de plástico, **A** e **B**, instalaram sobre estas pequenas ventoinhas e fixaram verticalmente uma cartolina de curvatura parabólica para desempenhar uma função análoga à vela de um barco. No carro **B** inverteu-se o sentido da ventoinha e manteve-se a vela, a fim de manter as características físicas do barco, massa e formato da cartolina. As figuras representam os carros produzidos. A montagem do carro **A** busca simular a situação dos desenhos animados, pois a ventoinha está direcionada para a vela.



Como os carros orientados de acordo com as figuras, os estudantes ligaram as ventoinhas, aguardaram o fluxo de ar ficar permanente e determinaram os módulos das velocidades médias dos carros **A** ( $V_A$ ) e **B** ( $V_B$ ) para o mesmo intervalo de tempo.

A respeito das intensidades das velocidades médias e do sentido de movimento do carro **A**, os estudantes observaram que:

- A)  $V_A = 0$ ;  $V_B > 0$ ; o carro **A** não se move.
- B)  $0 < V_A < V_B$ ; o carro **A** se move para a direita.
- C)  $0 < V_A < V_B$ ; o carro **A** se move para a esquerda.
- D)  $0 < V_B < V_A$ ; o carro **A** se move para a direita.
- E)  $0 < V_B < V_A$ ; o carro **A** se move para a esquerda.







## LEITURA 1

### A ciência do chute com efeito

Na história do futebol, alguns jogadores ficaram famosos por seus tiros enviesados, que surpreendem os goleiros ao mudar subitamente de rumo. Mas essa invejável habilidade tem explicação científica.

A bola, chutada quase da intermediária, subiu demais, passando por cima da barreira formada a uma distância de 10 metros. Se continuasse nessa trajetória, iria fatalmente para fora do campo. De repente, porém, a bola fez uma curva no ar e pareceu perder força, surpreendendo o goleiro, que nem sequer teve tempo de corrigir seus cálculos e saltar antes que ela caísse suavemente dentro de suas redes. O gol, aos 27 minutos do segundo tempo no jogo com o Peru, classificou o Brasil para a disputa da Copa do Mundo de 1958, na Suécia. O resto da história todo mundo conhece: Brasil, campeão mundial de futebol revelando ao mundo um meia-esquerda apelidado Pelé.



Mas o gol que levou o Brasil à Suécia nasceu dos pés de um meia-direita. O goleiro peruano foi traído pela folha-seca — a grande especialidade de Valdir Pereira dos Santos, do Botafogo do Rio de Janeiro, conhecido como Didi. É provável que ele não soubesse disso, mas dois fenômenos aerodinâmicos são responsáveis por aquele e dezenas de outros gols parecidos que marcou: a força ascensional, a mesma que ajuda os aviões a voar, e o chamado efeito Magnus, de onde se originou a expressão tiro com efeito, para designar os chutes enviesados que fazem o desespero dos goleiros.

Atuando sobre um avião em voo, a força ascensional se manifesta quando o ar que passa ao redor do aparelho alcança uma velocidade maior na parte superior das asas. Isso acontece justamente por causa da forma especial do perfil das asas nos aviões. Segundo uma lei formulada pelo físico e matemático suíço Daniel Bernoulli, no século XVIII, a pressão sobre um gás ou uma superfície será menor quanto maior a velocidade do fluido. Por isso, a pressão na parte superior da asa é menor que na parte inferior. Essa diferença de pressão gera uma força que fornece ao avião seu empuxo aerodinâmico. A força ascensional aerodinâmica pode aparecer também aliada ao efeito Magnus no voo de uma bola — quando, além de subir, ela gira ao redor de seu próprio eixo. Os jogadores de futebol costumam dizer então que a bola está “envenenada”.

Ao girar sobre seu próprio eixo, a superfície da bola sofre o atrito do ar. Isso influi na velocidade com que o ar passa ao seu redor: na parte superior da bola, o ar é mais rápido; na inferior, mais lento. Devido a essa diferença de velocidade — assim como no caso das asas do avião —, ocorre uma diferença de pressão entre a parte de cima e a de baixo; em consequência, chutada embaixo, a bola sobe, numa trajetória também determinada pela força de gravidade e a resistência do ar.

Já a intensidade do efeito Magnus e sua influência na trajetória da bola dependem de vários fatores. A superfície áspera da bola e a grande velocidade do giro sobre o próprio eixo, em relação à velocidade de voo, aumentam o efeito. Já a influência na trajetória aparece principalmente nas bolas mais leves. O efeito Magnus foi observado pela primeira vez em 1852 pelo físico alemão Gustav Magnus — daí o nome —, a pedido da Comissão de Provas da Real Artilharia Prussiana. Pouco a pouco, essas observações começaram a ser aplicadas em vários campos da ciência.

Mas não apenas os cientistas recorreram às descobertas de Gustav Magnus. Desde muito cedo, na história moderna do futebol, também os jogadores aprenderam na prática a chutar com efeito. Os princípios são simples: se a bola é chutada na parte de cima, tende a sofrer uma queda mais acentuada; se o chute é aplicado na parte de baixo, a bola volta para trás — um recurso muito usado na jogada conhecida como “bicicleta”, que o atacante brasileiro Leônidas da Silva celebrizou, na década de 30.



Bater na bola lateralmente faz com que, em função do giro sobre seu próprio eixo — para a direita ou para a esquerda —, ela se desvie da trajetória normal. Chutando corretamente a bola — na parte de cima ou de baixo, na lateral direita ou esquerda — é possível fazê-la descrever curvas numa trajetória aparentemente imprevisível. Os jogadores mais habilidosos até conseguem marcar gols em cobrança de escanteio, quando a bola parte da mesma linha onde estão fincadas as traves. E o gol olímpico, assim chamado por ter sido obtido pela primeira vez pela Seleção do Uruguai nos Jogos Olímpicos de 1924.

No Brasil, quem não se lembra das cobranças de falta de Nelinho, no Cruzeiro de Belo Horizonte ou na seleção, há seis anos? “Ele foi o mais impressionante cobrador de faltas que já conheci”, lembra o cronista esportivo Vital Bataglia. “Alguns, como Pepe, do Santos, ou Miranda, do Corinthians, até chutavam mais forte; outros, como Ailton Lira, do Santos, e Mário Sérgio, do Grêmio de Porto Alegre e depois do São Paulo, eram virtuosos do efeito. Mas nenhum deles, como Nelinho, combinava perfeitamente as duas coisas a ponto de dar a impressão de que a bola mudava de rumo três vezes no ar.”

Para contrabalançar a vantagem que os chutes de Nelinho davam ao time do Cruzeiro, seu arqui-inimigo no futebol mineiro, o Atlético, contava com o ponta-esquerda Éder, também ele um artista na cobrança de faltas, com seus chutes fortes e cheios de efeito. Éder, Nelinho e o flamenguista Zico substituíram, na Seleção Brasileira, outros especialistas na arte de envenenar a bola: Gérson e Rivelino, estrelas da seleção que conquistou o tricampeonato mundial em 1970.

A maior dificuldade nesse tipo de chute está em bater na bola com força suficiente para obter uma mudança significativa em sua rota normal. Uma bola oficial de futebol tem um peso relativamente alto — entre 453 e 534 gramas — e não é fácil fazê-la descrever uma curva no ar.

Quem já chutou uma bola de praia sabe como ela descreve as mais estranhas curvas. Isso acontece porque, sendo muito leve, lhe é muito difícil vencer a resistência do ar. Ao ter o movimento de rotação sobre seu próprio eixo interrompido pelo ar, ela muda bruscamente de direção. Alguns jogadores têm um domínio tão grande dos chutes de efeito que não o utilizam apenas na cobrança de faltas, mas também para lançamentos de longa distância aos companheiros.

O mestre de todos eles, Didi, aprendeu a arte com outro gênio em bolas envenenadas: Jair Rosa Pinto, Mestre Jajá, como era chamado, não chegava a impressionar os adversários. Mas de seus pés pequenos, calçados com chuteiras número 37, saíam bolas que ele colocava onde desejava, depois de fazê-las descrever graciosas curvas no ar. Observando Jair Rosa Pinto, Didi desenvolveu sua folha-seca.

Embora teoricamente não tenha segredo para os profissionais do futebol — que o chamam de “três dedos”, pela forma com que o pé bate na bola —, o chute de Didi ainda não foi imitado. Elegante, boêmio e sem paciência para as longas sessões de treinamentos físicos — “no futebol, quem deve correr é a bola, não o jogador”, dizia —, Didi batia na bola com impulso suficiente para fazê-la chegar até perto do gol adversário, para então perder força, descrever uma curva e cair suavemente, como uma folha seca levada pelo vento.





## LEITURA 2

## Airbags

Hoje, constantemente vemos nos veículos de comunicação que tem crescido o número de acidentes de trânsito, sejam eles provocados por falhas humanas, pela falta de conservação de estradas ou por falhas mecânicas dos automóveis.

O que vemos é que cada vez mais a indústria automobilística está sendo forçada, tanto por medidas reguladoras dos governos quanto por questões de *marketing*, a adotar mecanismos de segurança que possam proteger de forma mais adequada os passageiros dos veículos em casos de colisão.



Se observarmos bem, as medidas mais comuns que as indústrias estão tomando são em relação à construção de carros com estruturas mais seguras, como **airbags**, cintos de segurança mais reforçados e eficientes e assentos mais seguros.

Quando ocorre uma colisão, seja entre dois veículos ou entre um veículo e uma estrutura fixa (muro, por exemplo), sempre ocorre uma variação na quantidade de movimento dos ocupantes do carro. Por exemplo, vamos supor que a massa total (carro + passageiros) de um veículo seja de **800 kg** e que ele esteja a uma velocidade de **15 m/s (54 km/h)**. A quantidade de movimento desse conjunto é de **12.000 kg.m/s**. Um motorista que possui massa de **70 kg**, dentro do carro, terá uma quantidade de movimento de **1.050 kg.m/s**.

Vamos supor agora que o carro colida com um muro. Em tempo muito curto, a velocidade vai a **zero** e, assim, o impulso que o motorista sofre deverá ser de **1.050 kg.m/s**, que nada mais é do que sua variação da quantidade de movimento. Quanto maior a velocidade do veículo antes da colisão, maior o impulso necessário para parar o motorista.

A maneira como o veículo é construído é um fator determinante para a segurança dos seus ocupantes. A indústria procura desenvolver projetos que permitam um tempo de colisão maior possível, já que para cada colisão o produto  $F \cdot \Delta t$  será constante. Quanto maior o tempo da colisão, menor será a força e, por conseguinte, menor será a chance de danos ao ocupante do carro. Além de aprimorar a estrutura do carro, dispositivos de segurança também podem ser instalados.

Um dos equipamentos mais eficientes para evitar lesões em batidas é o **airbag**. Colocado entre os bancos da frente e o painel ou nas laterais, ele infla rapidamente quando ocorre uma desaceleração violenta. No caso de colisões frontais, o motorista se choca contra o **airbag**, que é muito mais flexível que o painel.

Considere duas colisões idênticas, mas leve em conta que em apenas uma das situações o carro possui airbag. A colisão motorista x airbag tem uma duração muito maior do que a colisão motorista x painel. Para os dois casos, a variação da quantidade de movimento do motorista é a mesma, mas o tempo que este leva para parar é muito maior na situação com **airbag**, resultando, assim, em menor força. Em termos numéricos, o **airbag** pode aumentar o tempo de colisão em até **dez vezes**. Tempos típicos de parada seriam **0,05 segundo** sem **airbag** e **0,5 segundo** com **airbag**. Com esses tempos e os dados acima teríamos para o motorista:

$$Q_{\text{antes}} = m \cdot v_{\text{antes}} = 70 \times 15 = 1.050 \text{ kg.m/s}$$

$$Q_{\text{depois}} = 0$$

$$\Delta Q = 0 - 1.050 = -1.050 \text{ kg.m/s}$$

Como  $\Delta Q = F \cdot \Delta t$ , com **airbag**, teríamos:  $-1.050 \text{ kg.m/s} = F \cdot 0,5$ , ou seja,  $F = -2100 \text{ N}$

e sem **airbag**:  $-1.050 \text{ kg.m/s} = F \cdot 0,05$ , ou seja,  $F = -21000 \text{ N}$

A força que atua no motorista é dez vezes menor quando comparamos a situação com e sem **airbag**. A força calculada acima é a força média que atua durante o intervalo de tempo que dura a colisão com **airbag** ou com o painel.



## QUESTÕES PÓS-AULA

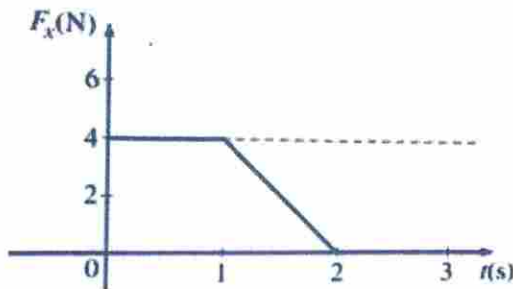
As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**451. UFRGS.** Um bloco de massa 1 kg move-se retilineamente com velocidade de módulo 3 m/s, sobre uma superfície horizontal sem atrito. A partir de dado instante, o bloco recebe o impulso de uma força externa aplicada na direção e sentido do movimento. A intensidade dessa força, em função do tempo, é dada pelo gráfico abaixo.

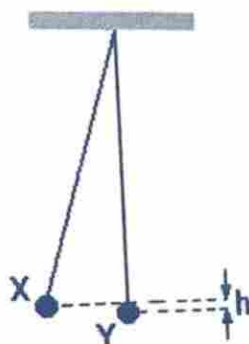


A partir desse gráfico, pode-se afirmar que o módulo da velocidade do bloco após o impulso recebido é, em m/s, de

- A) -6.
- B) 1.
- C) 5.
- D) 7.
- E) 9.

Instrução: A questão **452** refere-se ao enunciado abaixo.

Na figura abaixo, estão representados dois pêndulos simples, X e Y, de massas iguais a 100 g. Os pêndulos, cujas hastes tem massas desprezíveis, encontram-se no campo gravitacional terrestre. O pêndulo Y encontra-se em repouso quando o pêndulo X é liberado de uma altura  $h = 0,2$  m em relação a ele. Considere o módulo da aceleração da gravidade  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.





**452. UFRGS.** Após a colisão, X e Y passam a mover-se juntos, formando um único pêndulo de massa 200 g. Se  $v$  é a velocidade do pêndulo X no instante da colisão, o módulo da velocidade do pêndulo de massa 200 g, imediatamente após a colisão, é

- A)  $2v$ .
- B)  $\sqrt{2}v$ .
- C)  $v$ .
- D)  $v/\sqrt{2}$ .
- E)  $v/2$ .



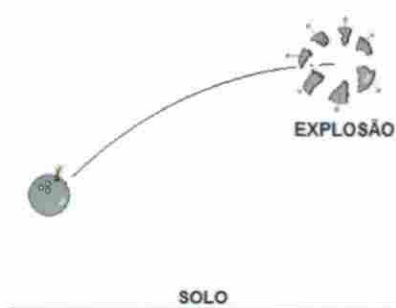
**453. UFRGS.** Um objeto de massa igual a 2 kg move-se em linha reta com velocidade constante de 4 m/s. A partir de um certo instante, uma força de módulo igual a 2 N é exercida por 6 s sobre o objeto, na mesma direção de seu movimento. Em seguida, o objeto colide frontalmente com um obstáculo e tem seu movimento invertido, afastando-se com velocidade de 3 m/s.

O módulo do impulso exercido pelo obstáculo e a variação da energia cinética do objeto, durante a colisão, foram, respectivamente,

- A) 26 Ns e -91 J.
- B) 14 Ns e -91 J.
- C) 26 Ns e -7 J.
- D) 14 Ns e -7 J.
- E) 7 Ns e -7 J.



**454. UFRGS.** Uma bomba é arremessada, seguindo uma trajetória parabólica, conforme representado na figura abaixo. Na posição mais alta da trajetória, a bomba explode. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.



A explosão da bomba é um evento que ..... a energia cinética do sistema. A trajetória do centro de massa do sistema constituído pelos fragmentos da bomba segue .....

- A) não conserva – verticalmente para o solo
- B) não conserva – a trajetória do fragmento mais massivo da bomba
- C) não conserva – a mesma parábola anterior à explosão
- D) conserva – a mesma parábola anterior à explosão
- E) conserva – verticalmente para o solo



455. UFRGS. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas da sentença abaixo, na ordem em que aparecem.

Dois blocos, 1 e 2, de massas iguais, movem-se com velocidades constantes de módulos  $V_{1i} > V_{2i}$ , seguindo a mesma direção orientada sobre uma superfície horizontal sem atrito. Em certo momento, o bloco 1 colide com o bloco 2. A figura representa dois instantâneos desse movimento, tomados antes (X) e depois (Y) de o bloco 1 colidir com o bloco 2. A colisão ocorrida entre os instantes representados é tal que as velocidades finais dos blocos 1 e 2 são, respectivamente,  $V_{1f} = V_{2i}$  e  $V_{2f} = V_{1i}$ .



Com base nessa situação, podemos afirmar corretamente que a colisão foi ..... e que o módulo do impulso sobre o bloco 2 foi ..... que o módulo do impulso sobre o bloco 1.

- A) inelástica – o mesmo
- B) inelástica – maior
- C) perfeitamente elástica – maior
- D) perfeitamente elástica – o mesmo
- E) perfeitamente elástica – menor

456. UFRGS. Um bloco, deslizando com velocidade  $v$  sobre uma superfície plana sem atrito, colide com outro bloco idêntico, que está em repouso. As faces dos blocos que se tocam na colisão são aderentes, e eles passam a se mover como um único objeto. Sobre esta situação, são feitas as seguintes afirmações.



- I - Antes da colisão, a energia cinética total dos blocos é o dobro da energia cinética total após a colisão
- II - Ao colidir, os blocos sofreram uma colisão elástica.
- III - Após a colisão, a velocidade dos blocos é  $v/2$ .

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e III.
- E) I, II e III.

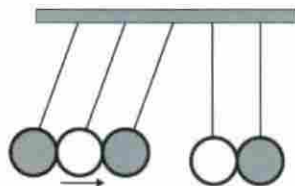


**457. UFRGS.** Duas bolas de bilhar colidiram de forma completamente elástica. Então, em relação à situação anterior à colisão

- A) suas energias cinéticas individuais permaneceram iguais.
- B) suas quantidades de movimento individuais permaneceram iguais.
- C) a energia cinética total e a quantidade de movimento total do sistema permaneceram iguais.
- D) as bolas de bilhar se movem, ambas, com a mesma velocidade final.
- E) apenas a quantidade de movimento total permanece igual.



**458. ENEM.** O pêndulo de Newton pode ser constituído por cinco pêndulos idênticos suspensos em um mesmo suporte. Em um dado instante, as esferas de três pêndulos são deslocadas para a esquerda e liberadas, deslocando-se para a direita e colidindo elasticamente com as outras duas esferas, que inicialmente estavam paradas.



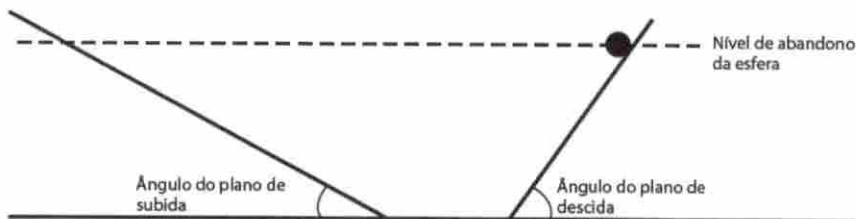
O movimento dos pêndulos após a primeira colisão está representado em:

- A)
- B)
- C)
- D)
- E)

**459. ENEM.** Para entender os movimentos dos corpos, Galileu discutiu o movimento de uma esfera de metal em dois planos inclinados sem atritos e com a possibilidade de se alterarem os ângulos de inclinação, conforme mostra a figura. Na descrição do experimento, quando a esfera de metal é abandonada para descer um plano inclinado de um determinado nível, ela sempre atinge, no plano ascendente, no máximo, um nível igual àquele em que foi abandonada.







Galileu e o plano inclinado. Disponível em: [www.fisica.ufpb.br](http://www.fisica.ufpb.br). Acesso em: 21 ago. 2012 (adaptado).

Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido a zero, a esfera

- A) manterá sua velocidade constante, pois o impulso resultante sobre ela será nulo.
- B) manterá sua velocidade constante, pois o impulso da descida continuará a empurrá-la.
- C) diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois não haverá mais impulso para empurrá-la.
- D) diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois o impulso resultante será contrário ao seu movimento.
- E) aumentará gradativamente a sua velocidade, pois não haverá nenhum impulso contrário ao seu movimento.

**460. PUCRS.** A partir de 1º de janeiro, todo veículo novo abaixo de 3500kg, fabricado no Brasil ou importado, deve vir equipado com *airbag* na parte frontal.

O *airbag* é uma bolsa que, instalada no volante, no painel ou em outras partes do carro, infla no momento de uma colisão, ajudando a proteger motorista e passageiros. Se o automóvel estiver sem *airbag*, a cabeça dos ocupantes dos bancos da frente pode colidir com o para-brisa. Comparando o efeito da colisão da cabeça de uma pessoa com o *airbag* inflado e, caso não haja *airbag*, com o efeito da colisão direta no para-brisa do automóvel, constata-se que o para-brisa detém o movimento da cabeça num intervalo de tempo menor.

Portanto, o *airbag* inflado reduz \_\_\_\_\_ da pessoa.

- A) a variação de velocidade da cabeça
- B) a variação de momento linear da cabeça
- C) a variação na energia cinética da cabeça
- D) o impulso sobre a cabeça
- E) a força sobre a cabeça

**461. UPF.** Em uma mesa de sinuca, uma bola é lançada frontalmente contra outra bola em repouso. Após a colisão, a bola incidente para e a bola alvo (bola atingida) passa a se mover na mesma direção do movimento da bola incidente. Supondo que as bolas tenham massas idênticas, que o choque seja elástico e que a velocidade da bola incidente seja de 2 m/s, qual será, em m/s, a velocidade inicial da bola alvo após a colisão?



- A) 0,5
- B) 1
- C) 2
- D) 4
- E) 8

**462. UFRGS.** Considere as seguintes situações

I - Translação da Terra.

II - Choque de uma molécula de um gás contra a parede de um recipiente.

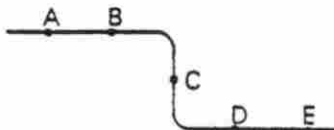
III - Movimento de um elétron livre em um campo elétrico uniforme.

Durante o intervalo de tempo em que ocorrem os eventos acima mencionados, em que casos há variação da quantidade de movimento linear do respectivo corpo ?

- A) Apenas em I.
- B) Apenas em III.
- C) Apenas em I e II.
- D) Apenas em I e III.
- E) Em I, II e III.



**463. UFRGS.** O desenho representa o trecho de uma estrada ABDCE que é percorrida por um móvel com o módulo da velocidade linear constante.



Nesta situação é correto afirmar que

- A) nos segmentos BC e CD a resultante das forças externas sobre o móvel é diferente de zero.
- B) no segmento AB o móvel sofre a ação de uma força resultante constante e negativa
- C) no segmento DE o móvel se desloca com aceleração constante e não nula
- D) ao longo de todo o trajeto a quantidade de movimento linear é constante.
- E) no segmento CD o trabalho mecânico total sobre o móvel é constante e não nulo.



**464. ACAPE.** Um drone eleva uma caixa de **5,0 kg** com velocidade vertical constante de módulo **2 m/s**, como mostra a figura abaixo. Em certa altura, o fio que prende a caixa ao drone arrebenta e o drone passa a subir sozinho.





Considere o intervalo de tempo entre o instante em que a caixa se solta do drone e o instante em que a caixa começa a descer para marcar com **V** as afirmações **verdadeiras** e com **F** as **falsas**. Considere o sistema conservativo.

- ( ) O trabalho realizado pela força peso sobre a caixa é  $-10 \text{ J}$ .
- ( ) A quantidade de movimento da caixa permanece constante.
- ( ) O impulso aplicado pela força peso sobre a caixa é  $-10 \text{ Ns}$ .
- ( ) A energia cinética da caixa na altura máxima alcançada é nula.
- ( ) A energia potencial gravitacional do drone permanece constante.

A sequência **correta**, de cima para baixo, é:

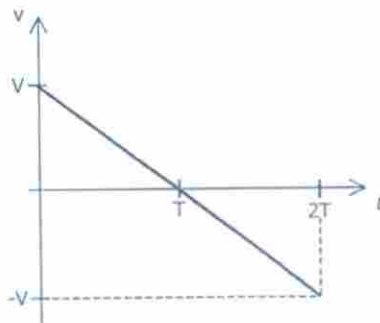
- A) V - F - V - V - F
- B) V - V - F - F - F
- C) F - V - F - V - V
- D) F - F - V - F - V

**465. PUCRS.** A quantidade de movimento linear de um móvel é definida pelo produto da velocidade do móvel pela sua massa. Pode-se afirmar corretamente que

- A) dois corpos de mesma massa terão sempre a mesma quantidade de movimento linear.
- B) dois corpos que apresentam a mesma quantidade de movimento linear, apresentam sempre a mesma energia cinética.
- C) dois corpos que apresentam a mesma quantidade de movimento linear, podem apresentar energias cinéticas diferentes.
- D) a energia cinética de um corpo duplica, quando sua quantidade de movimento duplica.
- E) a quantidade de movimento linear de um corpo quadruplica, quando a sua velocidade duplica.



**466. UFRGS.** O gráfico de velocidade contra tempo mostrado abaixo representa o movimento executado por uma partícula de massa  $m$  sobre uma linha reta, durante um intervalo de tempo  $2T$ .



Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas nas afirmações abaixo, referentes àquele movimento, na ordem em que elas aparecem.

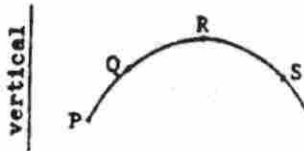


- Em módulo, a quantidade de movimento linear da partícula no instante  $T$  é igual a .....
- Em módulo, a variação da quantidade de movimento da partícula ao longo do intervalo de tempo  $2T$  é igual a .....



- A) zero – zero.
- B) zero – 2mV.
- C) zero – mV.
- D) mV – zero.
- E) mV – 2mV.

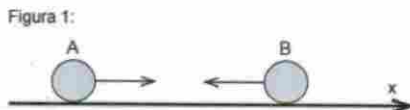
**467. UFRGS.** A figura mostra a trajetória descrita por um projétil lançado do ponto P. Esse movimento ocorre no campo gravitacional terrestre.



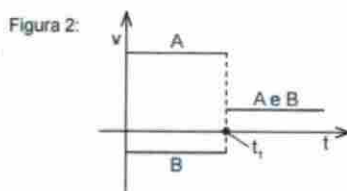
Qual a alternativa que apresenta uma afirmação que se refere corretamente a essa situação?

- A) A energia potencial gravitacional do projétil em R é maior do que em S.
- B) A energia potencial gravitacional do projétil permanece constante ao longo da trajetória.
- C) No trajeto de P para R ocorre um aumento no módulo da quantidade de movimento linear do projétil.
- D) No trajeto de R para S ocorre uma redução da energia cinética do projétil em sua energia cinética máxima.
- E) Em R o projétil tem sua energia cinética máxima.

**INSTRUÇÃO:** Para responder à questão **468**, analise a situação a seguir. Duas esferas – A e B – de massas respectivamente iguais a 3 kg e 2 kg estão em movimento unidimensional sobre um plano horizontal perfeitamente liso, como mostra a figura 1.



Inicialmente as esferas se movem em sentidos opostos, colidindo no instante  $t_1$ . A figura 2 representa a evolução das velocidades em função do tempo para essas esferas imediatamente antes e após a colisão mecânica.



**468. PUCRS.** Sobre o sistema formado pelas esferas A e B, é correto afirmar:



- A) Há conservação da energia cinética do sistema durante a colisão.  
 B) Há dissipação de energia mecânica do sistema durante a colisão.  
 C) A quantidade de movimento total do sistema formado varia durante a colisão.  
 D) A velocidade relativa de afastamento dos corpos após a colisão é diferente de zero.  
 E) A velocidade relativa entre as esferas antes da colisão é inferior à velocidade relativa entre elas após colidirem.



**469. UFRGS.** Uma variação na quantidade de movimento de um corpo, entre dois instantes, está, necessariamente, associada à presença de

- A) uma aceleração.  
 B) um trabalho mecânico.  
 C) uma trajetória circular.  
 D) uma colisão.  
 E) uma explosão.



**Instrução:** As questões **470** e **471** referem-se ao enunciado abaixo.

Para um observador  $O$ , situado em um sistema de referência inercial, o único campo existente no interior de um tubo de vidro – dentro do qual foi feito vácuo – é um campo elétrico uniforme cujo valor permanece constante no tempo. Uma pequena esfera metálica eletricamente carregada é introduzida no tubo e o seu comportamento é observado, a partir do instante em que ela é solta.

**470. UFRGS.** As afirmações abaixo são feitas para o caso em que a esfera, com relação ao observador  $O$ , é solta com velocidade inicial nula.

- I – A esfera permanece imóvel.  
 II – A esfera se move com velocidade constante.  
 III – A esfera se move numa trajetória retilínea.  
 IV – A esfera se move com aceleração constante.



Quais estão corretas do ponto de vista do observador  $O$ ?

- A) Apenas I.  
 B) Apenas II.  
 C) Apenas IV.  
 D) Apenas II e III.  
 E) Apenas III e IV.

**471. UFRGS.** As afirmações abaixo são feitas para o caso em que a esfera, com relação ao observador  $I$ , é solta com velocidade inicial diferente de zero.

- I – A quantidade de movimento linear da esfera permanece constante.  
 II – A energia cinética da esfera permanece constante.  
 III – A força exercida sobre a esfera se mantém constante.

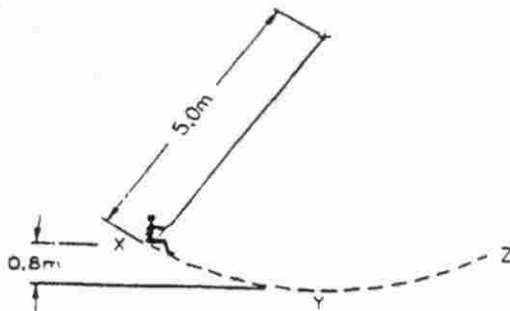




Quais estão corretas do ponto de vista do observador O?

- A) Apenas II.
- B) Apenas III.
- C) Apenas I e II.
- D) Apenas I e III.
- E) Apenas I, II e III.

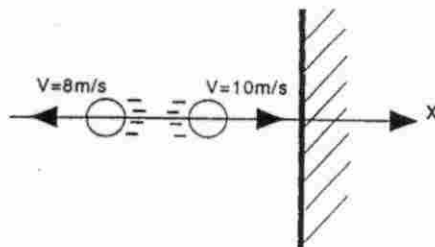
**472. UFRGS.** A figura representa um menino cuja massa é de 20 kg, sentado em um balanço. X e Z são posições extremas e Y é a posição mais baixa da trajetória que ele descreve ao se balançar. Qual é o módulo da quantidade de movimento do menino no ponto Y?



(Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- A) 160 kg. m/s
- B) 80 kg.m/s
- C) 40 kg.m/s
- D) 20 kg.m/s
- E) 4 kg.m/s

**473. PUCRS.** Uma bola de tênis de 100 g de massa o velocidade horizontal de 10 m/s bate contra uma parede vertical e retorna com uma velocidade também horizontal de 8 m/s, como indica a figura.



A variação da quantidade de movimento da bola, em kg.m/s, em módulo, foi de

- A) 0,2
- B) 0,4
- C) 0,8
- D) 1,0
- E) 1,8



474. UFRGS. Um observador, situado em um sistema de referência inercial, constata que um corpo de massa igual a 2 kg, que se move com velocidade constante de 15 m/s no sentido positivo do eixo x, recebe um impulso de 40 N.s em sentido oposto ao de sua velocidade. Para esse observador, com que velocidade, especificada em módulo e sentido, o corpo se move imediatamente após o impulso?



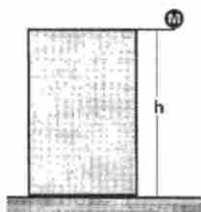
- A) -35 m/s.
- B) 35 m/s.
- C) -10 m/s.
- D) -5 m/s.
- E) 5 m/s.

475. UFRGS. Dois corpos, A e B, de massas  $m$  e  $2m$  respectivamente, são lançados verticalmente de uma mesma posição horizontal O no campo gravitacional terrestre e atingem a mesma altura máxima  $h$  na posição P. O atrito com o ar é desprezível. Diante dessas informações, pode-se afirmar que



- A) no instante do lançamento (posição O) a energia cinética do corpo A é igual ao dobro da do B.
- B) os dois corpos são lançados da posição O com a mesma quantidade de movimento linear.
- C) quando atingem a altura  $h/2$  os dois corpos tem a mesma energia cinética.
- D) quando atingem a altura  $h$  (posição P) a energia potencial gravitacional do corpo A é igual ao dobro da do B.
- E) entre as posições O e P a variação da energia potencial gravitacional de B é maior do que a de A.

476. UFRGS. A esfera de massa  $M$  cai, de uma altura  $h$ , verticalmente ao solo, partindo do repouso. A resistência do ar é desprezível. A figura a seguir representa essa situação.

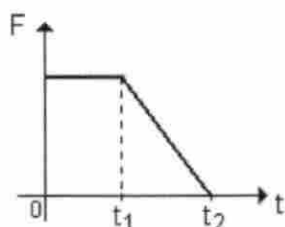


Sendo  $T$  o tempo de queda e  $g$  o módulo da aceleração da gravidade, o módulo da quantidade de movimento linear da esfera, quando atinge o solo, é

- A)  $Mh/T$
- B)  $Mgh/T$
- C)  $Mg^2/(2T^2)$
- D)  $MgT$
- E)  $MhT$



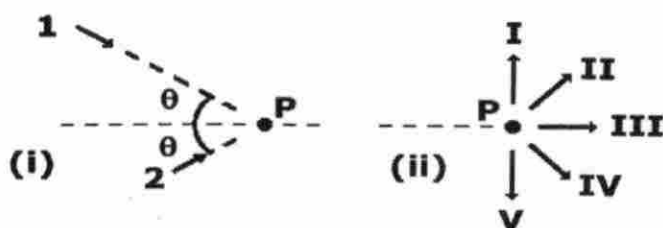
477. Um corpo de massa "m" move-se em linha reta e com velocidade constante sobre uma superfície sem atrito. No instante  $t = 0$ , uma força  $F$ , representada no gráfico, passa a atuar sobre o corpo, na mesma direção e sentido do seu movimento. Em relação à velocidade do corpo, podemos afirmar que ela



- A) permanece constante no intervalo 0 a  $t_1$  e o movimento inverte a partir de  $t_1$ .
- B) permanece constante no intervalo 0 a  $t_1$  e diminui o intervalo  $t_1$  a  $t_2$ .
- C) permanece constante no intervalo 0 a  $t_1$  e cresce no intervalo  $t_1$  a  $t_2$ .
- D) cresce no intervalo 0 a  $t_1$ , mas decresce no intervalo seguinte, chegando ao repouso no instante  $t_2$ .
- E) cresce no intervalo 0 a  $t_1$ , e continua a crescer no intervalo  $t_1$  a  $t_2$ .

**Instrução:** O enunciado abaixo refere-se às questões 478 e 479.

A figura (i) esquematiza a trajetória de duas partículas, 1 e 2, em rota de colisão inelástica, a ocorrer no ponto P; a figura (ii) representa cinco possibilidades de trajetória do centro de massa do sistema após a colisão.



As massas e módulos das velocidades das partículas 1 e 2 são, respectivamente,  $m$  e  $2v_0$ , e  $2m$  e  $v_0$ .

478. UFRGS. Na figura (ii), a trajetória que melhor descreve o movimento final é a de número



- A) I.
- B) II.
- C) III.
- D) IV.
- E) V.





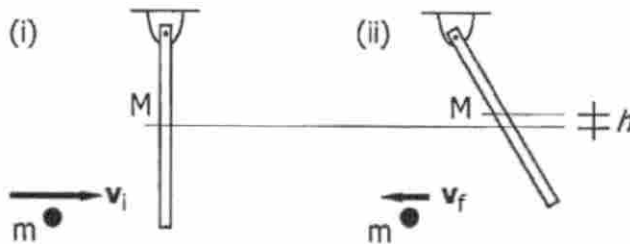
**479. UFRGS.** Sendo a colisão perfeitamente inelástica, o módulo da velocidade final das partículas é

- A)  $4v_0 \sin \theta$ .
- B)  $4v_0 \cos \theta$ .
- C)  $v_0 \tan \theta$ .
- D)  $(4/3)v_0 \sin \theta$ .
- E)  $(4/3)v_0 \cos \theta$ .



**Instruções:** As questões **480** e **481** referem-se ao enunciado e figuras abaixo.

Uma partícula de massa  $m$  e velocidade horizontal  $v_i$  colide elasticamente com uma barra vertical de massa  $M$  que pode girar livremente, no plano da página, em torno de seu ponto de suspensão. A figura (i) abaixo representa a situação antes da colisão. Após a colisão, o centro de massa da barra sobe uma altura  $h$  e a partícula retorna com velocidade  $v_f$ , de módulo igual  $v_i/2$ , conforme representa a figura (ii) abaixo.



**480. UFRGS.** Considerando  $g$  o módulo da aceleração da gravidade, a altura  $h$  atingida pela barra é igual a

- A)  $3mv_i^2 / 2Mg$
- B)  $3mv_i^2 / 4Mg$
- C)  $5mv_i^2 / 8Mg$
- D)  $3mv_i^2 / 8Mg$
- E)  $Mv_i^2 / 4Mg$



**481. UFRGS.** O módulo do impulso recebido pela partícula é

- A)  $1,5 m^2 v_i / M$ .
- B)  $0,5 m v_i^2$
- C)  $1,5 m v_i^2$
- D)  $0,5 m v_i$
- E)  $1,5 m v_i$



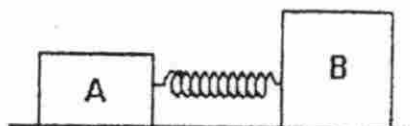


**482. UFRGS.** A condição de validade do princípio da conservação da quantidade de movimento linear de um sistema de partículas é que

- A) a energia cinética de cada partícula deve permanecer inalterada.
- B) as partículas do sistema não pode interagir umas com as outras.
- C) a soma das forças externas sobre o sistema deve ser nula.
- D) a velocidade de cada partícula deve permanecer inalterada.
- E) o centro de massa do sistema deve permanecer em repouso em relação ao observador.



**483. PUCRS.** Dois blocos, A e B, são mantidos, sem movimento, sobre uma mesa horizontal sem atrito. Entre eles há uma mola comprimida, não presa aos blocos, como indica a figura.



A massa de A é a metade da massa de B. Quando os blocos forem liberados, eles serão projetados em sentidos opostos, de modo que

- A) a energia cinética dos dois blocos seja a mesma.
- B) a velocidade dos dois blocos seja a mesma.
- C) a energia cinética do bloco A seja quatro vezes maior do que a do bloco B.
- D) a velocidade do bloco A seja quatro vezes menor que a do bloco B.
- E) a quantidade de movimento dos dois blocos seja a mesma em módulo.



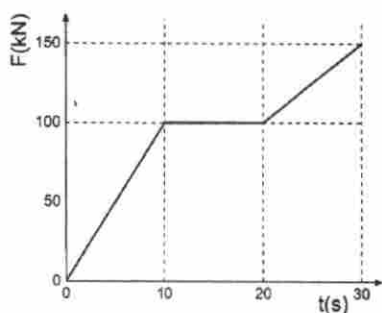
**484. PUCRS.** Um pequeno vagão de massa  $m$  e velocidade  $v$  movendo-se sobre trilhos, na horizontal e em linha reta, atinge outro vagão de massa  $3m$ , que está em repouso sem estar freado, ficando engatado neste. Imediatamente após o impacto, os vagões movem-se com velocidade

- A)  $3v$ .
- B)  $2.v$
- C)  $1v$ .
- D)  $v/3$ .
- E)  $v/4$ .



**485. UFRGS.** Impulso específico é uma medida da eficiência do uso do combustível por motores a jato para produzir o necessário impulso. Ele é calculado pela razão entre os módulos do impulso produzido pelo motor e do peso do combustível usado,  $P_c$ , isto é,  $I/P_c$ . A figura abaixo representa a força produzida por um motor a jato durante 30 s.

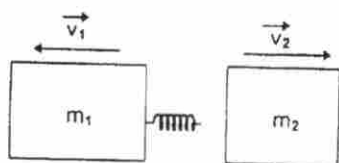




Sabendo que o impulso específico do motor é de 2000 s e considerando o módulo da aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$ , a massa de combustível usado nesse intervalo de tempo foi de

- A) 13,75 kg.
- B) 137,5 kg.
- C) 275,0 kg.
- D) 1375 kg.
- E) 2750 kg.

**486. UFRGS.** Um sistema formado por duas massas,  $m_1$  e  $m_2$ , com uma mola de massa desprezível comprimida entre elas, encontra-se inicialmente em repouso. Quando as massas são liberadas, elas se afastam uma da outra, impulsionadas pela mola, e atingem velocidades máximas cujos módulos são  $v_1$  e  $v_2$  respectivamente.



A figura representa essa situação. Supondo que não sejam exercidas forças externas sobre o sistema, o quociente  $m_1/m_2$  é dado por

- A)  $v_2/v_1$
- B)  $v_1/v_2$
- C)  $\sqrt{v_1/v_2}$
- D)  $\sqrt{v_2/v_1}$
- E)  $(v_2/v_1)^2$

Instrução: As questões **487** e **488** referem-se ao enunciado abaixo.

Um par de carrinhos idênticos, cada um com massa igual a 0,2 kg, move-se sem atrito, da esquerda para a direita, sobre um trilho de ar reto, longo e horizontal. Os carrinhos, que estão desacoplados um do outro, têm a mesma velocidade de 0,8 m/s em relação ao trilho. Em dado instante, o carrinho traseiro colide com um obstáculo que foi interposto entre os dois. Em consequência dessa colisão, o carrinho traseiro passa a se mover da direita para a esquerda, mas ainda com velocidade de módulo igual a 0,8 m/s, enquanto o movimento do carrinho dianteiro prossegue inalterado.



**487. UFRGS.** Em relação ao trilho, os valores, em kg-m/s, da quantidade de movimento linear do par de carrinhos antes e depois da colisão são, respectivamente,

- A) 0,16 e zero.
- B) 0,16 e 0,16.
- C) 0,16 e 0,32.
- D) 0,32 e zero.
- E) 0,32 e 0,48.



**488. UFRGS.** Qual é o valor do quociente da energia cinética final pela energia cinética inicial do par de carrinhos, em relação ao trilho?

- A) 1/2.
- B) 1.
- C) 2.
- D) 4.
- E) 8.



**489. UFRGS.** A figura abaixo mostra dois corpos, identificados como X e Y, cada um de massa 1 kg, movendo-se sobre uma superfície horizontal sem atrito. Os módulos de suas velocidades são  $v_x = 4\text{m/s}$  e  $v_y = 6\text{m/s}$ .



Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas abaixo, na ordem em que aparecem.

Se os corpos X e Y sofrem uma colisão elástica, a energia cinética final do sistema é \_\_\_\_\_;

Se os corpos X e Y sofrem uma colisão perfeitamente inelástica, a energia cinética final do sistema vale \_\_\_\_\_;

Qualquer que seja o tipo de colisão, o módulo da velocidade do centro de massa do sistema é \_\_\_\_\_.

- A) 10J – 4J – 2m/s
- B) 10J – 2J – 1m/s
- C) 26J – 1J – 1m/s
- D) 26J – 1J – 2m/s
- E) 26J – 2J – 1m/s



**490. UFRGS.** Uma pistola dispara um projétil contra um saco de areia que se encontra em repouso, suspenso a uma estrutura que o deixa completamente livre para se mover. O projétil fica alojado na areia. Logo após o impacto, o sistema formado pelo saco de areia e o projétil move-se na mesma direção do disparo com velocidade de módulo igual a  $0,25 \text{ m/s}$ . Sabe-se que a relação entre as massas do projétil e do saco de areia é de  $1/999$ . Qual é o módulo da velocidade com que o projétil atingiu o alvo?



- A)  $25 \text{ m/s}$ .
- B)  $100 \text{ m/s}$ .
- C)  $250 \text{ m/s}$ .
- D)  $999 \text{ m/s}$ .
- E)  $1000 \text{ m/s}$ .

**491. UFRGS.** Dois vagões de trem, de massas  $4 \times 10^4 \text{ kg}$  e  $3 \times 10^4 \text{ kg}$ , deslocam-se no mesmo sentido, sobre uma linha férrea retilínea. O vagão de menor massa está na frente, movendo-se com uma velocidade de  $0,5 \text{ m/s}$ . A velocidade do outro é  $1 \text{ m/s}$ . Em dado momento, se chocam e permanecem acoplados. Imediatamente após o choque, a quantidade de movimento do sistema formado pelos dois vagões é



- A)  $3,5 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$
- B)  $5,0 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$
- C)  $5,5 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$
- D)  $7,0 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$
- E)  $10,5 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$

**492. UFRGS.** Um cubo de massa específica  $\rho_1$  desliza com velocidade de módulo  $v_0$  sobre uma mesa horizontal, sem atrito, em direção a um segundo cubo de iguais dimensões, inicialmente em repouso. Após a colisão frontal, os cubos se movem juntos sobre a mesa, ainda sem atrito, com velocidade de módulo  $v_f = 3v_0/4$ . Com base nessas informações, é correto afirmar que a massa específica do segundo cubo é igual a



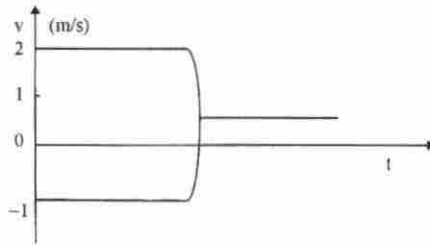
- A)  $4 \rho_1/3$ .
- B)  $9 \rho_1/7$ .
- C)  $7 \rho_1/9$ .
- D)  $3 \rho_1/4$ .
- E)  $\rho_1/3$ .

**493. UFRGS.** O gráfico refere-se ao movimento unidimensional de duas partículas A e B, de massa iguais, que sofrem uma colisão inelástica. Qual é, em  $\text{m/s}$ , a velocidade do centro de massa dessas duas partículas, respectivamente antes e depois da colisão ?





- A) 1 e 1
- B) 1 e  $\frac{1}{2}$
- C)  $\frac{1}{2}$  e 1
- D) 2 e -1
- E)  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{2}$



**494. UFRGS.** Um sistema de massas, que se encontra sob a ação da gravidade terrestre, é formado por duas esferas homogêneas, X e Y, cujos centros estão afastados 0,8 m um do outro. A esfera X tem massa de 5 kg, e a esfera Y tem massa de 3 kg. A que distância do centro da esfera X se localiza o centro de gravidade do sistema?



- A) A 0,2 m.
- B) A 0,3 m.
- C) A 0,4 m.
- D) A 0,5 m.
- E) A 0,6 m.

**495. PUCRS.** Um móvel de massa  $m$  movimenta-se para a esquerda sobre um plano horizontal, de atrito desprezível, com velocidade constante  $v$ . Esse móvel colide formalmente com um segundo de massa  $4m$  que está em repouso. O primeiro móvel, após a interação perfeitamente elástica, recua com uma velocidade de  $v/3$ . O módulo da velocidade resultante final do segundo objeto, após a interação, é



- A)  $v/2$
- B)  $v/3$
- C)  $v/6$
- D)  $7v/6$
- E)  $6v$



# Aula 12

## Gravitação Universal

### PARTE 1

	Estudar a Parte 1 – P.359 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 1 se necessário
	Fazer as questões 507, 513, 517, 525, 526 e 539

### PARTE 2

	Estudar a Parte 2 – P.360 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 2 se necessário
	Fazer a Leitura – P.364
	Fazer as questões 496, 501, 504, 505, 506, 508, 519, 520, 529, 536 e 537

### PARTE 3

	Estudar a Parte 3 – P.363 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 3 se necessário
	Fazer as questões 500, 503, 510, 511, 514, 516, 521, 523, 524, 527, 528, 530, 532, 533 e 534

### PARTE 4

	Estudar a Parte 4 – P.365 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 4 se necessário
	Fazer as questões 497, 498, 499, 502, 509, 512, 518, 522, 531, 535, 538 e 540



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



## ▪ Parte 1

## Lei da Gravitação

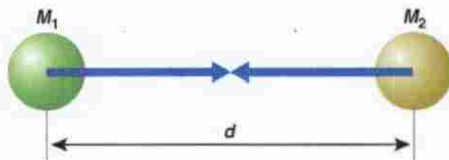
## Lei da Gravitação Universal - Isaac Newton

A partir dos estudos de Galileu, foi se firmando a idéia de que leis universais governam o movimento dos corpos e podem ser aplicadas aos movimentos ocorridos tanto no céu como na Terra. Da época de Kepler até Newton, o pensamento científico apresentou um grande avanço. As indagações dos cientistas ingleses giravam em torno da questão: "Que espécie de força o Sol exerce sobre os planetas, obrigando-os a se moverem de acordo com as leis descobertas por Kepler?"

Newton respondeu essa questão, orientando-se pelas próprias Leis de Kepler. A dinâmica planetária criada por ele alcançou tanto êxito que durante muitos anos os cientistas se queixavam de que nada restava para ser feito neste sentido.

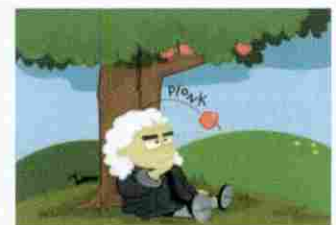
Newton começou seus estudos aplicando ao movimento da Lua e Lei da Inércia, a Lei Fundamental e a Lei da Ação e Reação. Em seguida, utilizando as Leis de Kepler, estudou o movimento dos planetas, para depois retomar suas pesquisas sobre o movimento da Lua. Foi assim que ele chegou à Lei da Gravitação Universal, cujo enunciado pode ser expresso da seguinte forma: **"Matéria atrai matéria, na razão direta do produto das massas e inversa do quadrado da distância"**.

Ou, esquematicamente, assim:



$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

**"A força gravitacional entre dois pontos materiais tem intensidade diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa."**



A constante de proporcionalidade  $G$  é denominada constante de gravitação universal ou constante de Gauss e seu valor, obtido por Cavendish, é :

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ unidades do S.I}$$

$G$  é uma constante universal que não depende dos corpos que se atraem, da distância ou do meio interposto entre os corpos.

Observe que a força gravitacional varia com a distância da mesma forma que a força eletrostática, porém existem diferenças marcantes :

- 1) a força eletrostática pode ser de atração ou de repulsão, porém a força gravitacional é sempre de atração;
- 2) a força eletrostática depende do meio interposto entre os corpos; a força gravitacional não depende do meio.





▪ **Parte 2**

**Leis de Kepler**

**Leis de Kepler**

**Kepler e as observações de Tycho Brahe** — Alguns anos após a morte de Copérnico, o astrônomo dinamarquês, Tycho Brahe, começou a desenvolver um importante trabalho no sentido de obter medidas mais precisas das posições dos corpos celestes. Em seu observatório, muito bem equipado para a época Tycho Brahe realizou, durante cerca de 20 anos, rigorosas observações dos movimentos planetários, verificando que o sistema de Copérnico não se adaptava satisfatoriamente a essas observações.



Os dados colhidos por Tycho Brahe, cuidadosamente tabelados, constituíram a base do trabalho que foi desenvolvido, após sua morte, por seu discípulo, o astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630). Entusiasmado pela simplicidade do sistema de Copérnico, Kepler acreditava que seria possível realizar alguma correção neste modelo, de modo a torná-lo mais ajustado aos movimentos dos corpos celestes realmente observados. Desenvolveu o seu trabalho analisando cuidadosamente, com grande habilidade matemática, durante cerca de 17 anos, a grande quantidade de dados coletados por Tycho Brahe. O trabalho de Kepler foi coroado de êxito, tendo conseguido descobrir as três leis sobre o movimento dos planetas, que deram origem ao nascimento da Mecânica Celeste.

**Astronomy Through the Ages**  
Epic Moments of Astrological Genius - 2400 BC to 2011

380 BC - Democritus theorises that the Milky Way might consist of distant stars. Later confirmed by William Herschel in 1786.

1990 - NASA, The hubble space telescope is put into orbit.

1973 - NASA, Pioneer 10, first interplanetary probe reaches Jupiter

2400 BC - Stonehenge, a celestial observatory, which might have allowed prediction of eclipse, solstice, equinox and other celestial events.

46 BC - Julius Caesar A calendar with 12 months, 365 1/4 days

1543 - Nicolaus Copernicus, First Heliocentric model of the Solar System

1572 - Tycho Brahe observes supernova

1610 - Galileo Galilei, discovers Jupiter's moons.

1619 - Johannes Kepler, discovers the law of planetary motion

1675 - Royal Greenwich Observatory

1729 - Isaac Newton Newton described universal gravitation and the three laws of motion.

1847 - First telescopes installed on Hawaii's Mauna Kea.

1915 - Albert Einstein, Theory of general relativity.

1929 - Hubble's "Pillars of Creation", a photograph taken by the Hubble Telescope of elephant trunks of interstellar gas and dust in the Eagle Nebula, some 7,000 light years from Earth

1959 - Neil Armstrong, First man on the Moon.

2011 - Confirmation of the acceleration of universe expansion

2011 - 697 exoplanets discovered

According to Stephen Hawking, Galileo probably bears more of the responsibility for the birth of modern science than anybody else, and Albert Einstein called him the father of modern science. In 2008 the Roman Catholic Church acknowledged the errors committed by the Catholic Church tribunal that judged the scientific positions of Galileo.

Download on The App Store

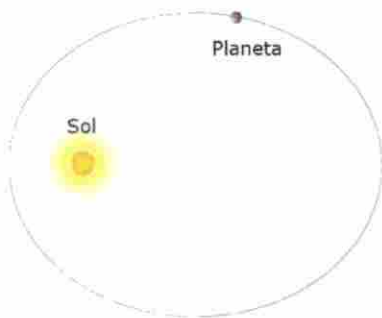
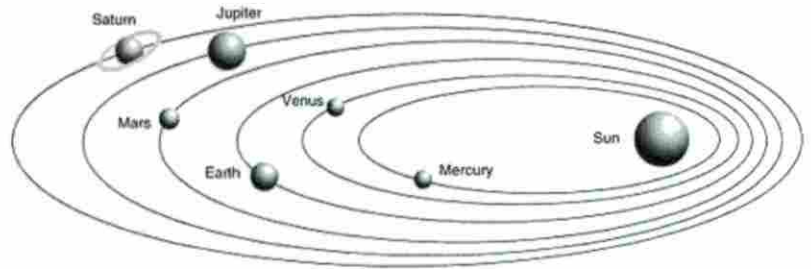
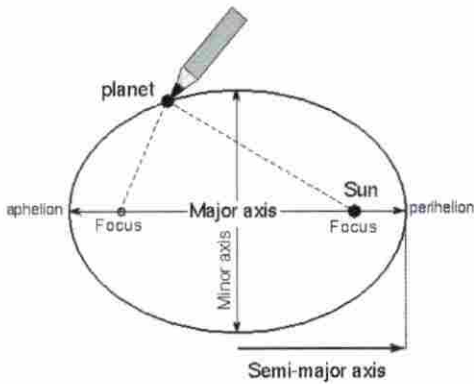
Starmap

Available on the App Store

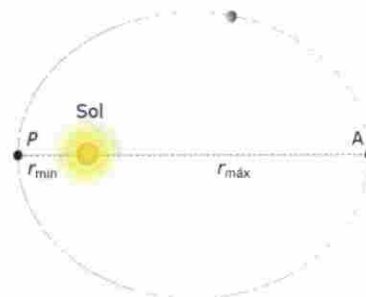


## 1ª Lei de Kepler

“Qualquer planeta gira em torno do Sol, descrevendo uma órbita elíptica, da qual o Sol ocupa um dos focos”.



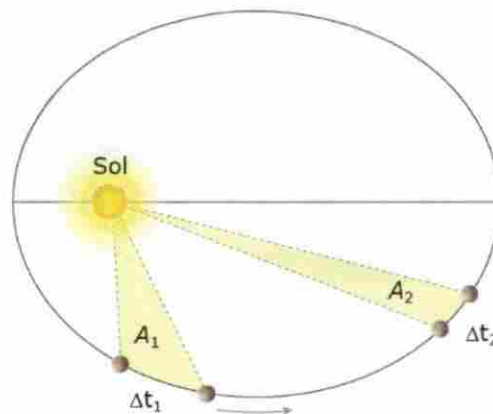
Órbita elíptica. O Sol ocupa um dos focos.



P é o ponto da órbita mais próximo do Sol e é denominado periélio. A é o ponto da órbita mais distante do Sol e é denominado afélio.

## 2ª Lei de Kepler

“A reta que une um planeta ao Sol ‘varre’ áreas iguais em tempos iguais”.



O raio vetor que liga um planeta ao Sol varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais.

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 \Leftrightarrow A_1 = A_2$$



A área varrida pelo raio vetor de um planeta é proporcional ao intervalo de tempo gasto. Isto significa que :

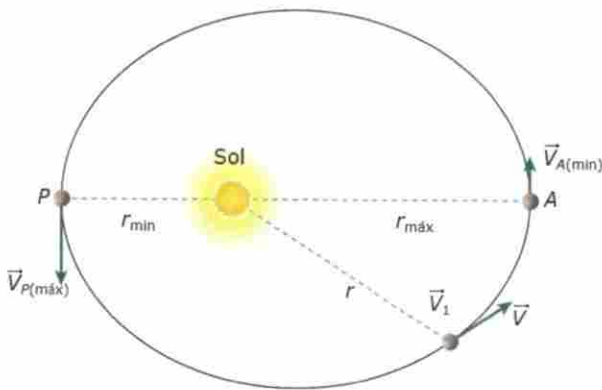
$$A = k \cdot \Delta t$$

k = constante de proporcionalidade, que é denominada **velocidade areolar do planeta**.

**Observação :** A velocidade areolar varia de um planeta para o outro, aumentando com a distância média do planeta ao Sol, isto é, mínima para Mercúrio e máxima para Plutão.

### Grandezas associadas a órbita

Os planetas descrevem movimentos variados, a velocidade aumenta quando ele se aproxima do Sol e diminui quando se afasta.



$$d_{(P)} > d_{(A)} \text{ e } \Delta t_{(P)} = \Delta t_{(A)} \Rightarrow v_{M(P)} = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow v_{M(P)} > v_{M(A)}$$

$$r_P < r_A \Rightarrow F \propto \frac{1}{r^2} \Rightarrow F_P > F_A$$

$$F_P > F_A \Rightarrow F_R = m \cdot a \Rightarrow a_P > a_A$$

$$v_P > v_A \Rightarrow E_C \propto v^2 \Rightarrow E_{c(P)} > E_{c(A)}$$

$$E_P = E_A \Rightarrow (E_{cP} + E_{pP}) = (E_{cA} + E_{pA}) \Rightarrow E_{pP} < E_{pA}$$

$$v_P > v_A \Rightarrow Q \propto v \Rightarrow Q_P > Q_A$$

A velocidade média de translação da Terra é aproximadamente 30km/s. Quanto maior a distância média do planeta ao Sol, menor a sua velocidade.

### 3ª Lei de Kepler

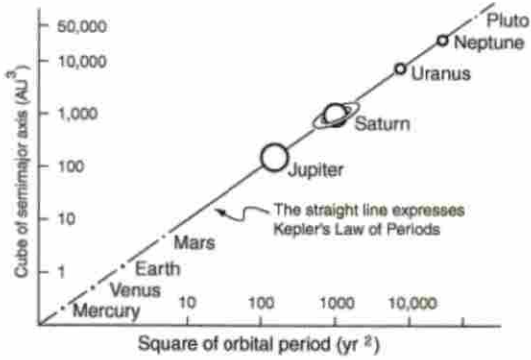
*“O quadrado dos períodos das órbitas dos planetas ( T<sup>2</sup> ) são diretamente proporcionais ao cubo dos raios médios ( R<sup>3</sup> )”.*

$$T^2 \propto R^3$$

⇒

$$T \propto R\sqrt{R}$$

Dados usados por Kepler (1618)			
Planeta	Raio médio (R) (UA)	Período (T) (anos terrestres)	$\frac{R^3}{T^2} = \frac{(UA)^3}{(anos)^2}$
Mercúrio	0,389	0,240	1,0219
Vênus	0,724	0,615	1,0034
Terra	1,000	1,000	1,0000
Marte	1,524	1,881	1,0004
Júpiter	5,200	11,862	0,9993
Saturno	9,510	29,457	0,9912





## Definição de Unidade Astronômica

Em 2012, na Assembleia Geral realizada em Beijing, a União Astronômica Internacional acolheu a proposta do grupo de trabalho "Numerical Standards for Fundamental Astronomy", redefiniu a *unidade astronômica de comprimento* ("Resolution IAU 2012 B2").

A *unidade astronômica* corresponde aproximadamente à distância média da Terra ao Sol e a partir de agora vale exatamente 149.597.870.700 metros devendo ser representada unicamente por *au* ("astronomical unit").

A definição anterior tinha como base conceitos da gravitação newtoniana e seu valor era obtido através de uma expressão matemática contendo a massa do Sol, a duração do dia e a constante gravitacional de Gauss.

A realidade mudou muito forçando uma nova definição agora inserida no contexto da relatividade geral e das medidas de distâncias extremamente precisas no Sistema Solar. O valor adotado em 30/08/2012 é convencional e foi escolhido por ser compatível com as constantes astronômicas em vigor desde 2009.

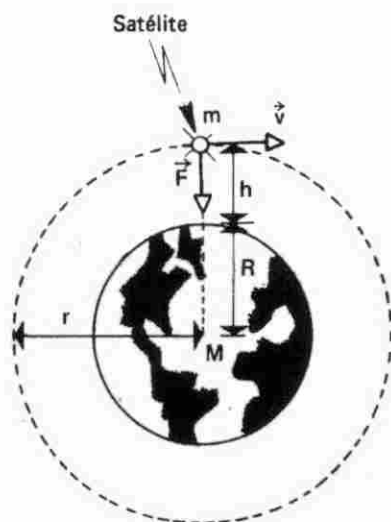
A diferença entre a nova e a velha definição é ínfima não ultrapassando alguns poucos metros e não acarreta grandes alterações principalmente quando se leva em conta os erros relativos das distâncias fora do Sistema Solar.

## ▪ Parte 3

## Satélites

### Movimento de satélites

Para se colocar um satélite em órbita, ele é levado, por meio de poderosos foguetes, até a altura  $h$  desejada. O valor de  $h$  varia muito de um satélite para outro, dependendo de uma série de fatores. Entretanto, a altura não deve ser inferior a cerca de 150 km para que, na região onde o satélite se movimenta; a atmosfera terrestre já esteja altamente rarefeita e, assim, a força de resistência do ar não perturbe o movimento do satélite.



Sendo atingida a altura desejada, o satélite, ainda por meio de foguetes, é lançado horizontalmente com uma velocidade  $\vec{v}$ . Como já sabemos, a Terra exerce sobre o satélite uma força  $\vec{F}$ , de atração, que alterará a direção da velocidade  $\vec{v}$ , fazendo com que ele descreva uma trajetória curvilínea. Muitas pessoas pensam, erroneamente, que naquela altura a força de atração da Terra sobre o satélite é nula ou desprezível. Se isto fosse verdade, o satélite, após ser lançado com a velocidade  $\vec{v}$ , continuaria a se mover, em linha reta, com esta velocidade, e não entraria em órbita em torno da Terra.

Para que a trajetória do satélite seja uma órbita circular em torno do centro da Terra, a velocidade horizontal  $\vec{v}$  deverá ter um valor determinado. Isto porque a força  $\vec{F}$  de atração da Terra deve proporcionar a força centrípeta necessária para este movimento. Uma vez colocado em órbita e não existindo nenhuma perturbação, o satélite continuará girando, indefinidamente, em torno da Terra.

Força de atração da Terra sobre o satélite:

$$F_C = F.A.G = G \frac{M \cdot m}{r^2}$$

Velocidade do satélite:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$

$r = R + h$ , onde  $R$  é o raio do planeta e  $h$  a altitude da órbita.

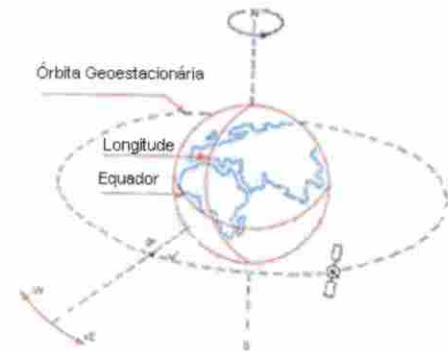
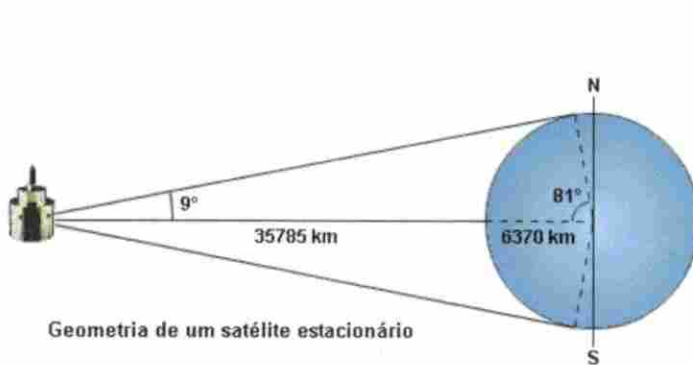


**SATÉLITE ESTACIONÁRIO:** Suponha que um satélite seja colocado em órbita a uma altura de, aproximadamente, 36.000 km sobre um ponto do equador. O raio de sua órbita será  $r = R + h$  e, como o raio da Terra é, aproximadamente, igual a 6.000 km, teremos, para o raio da órbita, cerca de 42.000 km. Levando este valor de  $r$  na expressão  $v = (GM/r)^{1/2}$ , obtemos, para o satélite, uma velocidade de 10.800 km/h. Conhecendo esta velocidade, podemos calcular o período do satélite pela relação  $T = 2\pi r/v$ .

Efetuada os cálculos, encontramos

$$T = 24h$$

Observe que este período é igual ao período de rotação da Terra; e isto torna este satélite muito importante. Como ele está **situado no plano do equador terrestre** e gira junto com a Terra, gastando ambos o mesmo tempo para dar uma volta, o **satélite parecerá estar parado para um observador na Terra**. É isto o que ocorre com os satélites tão usados modernamente em telecomunicações.

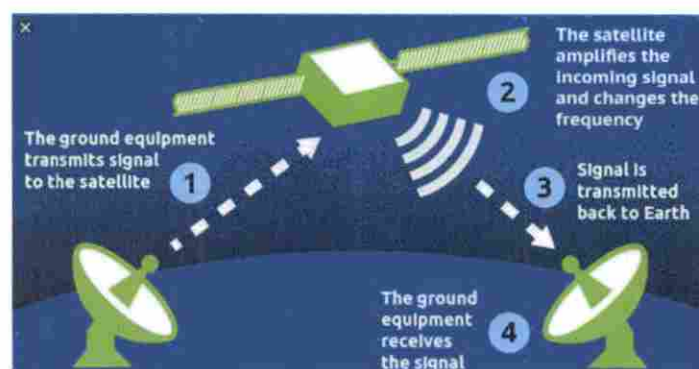
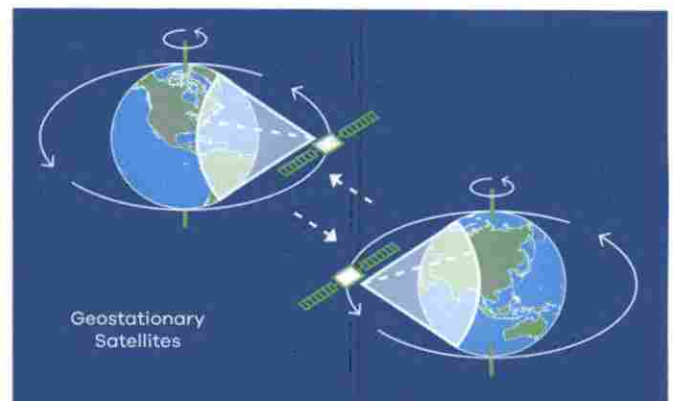


An **orbital period** depends on the **orbit's radius**. Satellites in the **geostationary orbit** – 35786 km above the equator – will have the **same orbital period** as Earth's rotation, and will be in a **constant position** to an observer on Earth.

- 1
- 2
- 3

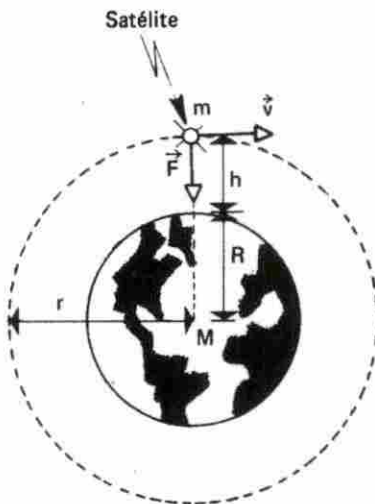
- 1 **Low/Medium Earth Orbit**  
Satellites are faster than Earth's rotation
- 2 **Geostationary Orbit**  
Satellites are as fast as Earth's rotation
- 3 **High Earth Orbit**  
Satellites are slower than Earth's rotation

Flat-Earthers noticed a **satellite dish** is always pointed to a **fixed direction** & use it to "prove" satellites do not exist. In reality, we can put a satellite in the **geostationary orbit**, & to an observer, it will always appear in a fixed position.





## Aceleração gravitacional (gravidade)



### VARIAÇÃO da GRAVIDADE COM A ALTITUDE (latitude constante)

altitude (km)	g (m/s <sup>2</sup> )
0	9,81
20	9,75
40	9,69
60	9,63
80	9,57
100	9,51
200	9,22

### VARIAÇÃO da GRAVIDADE COM A LATITUDE (altitude constante)

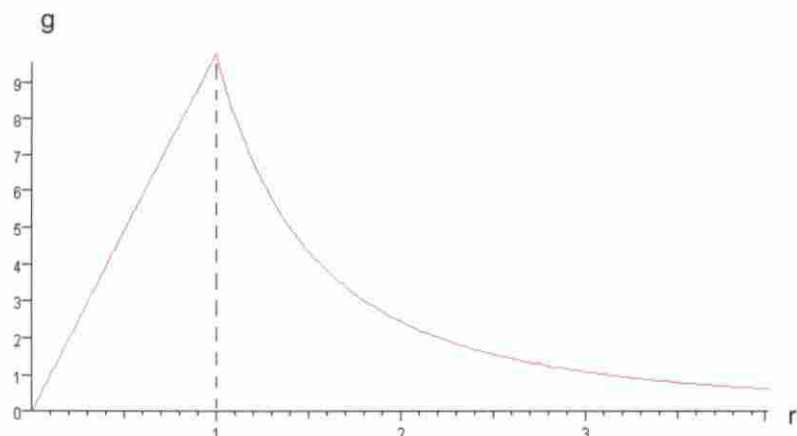
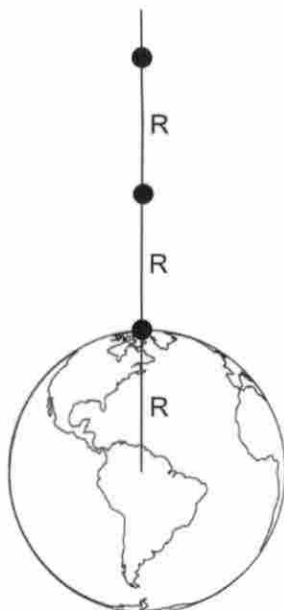
A sensação de imponderabilidade (ausência de peso) que sofre um astronauta, numa nave em órbita, é devido ao fato de seu peso aparente ser nulo, isto é, o peso real é a própria força centrípeta que o mantém em órbita. Quando se caminha na superfície terrestre da linha do Equador para o pólo ao nível do mar, o valor de g aumenta.

linha do Equador → g = 9,78039m/s<sup>2</sup>

pólo → g = 9,83217m/s<sup>2</sup>

Ao nível do mar e à latitude de 45°, g é denominada aceleração normal da gravidade e vale 9,80665m/s<sup>2</sup>.

- módulo de  $\vec{g}$  :  $g = G \frac{M}{r^2}$
- direção de  $\vec{g}$   
reta que une o ponto ao c.m. do planeta.
- sentido de  $\vec{g}$   
aponta p/ o centro de massa do planeta.







## LEITURA

## JOHANNES KEPLER

Johannes Kepler nasceu na Alemanha, em 1571, numa pequena cidade entre o Reno e a Floresta Negra.

Ainda menino, foi enviado a um seminário protestante para estudar teologia. No seminário, estudou também o grego e o latim, a dialética e a retórica, a física e a esférica, música e matemática. As ciências da antiguidade, que haviam sido esquecidas por mais de mil anos, voltavam a fazer parte dos currículos escolares da Europa.

Foi assim que Kepler, em fins do século XVI, vivendo em um mundo marcado pela fome, a peste, a guerra e conflitos religiosos permanentes, pôde conhecer e admirar o pensamento dos antigos, especialmente o de Pitágoras, onde noções como beleza e harmonia eram fundamentais.

Em 1589, com 18 anos, ingressa na Universidade de Tübingen. Lá, através dos ensinamentos de um professor, entra em contato com as idéias de Copérnico.

Um universo heliocêntrico, com os seis planetas (nessa época haviam apenas seis planetas conhecidos: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno) girando ao redor do sol, parecia ser, ao jovem Kepler, um mundo pleno de significado.

Antes de concluir a Universidade, ele abandona a carreira eclesiástica para se tornar professor de matemática numa escola secundária.

Em 1596, após muitos anos de pesquisa e investigação, publica seu primeiro trabalho escrito, **O Mistério do Universo**. Neste livro, ele tenta explicar através da geometria por que os planetas são apenas seis e por que suas distâncias são aquelas determinadas por Copérnico.

Os geômetros da antiguidade haviam descoberto a existência de cinco sólidos regulares, os poliedros (há uma prova geométrica que demonstra como é possível inscrever uma esfera dentro de cada um dos poliedros).

Kepler acreditou que os números estavam relacionados: haviam seis planetas porque haviam apenas cinco sólidos. Intercalando cada um desses sólidos nos espaços entre as órbitas seria possível obter uma explicação não só para o número de planetas como também para suas distâncias em relação ao Sol.

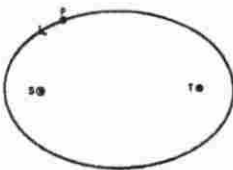
Mesmo não tendo muita repercussão, este livro determinou o reconhecimento de Kepler como matemático e conhecedor de astronomia. Pouco tempo depois, a convite de Tycho Brahe, astrônomo e Matemático Imperial da corte de Rudolf II, instala-se em Praga.

Tycho Brahe era um grande observador. Seus registros astronômicos eram os mais completos da época. Kepler, por outro lado, era um grande teórico. Trabalhando exaustivamente sobre as observações reunidas por Brahe, ele chegará a uma das mais importantes descobertas da astronomia.

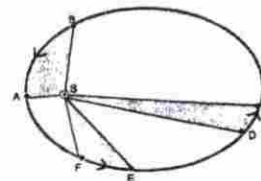
Desde Pitágoras, era unânime entre os astrônomos a idéia de que os planetas moviam-se em órbitas **circulares**. Depois de investigar durante anos o movimento de Marte no céu, Kepler concluiu que, ao contrário do que até então se acreditava, as órbitas dos planetas não eram circulares, mas sim **elípticas**.

Ao descartar o círculo e admitir a elipse, Kepler não só revolucionou a sua maneira de pensar como também deitou por terra um dos dogmas mais fortes e antigos da astronomia. Tanto que mesmo os copernicanos resistiram à nova descoberta.

Neste tipo de órbita proposta por Kepler, o Sol não está no centro. Ele é um dos focos da elipse.



Esta é a primeira lei de Kepler : *Um planeta se move em uma elipse com o Sol em um dos focos.*



Ele percebeu também que os planetas aumentavam a sua velocidade ao se aproximarem do Sol e a diminuíam ao se afastarem dele. Esta constatação levou-o à formulação de uma segunda lei : *Um planeta percorre áreas iguais em tempos iguais.*





O planeta leva o mesmo tempo para se deslocar de B a A, de F a E e de D a C; as áreas em sombra BSA, FSE e DSC são iguais.

Anos mais tarde, no livro **A Harmonia do Mundo**, Kepler formula sua terceira e última lei do movimento planetário. Nesta lei, ele relaciona o período de revolução do planeta (o tempo que ele leva para dar uma volta ao redor do Sol) com sua distância em relação ao Sol: **Os quadrados dos tempos de revolução dos planetas são proporcionais ao cubo de suas distâncias médias ao Sol**. Conhecendo-se os tempos orbitais dos planetas e a distância média de apenas um deles, pode-se calcular a distância de todos os outros.

Tentando ir mais longe na compreensão do movimento dos planetas, Kepler supôs a existência de uma força semelhante ao magnetismo que, emanando do Sol, faria com eles se movessem. A força magnética é bastante diferente da força da gravidade, mas Kepler realiza uma surpreendente antecipação da descoberta feita por Newton alguns anos depois.

A busca de uma harmonia no céu conduziu-o à formulação de uma idéia muito especial. Para ele, a velocidade de cada planeta corresponderia a uma determinada nota da escala musical. Os tons da Terra seriam o **Fá** e o **Mi** que, unidos, formam a palavra latina correspondente à fome.

A guerra dos Trinta Anos (entre católicos e protestantes), deflagrada logo após a descoberta de sua terceira lei, devastava a Europa. Muitas pessoas são vítimas de perseguição religiosa, entre elas, a mãe de Kepler, acusada de feitiçaria. Kepler responsabiliza-se pela defesa da mãe perante o tribunal protestante e consegue que lhe seja permitido o exílio.

Em um de seus últimos livros, chamado **Somnium** (O Sonho), ele imagina uma viagem à Lua, de onde os viajantes poderiam observar a Terra girando lentamente no espaço. Conforme suas palavras, um dia "naves celestiais viajariam adaptadas aos ventos dos céus", aproximando os homens da perfeita harmonia dos planetas em movimento.

Johannes Kepler faleceu em 1630.

## GALILEU GALILEI

Na época em que Galileu Galilei realizou suas mais importantes descobertas, a Itália era um país dividido. A maior parte dos Estados estava sob a poderosa influência da Igreja e o Santo Ofício, através da Inquisição, sentenciava com pesadas condenações atitudes e palavras que pudessem ser consideradas heréticas.

Por outro lado, era também o país do renascimento. As grandes modificações que ocorreram nas Artes e nas Ciências com a revalorização da cultura clássica grega transformaram profundamente a visão que os homens tinham do mundo. Leonardo Da Vinci, através da perspectiva, criou obras-primas de precisão e equilíbrio. Antigos manuscritos haviam sido traduzidos para o latim e publicados na forma de livros. Entre eles, as obras de Euclides e Arquimedes.

Quando Galilei nasceu, em 1564, na cidade de Pisa, o espírito renascentista ainda estava presente. Filho de um compositor e musicólogo, teve uma excelente formação artística. Desenhava, escrevia poemas e, assim como o pai, tocava muito bem o alaúde.

Depois de frequentar a renomada escola de um mosteiro próximo a Florença, Galileu, aos 17 anos, retorna a Pisa para estudar Medicina. Sem concluir a universidade, abandona o curso para se dedicar inteiramente à matemática, à mecânica e à hidrostática.

O conhecimento aprofundado da geometria euclidiana e das obras de Arquimedes possibilitou-lhe em pouco tempo assumir o cargo de professor de matemática na mesma universidade.

Foi quando ainda trabalhava em Pisa que Galileu, pesquisando o movimento de queda dos corpos, realizou a lendária demonstração do alto da torre inclinada. Deixando cair dois objetos de mesma forma, mas pesos diferentes, ele provou que, ao contrário do que a teoria aristotélica afirmava, dois corpos de pesos diferentes levam o mesmo tempo para chegar ao chão.

Mas foi em Pádua, cidade próxima a Veneza, onde passara a viver, que Galileu deu início a uma de suas mais surpreendentes experiências.

Além de dar aulas, ele dedicava boa parte de seu tempo a criar e aperfeiçoar aparelhos de observação e medida, como a bússola e o termoscópio. A notícia de um instrumento vindo da Holanda, capaz de aproximar e ampliar o tamanho dos objetos vistos à distância foi suficiente para que, logo em seguida, ele começasse a construir sua própria luneta.



Olhando o céu através dela, Galileu pôde ver que a superfície da Lua era coberta de montanhas, que a Via-Láctea era composta de inúmeros sóis, que a constelação de Órion e o aglomerado das Plêiades, possuíam muitas outras estrelas, até então invisíveis, e o mais importante: que o planeta Júpiter, em sua trajetória, deslocava-se acompanhado por quatro pequenas estrelas errantes (o termo satélite seria utilizado mais tarde).

Essas descobertas, publicadas em um livro chamado **O Mensageiro das Estrelas**, fortaleceram as teses de Copérnico. Afinal, se Júpiter movia-se em uma órbita com as suas quatro luas, por que a Terra não poderia mover-se no espaço acompanhada de apenas uma?

Galileu descobriu ainda as fases de Vênus, as manchas solares e chegou a perceber os anéis de Saturno que, por não serem vistos com nitidez, deram-lhe a idéia de um estranho planeta tripartido.

Com a publicação de **O Mensageiro das Estrelas**, as descobertas de Galileu se tornam conhecidas e ele volta a Florença como matemático da Casa dos Médici.

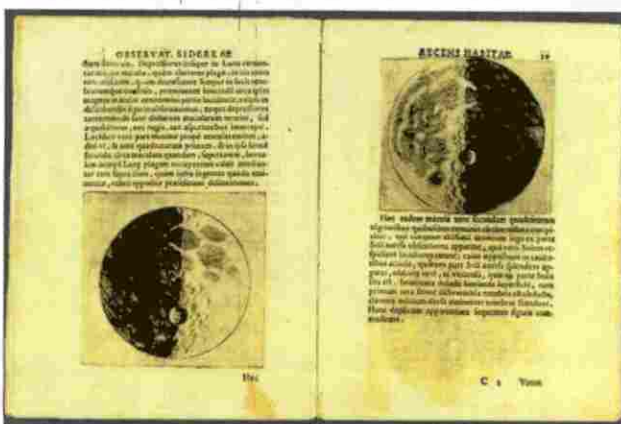
Alguns anos depois, a Igreja Católica, vendo-se ameaçada pela força com que começava a se impor um novo sistema de mundo, declara ser uma heresia a tese copernicana de que o Sol está no centro do universo e que a Terra gira em torno de si mesma. O livro de Copérnico é retirado de circulação e suas idéias não podem mais ser ensinadas nem mesmo defendidas.

Apesar da determinação da Igreja, Galileu mantém o seu trabalho e as suas convicções. Até que em 1633, após a publicação de seu livro **Diálogo sobre os dois principais Sistemas do Mundo** (onde defende habilmente e teoria copernicana), Galileu Galilei é processado pela Inquisição e forçado a se retratar. Ainda assim, com a idade de 69 anos, é condenado à prisão domiciliar.

O livro que provocou a condenação de Galileu foi escrito na forma de diálogo entre três personagens: **Salviati**, que representa o defensor da idéias de Copérnico, ou seja, o próprio Galileu; **Simplicio** (cujo nome é uma alusão a um filósofo do século VI), representante da tradição aristotélica e defensor da idéia de uma Terra fixa situada no centro do mundo, e, por fim, **Segredo**, um homem culto que atua como árbitro entre os outros dois personagens.

Além da sentença contra Galileu, a Igreja determinou a proibição deste livro, que se manteve até 1822.

No entanto, por mais temida que fosse a Inquisição, por mais duras que fossem as suas represálias, o mundo revelado pela luneta de Galileu já havia transformado os homens. Não apenas os cientistas e os filósofos





## QUESTÕES PÓS-AULA

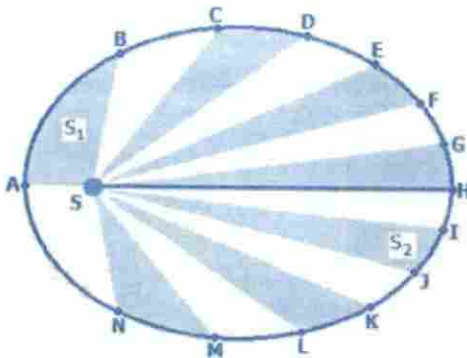
As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**496. UFRGS.** A eclipse, na figura abaixo, representa a órbita de um planeta em torno de uma estrela S. Os pontos ao longo da eclipse representam posições sucessivas do planeta, separadas por intervalos de tempo iguais. As regiões alternadamente coloridas representam as áreas varridas pelo raio da trajetória nesses intervalos de tempo. Na figura, em que as dimensões dos astros e o tamanho da órbita não estão em escala, o segmento de reta  $\overline{SH}$  representa o raio focal do ponto H, de comprimento p.



Considerando que a única força atuante no sistema estrela-planeta seja a força gravitacional, são feitas as seguintes afirmações:

- I – As áreas  $S_1$  e  $S_2$ , varridas pelo raio da trajetória, são iguais.
- II – O período da órbita é proporcional a  $p^3$ .
- III – As velocidades tangenciais do planeta nos pontos A e H,  $v_A$  e  $v_H$ , são tais que  $v_A > v_H$ .

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas I e II.
- C) Apenas I e III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.



497. UFRGS. Assinale com **V** (verdadeiro) ou **F** (falso) as afirmações abaixo.

- ( ) Um objeto colocado em uma altitude de 3 raios terrestres acima da superfície da Terra sofrerá uma força gravitacional 9 vezes menor do que se estivesse sobre a superfície.
- ( ) O módulo da força gravitacional exercida sobre um objeto pode sempre ser calculado por meio do produto da massa desse objeto e do módulo da aceleração da gravidade do local onde ele se encontra.
- ( ) Objetos em órbitas terrestres não sofrem a ação da força gravitacional.
- ( ) Se a massa e o raio terrestre forem duplicados, o módulo da aceleração da gravidade na superfície terrestre reduz-se à metade.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- A) V – V – F – F.  
B) F – V – F – V.  
C) F – F – V – F.  
D) V – F – F – V.  
E) V – V – V – F.



498. UFRGS. Em 6 de agosto de 2012, o jipe “Curiosity” pousou em Marte. Em um dos mais espetaculares empreendimentos da era espacial, o veículo foi colocado na superfície do planeta vermelho com muita precisão. Diferentemente das missões anteriores, nesta, depois da usual descida balística na atmosfera do planeta e da diminuição da velocidade provocada por um enorme paraquedas, o veículo de quase 900 Kg de massa, a partir de 20 m de altura, foi suave e lentamente baixado até o solo, suspenso por três cabos, por um tipo de guindaste voador estabilizado no ar por meio de 4 pares de foguetes direcionais. A ilustração abaixo representa o evento.



O cabo ondulado que aparece na figura serve apenas para comunicação e transmissão de energia entre os módulos.

Considerando as seguintes razões: massa da Terra/massa de Marte  $\sim 10$  e raio médio da Terra/raio médio de Marte  $\sim 2$ , a comparação com descida similar, realizada na superfície terrestre, resulta que a razão correta entre a tensão em cada cabo de suspensão do jipe em Marte e na Terra ( $T_M/T_T$ ) é, aproximadamente, de





- A) 0,1.
- B) 0,2.
- C) 0,4.
- D) 2,5.
- E) 5,0.

**499. UFRGS.** Considerando que o módulo da aceleração da gravidade na Terra é igual a  $10 \text{ m/s}^2$ , é correto afirmar que, se existisse um planeta cuja massa e cujo raio fossem quatro vezes superiores aos da Terra, a aceleração da gravidade seria de



- A)  $2,5 \text{ m/s}^2$ .
- B)  $5 \text{ m/s}^2$ .
- C)  $10 \text{ m/s}^2$ .
- D)  $20 \text{ m/s}^2$ .
- E)  $40 \text{ m/s}^2$ .

**500. UFRGS.** Um satélite geostacionário está em órbita circular com raio de aproximadamente  $42.000 \text{ km}$  em relação ao centro da Terra. (Considere o período de rotação da Terra em torno de seu próprio eixo igual a  $24\text{h}$ .)



Sobre esta situação, são feitas as seguintes afirmações.

- I - O período de revolução do satélite é de  $24\text{h}$ .
- II - O módulo da velocidade do satélite é constante e vale  $3.500\pi \text{ km/h}$ .
- III - O trabalho realizado pela Terra sobre o satélite é nulo.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas I e III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.

**501. UFRGS.** Considere o raio médio da órbita de Júpiter em torno do Sol igual a 5 vezes o raio médio da órbita da Terra. Segundo a 3ª Lei de Kepler, o período de revolução de Júpiter em torno do Sol é de aproximadamente



- A) 5 anos.
- B) 11 anos.
- C) 25 anos.
- D) 110 anos.
- E) 125 anos.



**502. ENEM.** O ônibus espacial *Atlantis* foi lançado ao espaço com cinco astronautas a bordo e uma câmera nova, que iria substituir uma outra danificada por um curto-circuito no telescópio *Hubble*. Depois de entrarem em órbita a 560 km de altura, os astronautas se aproximaram do *Hubble*. Dois astronautas saíram da *Atlantis* e se dirigiram ao telescópio. Ao abrir a porta de acesso, um deles exclamou: "Esse telescópio tem a massa grande, mas o peso é pequeno."



Considerando o texto e as leis de Kepler, pode-se afirmar que a frase dita pelo astronauta

- A) se justifica porque o tamanho do telescópio determina a sua massa, enquanto seu pequeno peso decorre da falta de ação da aceleração da gravidade.
- B) se justifica ao verificar que a inércia do telescópio é grande comparada à dele próprio, e que o peso do telescópio é pequeno porque a atração gravitacional criada por sua massa era pequena.
- C) não se justifica, porque a avaliação da massa e do peso de objetos em órbita tem por base as leis de Kepler, que não se aplicam a satélites artificiais.
- D) não se justifica, porque a força-peso é a força exercida pela gravidade terrestre, neste caso, sobre o telescópio e é a responsável por manter o próprio telescópio em órbita.
- E) não se justifica, pois a ação da força-peso implica a ação de uma força de reação contrária, que não existe naquele ambiente. A massa do telescópio poderia ser avaliada simplesmente pelo seu volume.

**503. UCPEL.** Assinale a opção que se encontra fisicamente correta em relação a um astronauta dentro de um ônibus espacial que orbita a Terra.

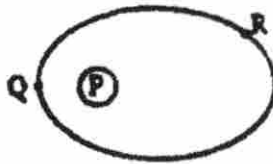
- A) A massa do astronauta diminui devido à grande distância em que ele se encontra do centro da Terra. Consequentemente, a força peso também diminui e se torna praticamente zero. Por isso, o astronauta flutua no interior do ônibus espacial.
- B) Devido à grande distância da órbita do ônibus espacial, o campo gravitacional terrestre não exerce influência no astronauta, que flutua devido à diminuição de sua massa e, consequentemente, de seu peso.





- C) O ônibus espacial é colocado a uma altitude na qual os campos gravitacionais da Lua, da Terra e do Sol se superpõe e se anulam. Por isso, quando está no espaço, o astronauta não tem massa e flutua.
- D) O astronauta ainda sente os efeitos da força causada pelo campo gravitacional terrestre, embora com um valor um pouco menor do que o que sentiria na superfície. Como a força gravitacional é menor, seu peso também será menor.
- E) O ônibus espacial se encontra em movimento circular uniforme ao redor da terra, enquanto o astronauta, em seu interior, está em movimento retilíneo uniforme. A superposição desses dois movimentos é a razão pela qual o astronauta se mostra aparentemente sem peso. A massa, entretanto, permanece constante.

**504. UFRGS.** Um satélite move-se em torno de um planeta P, descrevendo uma órbita elíptica, como mostra a figura.



Qual das alternativas apresenta uma afirmação correta ?

- A) O módulo da quantidade de movimento linear do satélite em Q é menor do que em R.
- B) A energia potencial gravitacional do satélite em Q e R é a mesma.
- C) A energia potencial gravitacional do satélite em R é desprezível em relação a sua energia potencial gravitacional em Q.
- D) A energia cinética do satélite em Q é desprezível em relação a sua energia cinética em R.
- E) A energia cinética do satélite em Q é maior do que em R.

**505. UFRGS.** Dois satélites artificiais da Terra, X e Y, de mesma massa, giram em órbitas circulares concêntricas de raios  $r$  e  $2r$ , respectivamente. Qual a relação entre o período do satélite Y ( $T_Y$ ) e do satélite X ( $T_X$ ) ?



- A)  $T_Y = T_X / 4$
- B)  $T_Y = T_X / 2$
- C)  $T_Y = 2 T_X$
- D)  $T_Y = 2\sqrt{2} T_X$
- E)  $T_Y = 4 T_X$



**506. UFRGS.** Um satélite move-se em torno de um planeta P, descrevendo uma órbita elíptica, como mostra a figura ao lado.



Qual das alternativas apresenta uma afirmação correta ?

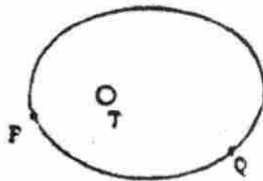
- A) O peso do satélite em Q e R é o mesmo.
- B) O módulo da aceleração do satélite em Q é maior do que em R.
- C) O módulo da força centrípeta sobre o satélite em Q é menor do que em R.
- D) A energia cinética do satélite em Q e em R é a mesma.
- E) O módulo da velocidade de translação do satélite em Q e em R é o mesmo.

**507. UFRGS.** Um planeta imaginário, Terra Mirim, tem a metade da massa da Terra e move-se em torno do Sol em uma órbita igual à da Terra. A intensidade da força gravitacional entre o Sol e Terra Mirim é, em comparação à intensidade dessa força entre o Sol e a Terra,



- A) o quádruplo.
- B) o dobro.
- C) a metade.
- D) um quarto.
- E) a mesma.

**508. UFRGS.** Um satélite artificial move-se em torno da Terra T, numa órbita elíptica, como mostra a figura. Nessa situação, o módulo da força de atração gravitacional sobre o satélite no ponto P é ..... que no ponto Q, e a energia potencial gravitacional em P é ..... que no ponto Q.



Qual a alternativa que preenche corretamente as lacunas acima ?

- A) maior - menor
- B) maior - maior
- C) menor - menor
- D) menor - a mesma
- E) o mesmo - maior





**509. UFRGS.** Considerando o módulo da aceleração da gravidade na superfície da Terra igual a  $g$ , qual é o seu valor a uma altura igual ao raio da Terra, acima dessa superfície ?



- A)  $g/4$
- B)  $g/2$
- C)  $g$
- D)  $2g$
- E)  $4g$

**510. UFRGS.** Entre as afirmações a seguir, sobre a situação a descrita, qual não está correta?

*O satélite estacionário é um tipo especial de satélite que órbita no plano do equador terrestre e que permanece parado para um observador em repouso em relação a Terra.*

Para um observador que, do espaço, observa a Terra e o satélite girando,



- A) o período de rotação do satélite é igual ao da Terra.
- B) a velocidade angular do satélite é igual à da Terra.
- C) a velocidade linear do satélite é maior do que a de um ponto sobre o equador da Terra.
- D) o sentido de rotação do satélite é contrário ao da Terra.
- E) a força centrípeta exercida sobre o satélite é menor do que o seu peso na superfície da Terra.

**511. UFRGS.** Considere as seguintes afirmações :

I - Os satélites artificiais em órbita sobre o equador estão livres da força de atração gravitacional da Terra.

II - Os astronautas encontram dificuldades para caminhar dentro de uma nave espacial no espaço exterior porque lá não há pressão atmosférica.

III - Considerando que a Terra não é perfeitamente esférica, o valor da aceleração da gravidade, ao nível do mar, é menor no equador do que na latitude  $60^\circ$ .

Quais estão corretas ?



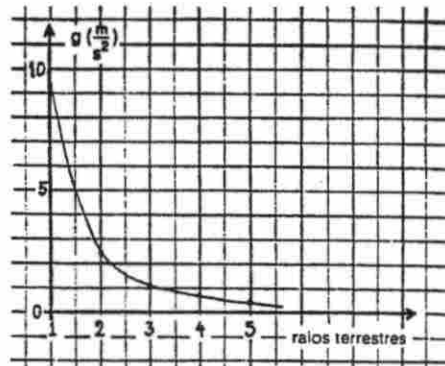
- A) Apenas I
- B) Apenas III
- C) Apenas I e II
- D) Apenas II e III
- E) I, II e III

**512. UFRGS.** O gráfico representa a variação da aceleração da gravidade em função da distância a partir do centro da Terra, medida em raios terrestres. De quantos raios terrestres devemos nos afastar da superfície da Terra para que o módulo da aceleração da gravidade seja, aproximadamente, de  $1,1 \text{ m/s}^2$ .





- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5



**513. UFRGS.** Sendo  $F$  o módulo da força gravitacional que a Terra exerce sobre a lua, o módulo da força gravitacional que a Lua exerce sobre a Terra é

- A) muito menor do que  $F$
- B) um pouco menor do  $F$
- C) igual a  $F$
- D) um pouco maior do que  $F$
- E) muito maior do que  $F$



**514. UFRGS.** Considere as seguintes afirmações:

- I - a força que mantém as pessoas pressas ao chão na superfície da Terra chama-se pressão atmosférica.
- II - Um satélite que gira em torno de um planeta é atraído pela força gravitacional desse planeta.
- III - A massa de um objeto na superfície da Lua é cerca de oito vezes menor do que a massa do mesmo objeto na superfície da Terra

Quais estão corretas?

- A) apenas I
- B) apenas II
- C) apenas I e III
- D) apenas II e III
- E) I, II, III



**515. UFRGS.** Em 12 de agosto de 2018, a NASA lançou uma sonda espacial, a *Parker Solar Probe*, com objetivo de aprofundar estudos sobre o Sol e o vento solar (o fluxo contínuo de partículas emitidas pela coroa solar). A sonda deverá ser colocada em uma órbita tal que, em seu ponto de máxima aproximação do Sol, chegará a uma distância deste menor que  $1/24$  da distância Sol-Terra.

Considere  $F_T$  o módulo da força gravitacional exercida pelo Sol sobre a sonda, quando esta se encontra na atmosfera terrestre, e considere  $F_S$  o módulo da força gravitacional exercida pelo Sol sobre a sonda, quando a distância desta ao Sol for igual a  $1/24$  da distância Sol-Terra. A razão  $F_S/F_T$  entre os módulos dessas forças sobre a sonda é igual a





- A) 1.
- B) 12.
- C) 24.
- D) 144.
- E) 576.

---

**516. UFRGS.** Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas do período seguinte:

Um satélite movimenta-se em órbita circular em torno da Terra. nessa situação o vetor que representa sua velocidade de translação é..... o vetor que representa sua aceleração é..... e o vetor que representa a força centrípeta qual atua sobre ela é.....



- A) constante – constante - constante
- B) constante - variável - variável
- C) constante – constante - variável
- D) variável - constante - constante
- E) variável – variável - variável

---

**517. UFRGS.** O módulo da força de atração gravitacional entre duas pequenas esferas de massa  $m$  iguais, cujos centros estão separados por uma distância  $d$ , é  $F$ . Substituindo-se uma das esferas por outra de massa  $2m$  e reduzindo-se a distância entre os centros das esferas para  $d/2$ , resulta uma força gravitacional de módulo :



- A)  $F$
- B)  $2F$
- C)  $4F$
- D)  $8F$
- E)  $16F$

---

**518. UFRGS.** Recentemente foi noticiado que um satélite artificial pousaria na superfície do planeta Júpiter. Sabe-se que a aceleração gravitacional neste planeta é vinte vezes maior que no planeta Terra. Considere que, na Terra,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Um corpo que na Terra, tem massa de  $5\text{kg}$  no planeta Júpiter teria peso de



- A)  $50\text{N}$
- B)  $100 \text{ N}$
- C)  $200 \text{ N}$
- D)  $500 \text{ N}$
- E)  $1000 \text{ N}$

---

**Instrução:** As questões **519** e **520** estão relacionadas ao texto a seguir.



O ano de 2009 foi proclamado pela UNESCO o Ano Internacional da Astronomia para comemorar os 400 anos das primeiras observações astronômicas realizadas por Galileu Galilei através de telescópios e, também, para celebrar a Astronomia e suas contribuições para o conhecimento humano.

O ano de 2009 também celebrou os 400 anos da formulação da Lei das Órbitas e da Lei das Áreas por Johannes Kepler. A terceira lei, conhecida como Lei dos Períodos, foi por ele formulada posteriormente.

**519. UFRGS.** Sobre as três leis de Kepler são feitas as seguintes afirmações.

- I - A órbita de cada planeta é uma elipse com o Sol em um dos focos.
- II - O segmento de reta que une cada planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.
- III - O quadrado do período orbital de cada planeta é diretamente proporcional ao cubo da distância média do planeta ao Sol.



Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e II.
- E) I, II e III.

**520. UFRGS.** A Astronomia estuda objetos celestes que, em sua maioria, se encontram a grandes distâncias da Terra. De acordo com a mecânica newtoniana, os movimentos desses objetos obedecem à Lei da Gravitação Universal.

Considere as seguintes afirmações, referentes às unidades empregadas em estudos astronômicos

- I - Um ano-luz corresponde à distância percorrida pela luz em um ano.
- II - Uma Unidade Astronômica (1.UA) corresponde à distância média entre a Terra e o Sol.
- III - No Sistema Internacional (SI), a unidade da constante G da Lei da Gravitação Universal é  $m/s^2$ .



Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e II.
- E) I, II e III.



**521. UFRGS.** Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no texto abaixo, na ordem em que elas aparecem.

Alguns satélites artificiais usados em telecomunicações são geoestacionários, ou seja, no seu movimento de revolução em torno da Terra, eles devem se manter fixos sobre o mesmo ponto da superfície terrestre, apesar do movimento de rotação da Terra em torno do próprio eixo. Para isso, esses satélites precisam:



- 1) ter uma órbita circular, cujo plano coincida com o plano do equador terrestre;
- 2) ter o sentido de revolução ..... ao sentido de rotação da Terra; e
- 3) ter o período de revolução ..... período de rotação da Terra.

- A) contrário – igual ao dobro do
- B) igual – igual à metade do
- C) contrário – igual à metade do
- D) igual – igual ao
- E) contrário – igual ao

**522. PUCRS.** A segunda lei de Newton é aplicada à Força Peso, que é a força através da qual os objetos são atraídos pela Terra. A lei da gravitação universal é uma força pela qual dois objetos sofrem atração de campo e obedece à lei do inverso do quadrado da distância. Considerando que a Força Peso de um objeto pode ser igualada à força gravitacional, podemos determinar a aceleração da gravidade conhecendo a massa do planeta Terra e a distância do seu centro ao ponto de interesse. De um modo geral, utilizamos o raio médio terrestre para obter  $g$  (médio). Entretanto, nosso planeta é achatado nos pólos em relação ao Equador. Assim sendo, podemos afirmar, quanto ao valor de  $g$ , que:



- A)  $g$  (médio)  $>$   $g$  (pólos)  $>$   $g$  (Equador).
- B)  $g$  (pólos)  $>$   $g$  (médio)  $>$   $g$  (Equador).
- C)  $g$  (Equador)  $>$   $g$  (médio)  $>$   $g$  (pólos).
- D)  $g$  (pólos)  $>$   $g$  (Equador)  $>$   $g$  (médio).
- E)  $g$  (Equador)  $>$   $g$  (pólos)  $>$   $g$  (médio).

**Instrução:** Para responder à questão **523**, considerar o texto e as afirmativas que o complementam.

Durante cerca de oito dias, um astronauta brasileiro dividiu com astronautas estrangeiros uma missão a bordo da Estação Espacial Internacional (EEI). Inúmeras fotografias da parte interna da Estação mostraram objetos e os astronautas “flutuando” no seu interior. Este fenômeno ocorre porque

- I – a aceleração da gravidade sobre eles é zero.
- II – os objetos e os astronautas têm a mesma aceleração da Estação.
- III – não há força resultante sobre eles.



**523. PUCRS.** Pela análise das afirmativas conclui-se que somente está / estão correta(s)

- A) a I.
- B) a II.
- C) a III.
- D) a I e a III.
- E) a II e a III.



**524. UFRGS.** Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que elas aparecem.

A relação que deve existir entre o módulo  $v$  da velocidade linear de um satélite artificial em órbita circular ao redor da Terra e o raio  $r$  dessa órbita é

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

onde  $G$  é a constante de gravitação universal e  $M$  a massa da Terra. Conclui-se desta relação que  $v$ ..... da massa do satélite, e que, para aumentar a altitude da órbita, é necessário que  $v$ .....

- A) não depende – permanece o mesmo.
- B) não depende – aumente.
- C) depende – aumente.
- D) não depende – diminua.
- E) depende – diminua.



**525. UFRGS.** O diagrama da Figura 1, abaixo, representa duas pequenas esferas, separadas por certa distância. As setas representam as forças gravitacionais que as esferas exercem entre si.

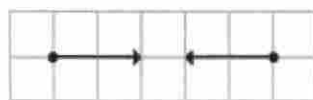


Figura 1

A Figura 2 mostra cinco diagramas, representando possibilidades de alteração daquelas forças, quando a distância entre as esferas é modificada.

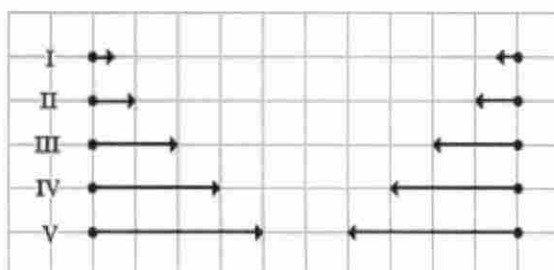


Figura 2





Segundo a Lei da Gravitação universal, qual dos diagramas da Figura 2 é coerente com o diagrama da Figura 1?

- A) I.            B) II.            C) III.            D) IV.            E) V.

**526. UFRGS. Instrução:** A questão refere-se ao enunciado abaixo.

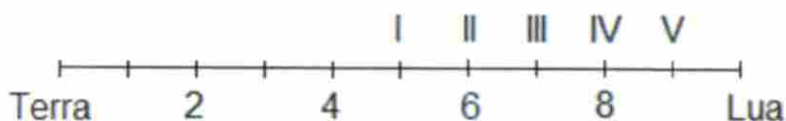
Em 16 de julho de 1969, o foguete Saturno V, com aproximadamente 3.000 toneladas de massa, foi lançado carregando a cápsula tripulada Apollo 11, que pousaria na Lua quatro dias depois.



Em sua trajetória rumo à Lua, a espaçonave Apollo 11 esteve sujeita às forças de atração gravitacional exercidas pela Terra e pela Lua, com preponderância de uma ou de outra, dependendo da sua distância à Terra ou à Lua.

Considere  $M_L = M_T/81$ , em que  $M_L$  e  $M_T$  são, respectivamente, as massas da Lua e da Terra.

Na figura abaixo, a distância do centro da Terra ao centro da Lua está representada pelo segmento de reta, dividido em 10 partes iguais.



Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna do enunciado a seguir.

Em sua viagem para a Lua, quando a Apollo 11 ultrapassa o ponto \_\_\_\_\_, o módulo da força gravitacional da Lua sobre a espaçonave passa a ser maior do que o módulo da força gravitacional que a Terra exerce sobre essa espaçonave.

- A) I  
B) II  
C) III  
D) IV  
E) V



527. Um satélite artificial, depois de desligados todos os seus propulsores, gira numa órbita circular estável em torno da Terra. Abandonando-se um objeto no centro desse satélite, observa-se que ele permanece indefinidamente “flutuando” nesse local. Isto ocorre porque



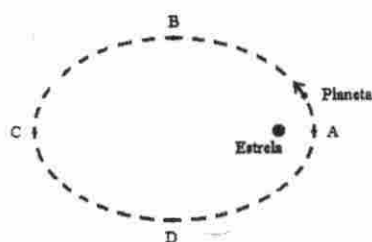
- A) dentro do satélite não existe atmosfera.
- B) objeto e o centro do satélite estão com acelerações idênticas.
- C) na altitude em que se encontra o satélite, o campo gravitacional devido à Terra é nulo.
- D) no local onde se encontra o satélite, a soma dos campos gravitacionais devido à Terra e a todos os outros corpos celestes é nula.
- E) a carcaça do satélite funciona como blindagem para os campos gravitacionais externos, como uma gaiola de Faraday faz com o campo eletrostático.

528. Um satélite espacial encontra-se em órbita da Terra e, no seu interior, existe uma caneta flutuando. Essa flutuação ocorre porque



- A) ambos, o satélite espacial e a caneta, encontram-se em queda livre.
- B) a aceleração da gravidade local é nula.
- C) a aceleração da gravidade, mesmo não sendo nula, é desprezível.
- D) há vácuo dentro do satélite.
- E) a massa inercial da caneta é desprezível, em comparação com a do satélite.

529. UFRGS. Um planeta descreve trajetória elíptica em torno de uma estrela que ocupa um dos focos da elipse, conforme indica a figura a seguir. Os pontos A e C estão situados sobre o eixo maior da elipse, e os pontos B e D, sobre o eixo menor.



Se  $t_{AB}$  e  $t_{CD}$  forem os intervalos de tempo para o planeta percorrer os respectivos arcos da elipse, e se  $\vec{F}_A$  e  $\vec{F}_B$  forem, respectivamente, as forças resultantes sobre o planeta nos pontos A e B, pode-se afirmar que

- A)  $t_{AB} < t_{CD}$  e que  $\vec{F}_A$  e  $\vec{F}_B$  apontam para o centro da estrela.
- B)  $t_{AB} < t_{CD}$  e que  $\vec{F}_A$  e  $\vec{F}_B$  apontam para o centro da elipse.
- C)  $t_{AB} = t_{CD}$  e que  $\vec{F}_A$  e  $\vec{F}_B$  apontam para o centro da estrela.
- D)  $t_{AB} = t_{CD}$  e que  $\vec{F}_A$  e  $\vec{F}_B$  apontam para o centro da elipse.
- E)  $t_{AB} > t_{CD}$  e que  $\vec{F}_A$  e  $\vec{F}_B$  apontam para o centro da estrela.

530. Atualmente, um grande número de satélites artificiais gira ao redor da Terra. Alguns são usados para pesquisa científica ou



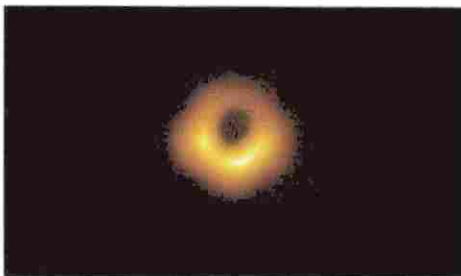




observações dos astros, outros são meteorológicos ou são utilizados nas comunicações, dentre outras finalidades. Esses satélites que giram ao redor da Terra apresentam velocidades orbitais que dependem da(s) seguinte(s) grandeza(s):

- A) Massa do Sol e raio da órbita.
- B) Massa do satélite e massa da Terra.
- C) Massa da Terra e raio da órbita.
- D) Massa do satélite e raio da órbita.
- E) Apenas o raio da órbita.

**531. UFRGS.** A figura abaixo mostra a imagem de um buraco negro na galáxia elíptica Messier 87, obtida através do uso de um conjunto de telescópios espalhados ao redor da Terra.



No centro da nossa galáxia, também há um buraco negro, chamado Sagittarius A\*.

Usando o Sistema Internacional de unidades, a relação entre o raio da órbita,  $R$ , e o período de revolução  $T$  de um corpo que orbita em torno de um astro de massa  $M$  é dada pela 3ª Lei de Kepler  $R^3 = (G/4\pi^2) MT^2$ , em que  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$  é a constante de gravitação universal.

Quando  $T$  e  $R$  são expressos, respectivamente, em anos e em unidades astronômicas (UA), a 3ª Lei de Kepler pode ser escrita como  $R^3/T^2 = M$ , em que a massa  $M$  é expressa em unidades de massa do Sol,  $M_{\text{sol}}$ .

Tendo sido observada uma estrela em órbita circular com  $R \cong 800 \text{ UA}$  e  $T \cong 16 \text{ anos}$ , conclui-se que a massa do buraco negro na nossa galáxia é, aproximadamente,

- A)  $2,0 \times 10^6 M_{\text{sol}}$ .
- B)  $6,4 \times 10^4 M_{\text{sol}}$ .
- C)  $2,0 \times 10^4 M_{\text{sol}}$ .
- D)  $6,4 \times 10^3 M_{\text{sol}}$ .
- E)  $2,0 \times 10^2 M_{\text{sol}}$ .



**532.** Um satélite descreve uma órbita circular em torno da Terra. Abandona-se um objeto no interior do satélite e observa-se que ele fica "flutuando". Este fato é devido



- A) ao satélite estar fora do campo gravitacional da Terra.
- B) à ausência da atmosfera.
- C) à força de atração gravitacional exercida pela Lua ter maior intensidade que a exercida pela Terra.
- D) à força gravitacional ser a resultante centrípeta cuja função é manter o objeto em movimento circular.
- E) a uma redução da massa do objeto.

**533.** Sobre um satélite mantido em órbita a uma distância  $R$  do centro da Terra (que possui massa  $M$ ), é correto afirmar que



- A) a força com que a Terra atrai o satélite é ligeiramente menor do que a força com que o satélite atrai a Terra.
- B) o satélite é colocado em uma órbita em que a força gravitacional é zero.
- C) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é menor ou igual a  $GM/R$ .
- D) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é igual a  $GM/R$ .
- E) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é maior ou igual a  $GM/R$ .

**534. PUCRS.** As telecomunicações atuais dependem progressivamente do uso de satélites geoestacionários. A respeito desses satélites, é correto dizer que



- A) seus planos orbitais podem ser quaisquer.
- B) todos se encontram à mesma altura em relação ao nível do mar.
- C) a altura em relação ao nível do mar depende da massa do satélite.
- D) os que servem os países do hemisfério norte estão verticalmente acima do Polo Norte.
- E) se mantêm no espaço devido à energia solar.

**535. UFRGS. Instrução:** A questão refere-se ao enunciado abaixo.



Em 16 de julho de 1969, o foguete Saturno V, com aproximadamente 3.000 toneladas de massa, foi lançado carregando a cápsula tripulada Apollo 11, que pousaria na Lua quatro dias depois.

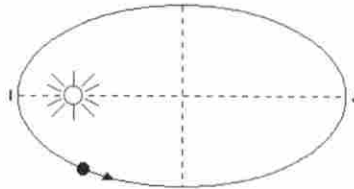




Na preparação para executarem tarefas na Lua, onde o módulo da aceleração da gravidade é cerca de  $1/6$  do módulo da aceleração da gravidade na superfície da Terra, astronautas em trajes espaciais praticam totalmente submersos em uma piscina, em um centro de treinamento. Como um astronauta com um traje espacial tem peso de módulo  $P$  na Terra, qual deve ser o módulo da força de empuxo para que seu peso aparente na água seja igual ao peso na Lua?

- A)  $P/6$
- B)  $P/3$
- C)  $P/2$
- D)  $2P/3$
- E)  $5P/6$

**536.** A figura a seguir representa a órbita elíptica de um cometa em torno do sol. Com relação aos módulos das velocidades desse cometa nos pontos I e J,  $v_I$  e  $v_J$ , e aos módulos das acelerações nesses mesmos pontos,  $a_I$  e  $a_J$ , pode-se afirmar que:



- A)  $v_I < v_J$  e  $a_I < a_J$
- B)  $v_I < v_J$  e  $a_I > a_J$
- C)  $v_I = v_J$  e  $a_I = a_J$
- D)  $v_I > v_J$  e  $a_I < a_J$
- E)  $v_I > v_J$  e  $a_I > a_J$

**537.** Analise as proposições abaixo sobre as principais características dos modelos de sistemas astronômicos.

**I.** Sistema dos gregos: a Terra, os planetas, o Sol e as estrelas estavam incrustados em esferas que giravam em torno da Lua.

**II.** Ptolomeu supunha que a Terra encontrava-se no centro do Universo; e os planetas moviam-se em círculos, cujos centros giravam em torno da Terra.

**III.** Copérnico defendia a ideia de que o Sol estava em repouso no centro do sistema e que os planetas (inclusive a Terra) giravam em torno dele em orbitas circulares.

**IV.** Kepler defendia a ideia de que os planetas giravam em torno do Sol, descrevendo trajetórias elípticas, e o Sol estava situado em um dos focos dessas elipses.

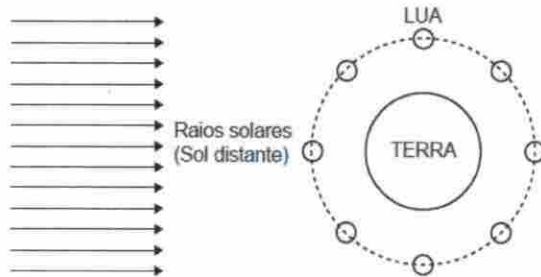
Assinale a alternativa correta.

- A) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
- B) Somente a afirmativa II e verdadeira.
- C) Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- D) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- E) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.





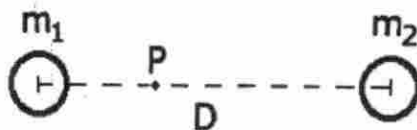
**538. ENEM.** A figura mostra, de forma esquemática, uma representação comum em diversos livros e textos sobre eclipses. Apenas analisando essa figura, um estudante pode concluir que os eclipses podem ocorrer duas vezes a cada volta completa da Lua em torno da Terra. Apesar de a figura levar a essa percepção, algumas informações adicionais são necessárias para se concluir que nem o eclipse solar, nem o lunar ocorrem com tal periodicidade.



A periodicidade dos eclipses ser diferente da possível percepção do estudante ocorre em razão de

- A) eclipses noturnos serem imperceptíveis da Terra.
- B) planos das órbitas da Terra e da Lua serem diferentes.
- C) distância entre a Terra e a lua variar ao longo da órbita.
- D) eclipses serem visíveis apenas em parte da superfície da Terra.
- E) o Sol ser uma fonte de luz extensa comparado ao tamanho da lua.

**539. UFRGS.** A figura abaixo representa dois planetas, de massas  $m_1$  e  $m_2$ , cujos centros estão separados por uma distância  $D$ , muito maior que os raios dos planetas.



Sabendo que é nula a força gravitacional sobre uma terceira massa colocada no ponto P, a uma distância  $D/3$  de  $m_1$ , a razão  $m_1/m_2$  entre as massas dos planetas é

- A)  $1/4$ .
- B)  $1/3$ .
- C)  $1/2$ .
- D)  $2/3$ .
- E)  $3/2$ .

**540. UFRGS.** Em 23 de julho de 2015, a NASA, agência espacial americana, divulgou informações sobre a existência de um exoplaneta (planeta que orbita uma estrela que não seja o Sol) com características semelhantes às da Terra. O planeta foi denominado Kepler 452-b. Sua massa foi estimada em cerca de 5 vezes a massa da Terra e seu raio em torno de 1,6 vezes o raio da Terra.





Considerando  $g$  o módulo do campo gravitacional na superfície da Terra, o módulo do campo gravitacional na superfície do planeta Kepler 452-b deve ser aproximadamente igual a

- A)  $g/2$ .
- B)  $g$ .
- C)  $2g$ .
- D)  $3g$ .
- E)  $5g$ .



# Aula 13

## Hidrostática

### PARTE 1

	Estudar a Parte 1 – P.390 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 1 se necessário
	Fazer as questões 551, 561, 563 e 564

### PARTE 2

	Estudar a Parte 2 – P.391 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 2 se necessário
	Fazer a Leitura 1 – P.403
	Fazer as questões 559, 562 e 565

### PARTE 3

	Estudar a Parte 3 – P.393 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 3 se necessário
	Fazer as questões 544, 547, 550, 552, 560, 568, 569, 571 e 590

### PARTE 4

	Estudar a Parte 4 – P.396 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 4 se necessário
	Fazer as questões 546, 566 e 567

### PARTE 5

	Estudar a Parte 5 – P.398 (teoria, anotações e modelagens)
	Rever videoaula Parte 5 se necessário
	Fazer a Leitura 2 – P.405
	Analisar Desafios – P.401
	Fazer as questões 541, 542, 543, 545, 548, 549, 553, 554, 555, 558, 570, 572, 573, 574, 575, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588 e 589

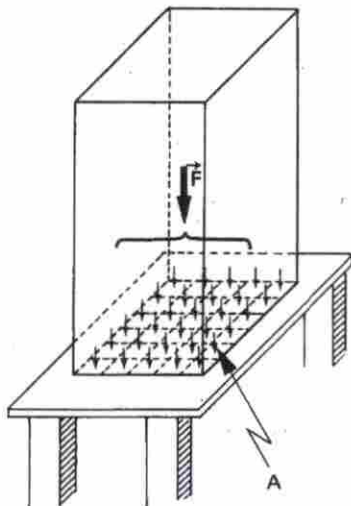


▪ Parte 1

Pressão

## Pressão ( P )

É a força aplicada **perpendicularmente**, por unidade de área sobre uma superfície.



$$P = \frac{F}{S}$$

perpendicular à superfície, ou seja, valor da reação normal.

UNIDADES : [S.I.]  $N/m^2 = \text{Pascal (Pa)}$

- [práticas] atmosfera (atm)  
centímetro de mercúrio (cmHg)  
milímetro de mercúrio (mmHg)  
bária (b) ( 1 b = 0,1  $N/m^2$  )  
bar ( 1 bar =  $10^6$  b =  $10^5 N/m^2$  )

$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg} \cong 1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

EXEMPLOS :



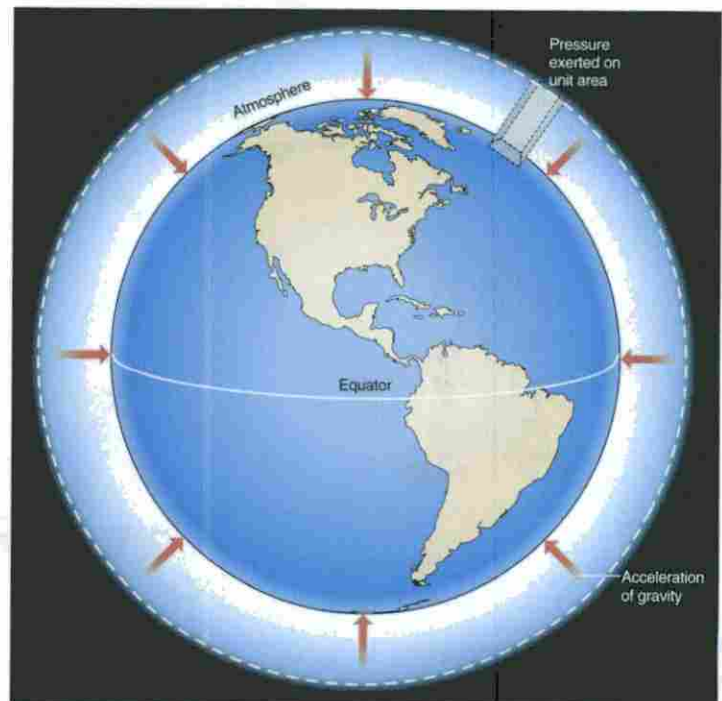


## Parte 2

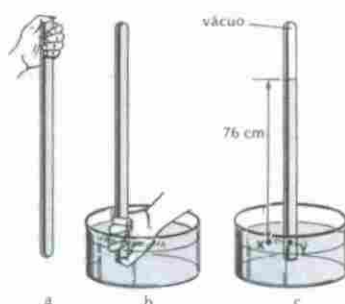
## Pressão Atmosférica

### Pressão atmosférica

A pressão atmosférica  $P_A$  é a pressão exercida pela camada gasosa que envolve a Terra sobre a sua superfície, devido ao fato do ar, como qualquer outra substância próxima a Terra, ser atraído por ela, atingindo uma altura de dezenas de quilômetros. A pressão atmosférica depende da altitude do local, reduzindo a medida que aumenta a altitude. Para medirmos a pressão utilizamos o manômetro, sendo aquele usado para medir a pressão atmosférica chamado de barômetro.



**Pressão atmosférica ao nível do mar:  $1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 1 \text{ bar} \cong 1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$**



Experiência de Torricelli.

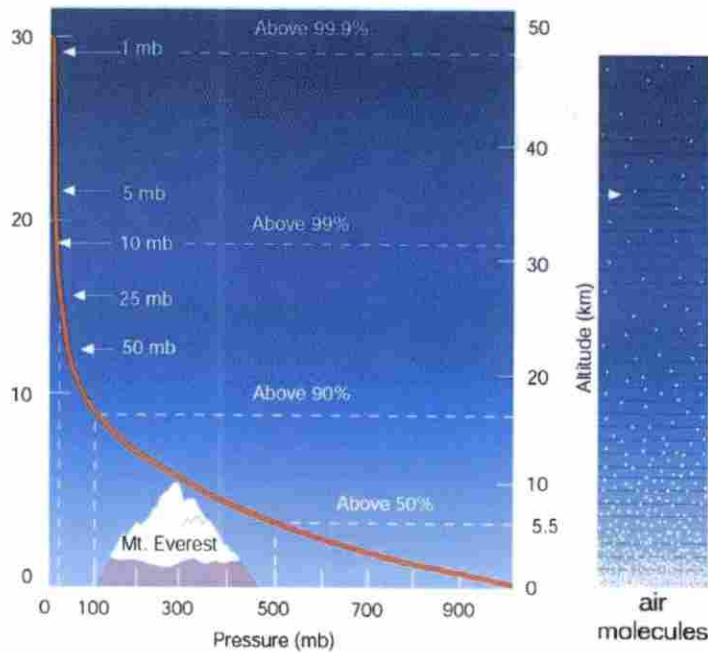


A pressão atmosférica atua na superfície do líquido, fazendo-o subir no canudinho.





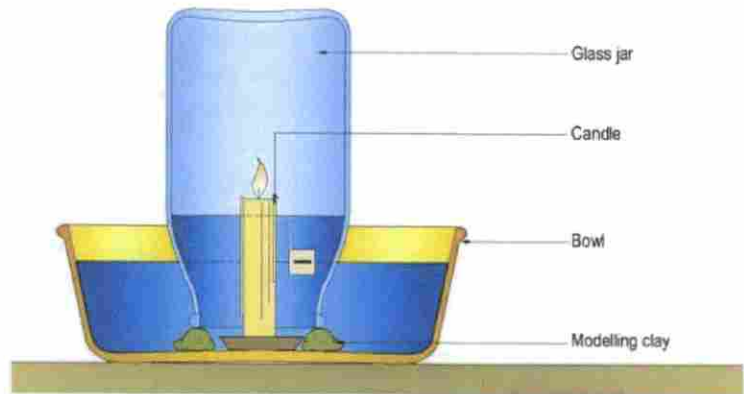
Varição da pressão atmosférica com a altitude:



Pressão atmosférica sustentando água no interior do copo.



A vela acesa consome e reduz a pressão atmosférica dentro do recipiente, criando uma diferença de pressão entre o interior e exterior.



Pressão no interior do avião em voo

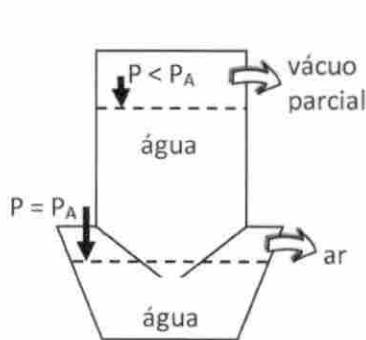
### Garrafa de pressão

Por que é difícil respirar a bordo.





O bebedouro de garrafão opera por **diferença de pressão**. Sobre a superfície da água no entorno do gargalo atua a pressão atmosférica. Na superfície da água dentro do garrafão, atua uma pressão menor do que a atmosférica, uma vez que o ar no interior do mesmo é rarefeito. É por essa diferença de pressão que a coluna de água fica estável no interior do garrafão. É importante ressaltar que se o garrafão for furado, o ar entra no mesmo desfazendo essa diferença e a coluna de água desce até nivela com a água do entorno.

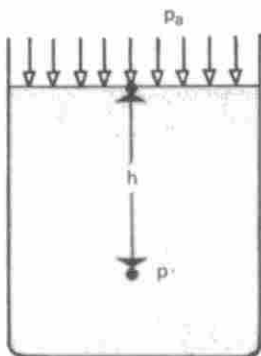


## ▪ Parte 3

## Teorema de Stevin

### Teorema de Stevin - Pressão no interior de um fluido em equilíbrio

Se a superfície de um líquido, cuja **densidade é  $d$** , está submetida a uma **pressão atmosférica  $P_A$** , a **pressão  $P$** , no interior do líquido, a uma **profundidade  $h$** , em um lugar onde a **aceleração gravitacional vale  $g$** , é dada por:



**Pressão hidrostática** (exercida exclusivamente pelo líquido) em um ponto no interior do fluido:

$$P_{\text{HIDROSTÁTICA}} = d \cdot g \cdot h$$

**Pressão** (ou **pressão total**) em um ponto no interior do fluido.

$$P = P_A + P_{\text{HIDROSTÁTICA}}$$

$$P = P_A + d \cdot g \cdot h$$

$$(N/m^2) = (N/m^2) + (kg/m^3) \cdot (m/s^2) \cdot (m)$$

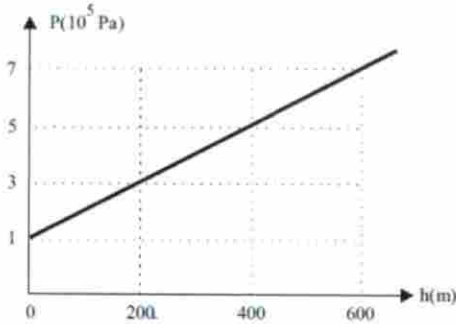
Normalmente os fluidos utilizados em questões são **água** e **mercúrio (Hg)**, nesses casos temos facilidades:

ÁGUA	MERCURIO (Hg)
<p><math>h = 10 \text{ m} \Rightarrow d \cdot g \cdot h = 1 \text{ atm}</math></p>	<p><math>P_A = 76 \text{ cmHg}</math></p> <p>10 cm Hg</p>



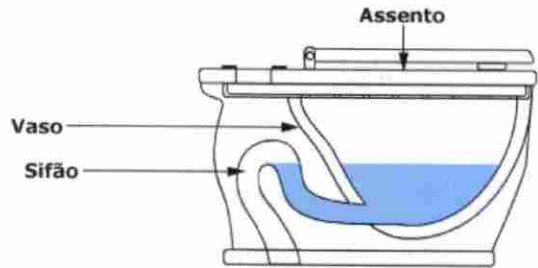
### Gráfico P x h

A relação  $P = P_A + dgh$  é linear, resultando o gráfico P x h em uma reta que não passa pela origem. A declividade do gráfico é dada por dg.

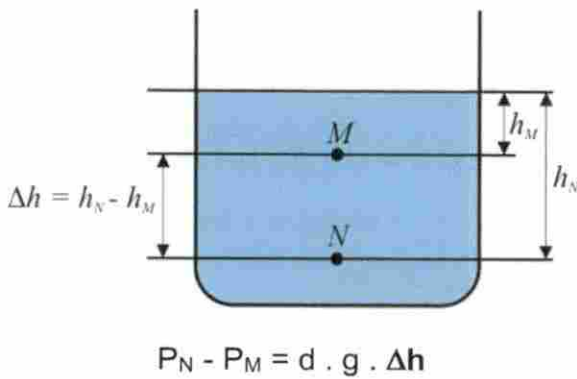


### Sifão

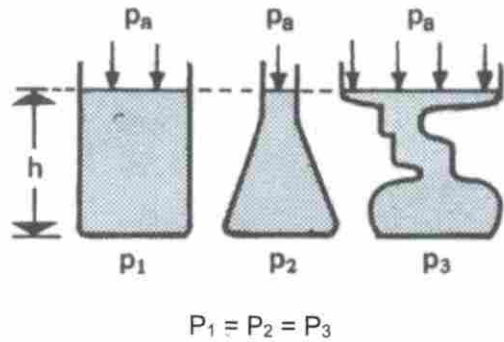
É um dispositivo que recebe as águas servidas conduzindo-as ao **esgoto sanitário** e ao mesmo tempo impede o retorno de gases, isso devido a bolsa de água acumulada no sifão. Os sifões são peças fundamentais para impedir a passagem do mau cheiro que são emitidos pelos esgotos. Geralmente são instalados nas pias de cozinha, nos lavatórios dos banheiros ou nos tanques de lavar roupas.



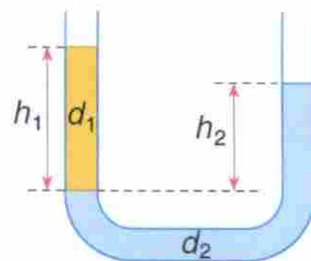
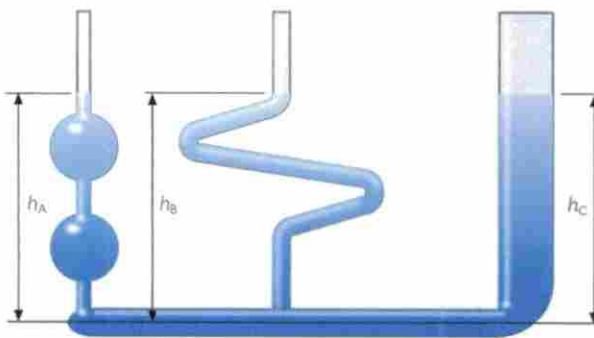
### Diferença de pressão entre dois pontos



### Recipientes de diferentes formas



**Vasos comunicantes:** As pressões em pontos de um mesmo nível de um líquido em equilíbrio e no interior de recipientes interligados em sua base é a mesma.



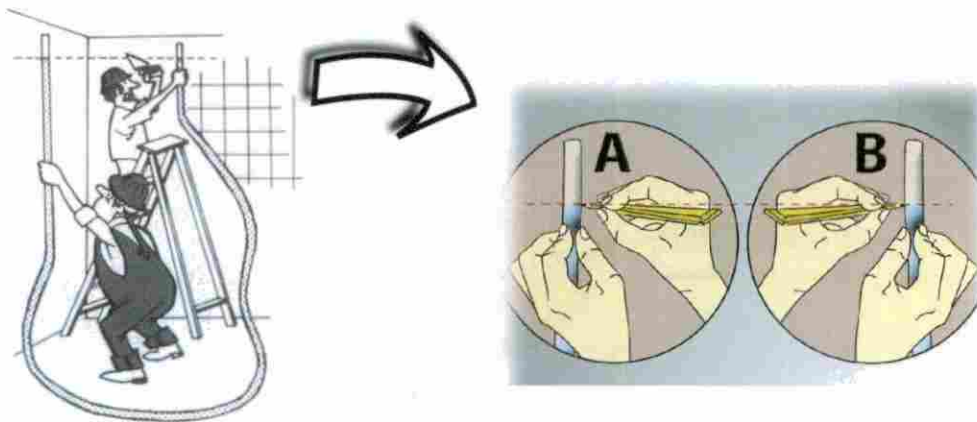
$$P_1 = P_2$$

$$P_{atm} + d_1 \cdot g \cdot h_1 = P_{atm} + d_2 \cdot g \cdot h_2$$

$$d_1 \cdot h_1 = d_2 \cdot h_2$$

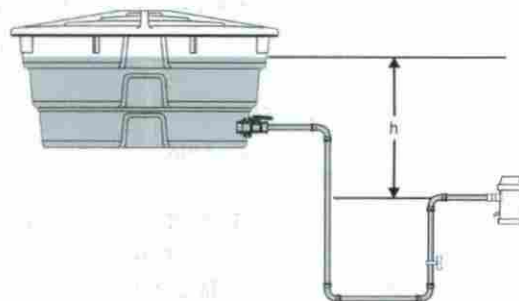
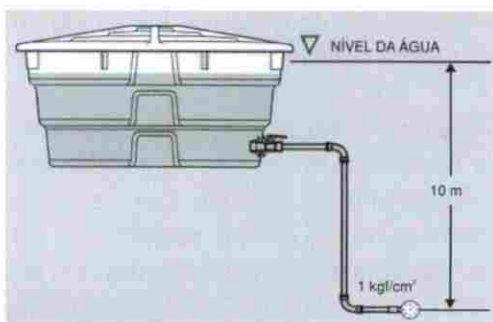


"Nível" - Pedreiros utilizam mangueiras transparente com água no seu interior e dessa forma nivelam dois diferentes pontos.



m.c.a. - metros de coluna d'água (unidade técnica de pressão)

**1 m.c.a = 0,1 atm**



## 5 - PREPARAÇÃO PARA INSTALAÇÃO HIDRÁULICA

- A altura do ponto de saída da água (onde será instalada a Ducha) até o piso do boxe ou da banheira deve ser de 2 metros, aproximadamente (Fig. 03).

- Verifique se a saída de água de 1/2" (polegada) BSP está nivelada com o azulejo. Caso esteja mais de 3 mm (milímetros) para dentro, utilize um prolongador de ferro galvanizado, latão ou plástico. Esse prolongador não acompanha o produto.

- Antes de instalar o produto, abra o registro e deixe correr bastante água, a fim de remover eventuais sujeiras existentes na tubulação, após isso feche o registro. O produto permite a instalação direta na saída de água de 1/2" (polegadas). Para instalação da Ducha, a saída de água deve estar no máximo 8 mm fora do azulejo.

- A coluna de água até o ponto de instalação do produto deve ser de no mínimo 0,3 m.c.a. e no máximo de 2,5 m.c.a. (metro de coluna de água) (fig..03).

Produto	Pressão mínima	Pressão máxima
Bella Ducha Turbo 4T	0,7 m.c.a.	2,5 m.c.a.

(m.c.a. = metro de coluna de água)

CAIXA DE ÁGUA

m.c.a.

Saída de água

Piso

2 metros

10 kPa = 1 m.c.a. = 1 metro linear

03



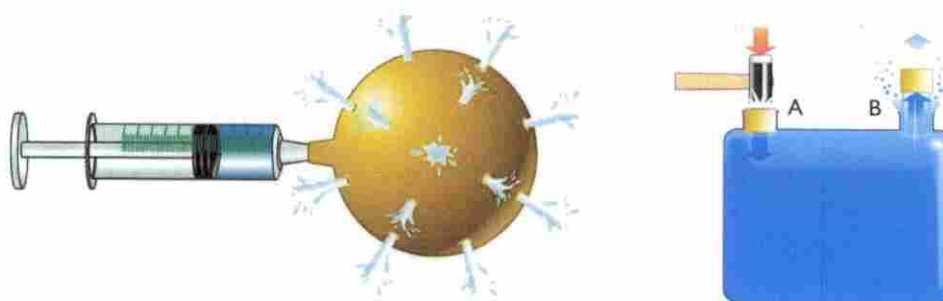
▪ Parte 4

Teorema de Pascal

## Teorema de Pascal

O **Princípio de Pascal** foi enunciado pelo famoso físico e matemático Blaise Pascal, o qual, por meio de experimentos com líquidos, constatou que o aumento de pressão em um ponto do líquido é igual ao aumento provocado em outro ponto. Pascal enunciou esse fato da seguinte forma: **“o acréscimo de pressão, em um ponto de líquido em equilíbrio, transmite-se integralmente a todos os pontos deste líquido”**. Esse é um princípio muito importante, pois explica o funcionamento das máquinas hidráulicas.

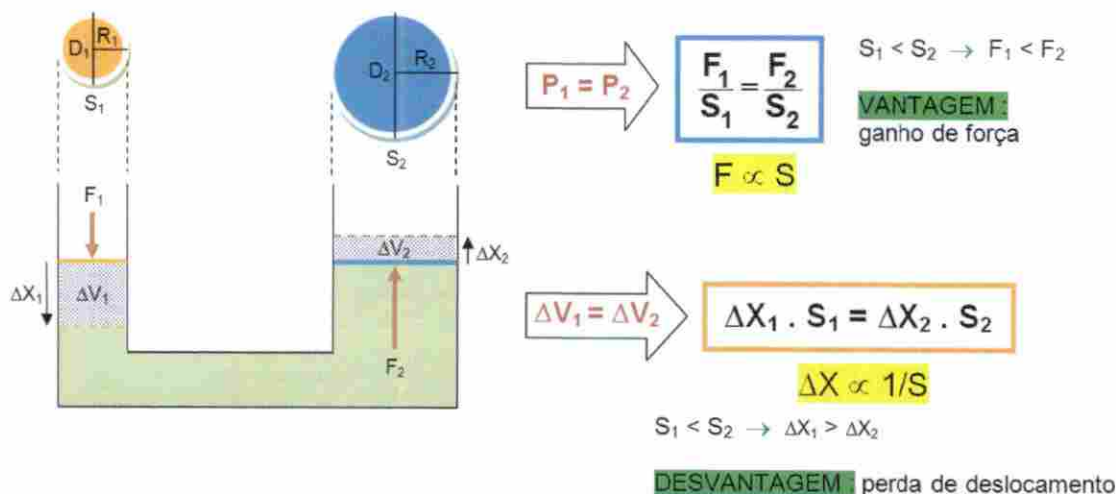
“A variação de pressão aplicada em um ponto qualquer de um fluido transmite-se integralmente a todos os pontos deste fluido e das paredes do recipiente que o contém”.



### APLICAÇÃO : Máquina hidráulica



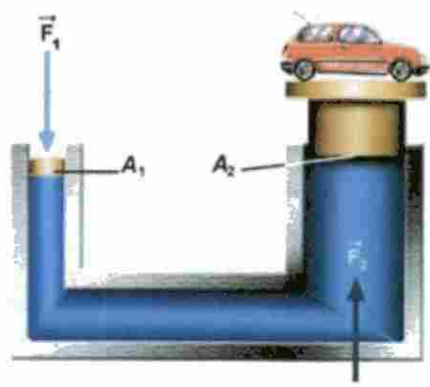



As máquinas hidráulicas são instrumentos capazes de multiplicar forças que estão presentes em nosso cotidiano. Elas estão nos shopping centers, nos veículos automotivos e nos postos de gasolina, por exemplo. Apesar das diferentes aplicações, todas as máquinas hidráulicas têm em comum a possibilidade de serem explicadas a partir do princípio de Pascal.

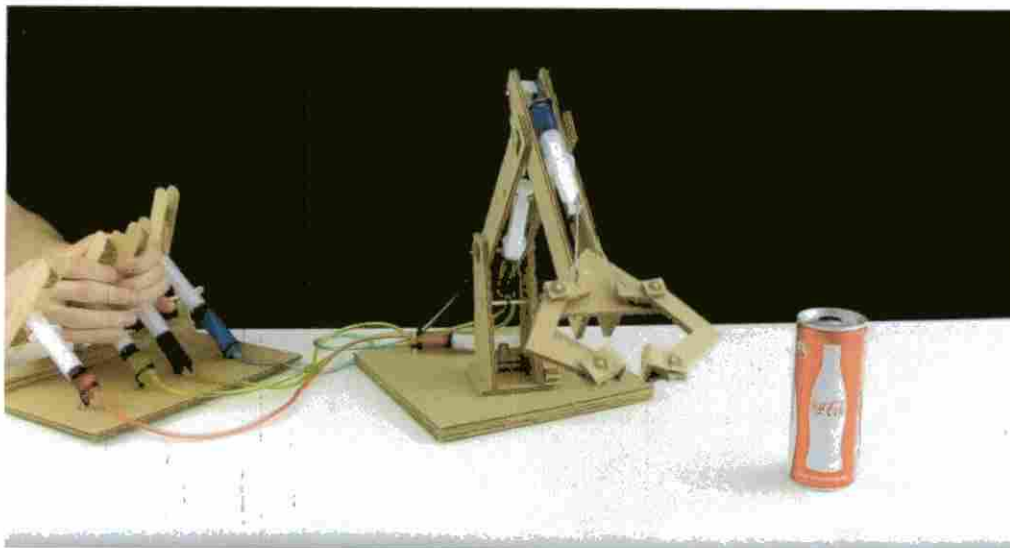
Os elevadores hidráulicos encontrados nos postos de combustíveis funcionam da seguinte forma: formados por dois recipientes contendo óleo, de área de seção reta diferente, de formato cilíndrico e comunicantes entre si. Aplica-se uma força de intensidade  $F$  sobre o pistão de menor área provocaremos um acréscimo de pressão no líquido, de forma que esse acréscimo vai se distribuir por todos os pontos do fluido até chegar ao pistão de maior área. Ao alcançar este, surgirá uma força de baixo para cima fazendo com que o objeto que está do outro lado seja suspenso. Esse princípio de funcionamento se aplica aos freios hidráulicos dos automóveis e a presa hidráulica, por exemplo.





## EXEMPLOS

<p>Freio hidráulico</p>  <p><small>Esquema de um freio hidráulico</small></p> 	<p>Elevador hidráulico</p>  	<p>Macaco hidráulico</p>  
--	--	--



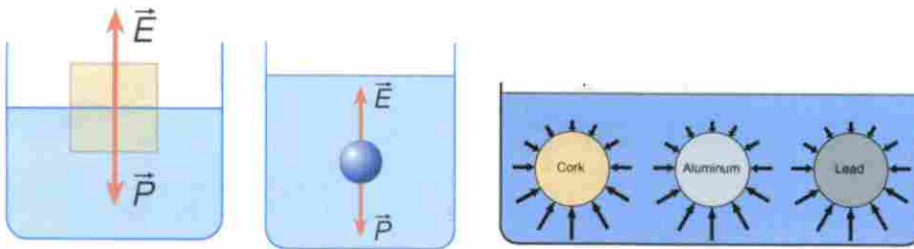


▪ **Parte 5**

**Princípio de Arquimedes**

## Princípio de Arquimedes

Um fluido em equilíbrio age sobre um corpo nele imerso (*parcial* ou *totalmente*) com uma força vertical, orientada de baixo para cima, denominada EMPUXO, aplicada no centro de gravidade do volume de fluido deslocado, cuja intensidade é igual ao peso do volume de fluido deslocado.



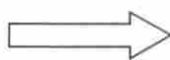
**Por que aparece o empuxo ?** Consideremos um corpo mergulhado em um líquido qualquer. Como já sabemos, o líquido exercerá forças de pressão em toda a superfície do corpo em contato com este líquido. Como a pressão aumenta com a profundidade, as forças exercidas pelo líquido, na parte inferior do corpo, são maiores do que as forças exercidas na parte superior, e se distribuem da maneira indicada. A resultante destas forças, portanto, deverá ser dirigida para cima. É esta resultante que representa o empuxo que atua no corpo, tendendo impedir que ele afunde no líquido. Observe, então, que, a causa do empuxo é o fato de a pressão aumentar com a profundidade. Se as pressões nas partes superior e inferior do corpo fossem iguais, a resultante das forças de pressão seria nula e não existiria empuxo sobre o corpo.



Arquimedes (287a.C. - 212 a.C) — Nasceu em Siracusa, Sicília. É considerado o precursor do método experimental nas ciências exatas. Dedicou-se com igual empenho à descoberta de verdades físicas e à procura de utilidade prática para as suas descobertas. Neste sentido, estudou o equilíbrio dos sólidos, o funcionamento da alavanca e o movimento dos corpos celestes; inventou a balança hidrostática, a rosca-sem-fim, que utilizava para a elevação de água, e outras máquinas.

- Peso do corpo ( $\vec{P}$ ) - Força de atração gravitacional exercida pelo planeta sobre o corpo.

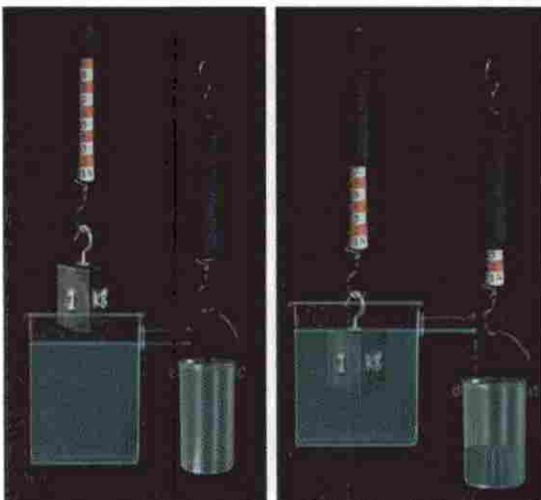
$$P_C = m_C \cdot g$$



$$P_C = d_C \cdot V_C \cdot g$$

$$N = \text{kg/m}^3 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{m/s}^2$$

- Empuxo ( $\vec{E}$ ) - O módulo da força de empuxo é igual ao módulo do peso do volume de líquido deslocado.

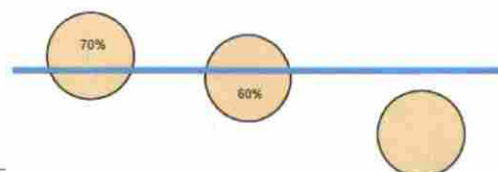


$$E = P_L = m_L \cdot g$$

$$E = d_L \cdot V_L \cdot g$$

$$N = \text{kg/m}^3 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{m/s}^2$$

Volume de líquido deslocado → Fração IMERSA do volume do corpo.





## SITUAÇÕES QUE PODE OCORRER COM UM CORPO EM UM FLUIDO

$$d_c > d_L \xrightarrow{V_L = V_C} P > E$$



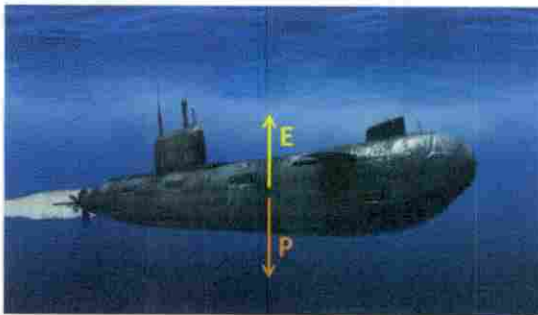
a

$$E = d_L \cdot V_L \cdot g$$

$$P_c = d_c \cdot V_c \cdot g$$

Corpo **afunda** ( $\downarrow \vec{F}_R$ ) até atingir o fundo do recipiente, onde passa a receber a ação da força normal e entra em equilíbrio.

$$d_c = d_L \xrightarrow{V_L = V_C} P = E$$

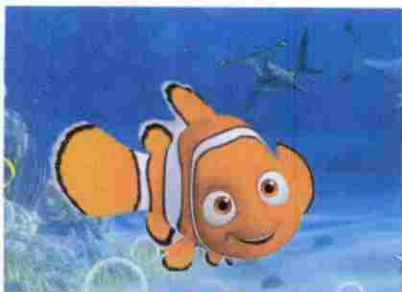


$$E = d_L \cdot V_L \cdot g$$

$$P_c = d_c \cdot V_c \cdot g$$

Corpo em **equilíbrio** ( $\vec{F}_R = 0$ ) no interior do fluido.

Atenção! O corpo não "bóia"



$$d_c < d_L \xrightarrow{V_L = V_C} P < E$$



$$1^\circ) E = d_L \cdot V_L \cdot g$$

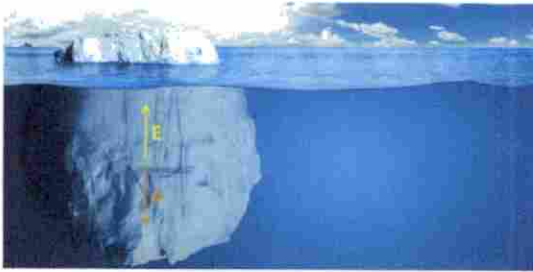
$$P_c = d_c \cdot V_c \cdot g$$

Corpo emerge ( $\uparrow \vec{F}_R$ ) até atingir a superfície do líquido, onde começa a aflorar e reduzir o empuxo em função da redução do volume de líquido deslocado pelo corpo.





$$d_c < d_L \xrightarrow{V_L < V_C} P = E$$



$$2^\circ) E = d_L \cdot V_L \cdot g$$

$$P_C = d_c \cdot V_c \cdot g$$

Corpo flutua em equilíbrio.



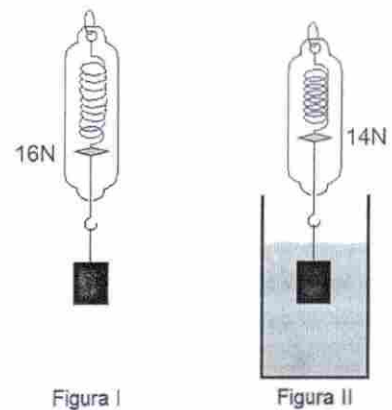
## MODELAGEM

**UFRGS 2018**

A figura I representa um corpo metálico maciço, suspenso no ar por um dinamômetro, que registra o valor de 16N. A figura II representa o mesmo corpo totalmente submerso na água, e o dinamômetro registra 14N.

Desprezando o empuxo do ar e considerando a densidade da água  $\rho_a = 1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  e a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , o volume e a densidade do corpo são, respectivamente,

- A)  $2,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  e  $10,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
- B)  $2,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  e  $8,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
- C)  $2,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  e  $7,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
- D)  $1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  e  $8,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
- E)  $1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  e  $7,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$



$$F_R = 0$$

$$E + T = P$$

$$E + 14 = 16$$

$$E = 2 \text{ N}$$

$$E = d_L \cdot V_L \cdot g$$

$$2 = 10^3 \cdot V_L \cdot 10$$

$$V_L = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$d = m / V$$

$$d = 1,6 / 2 \times 10^{-4}$$

$$d = 8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

**Resposta: B**

## MODELAGEM

**PUCRS 18/1**

Uma criança está brincando, de manhã, na piscina do condomínio em que reside durante as férias de verão e observa que uma bola flutua na água da piscina. À tarde, a criança vai à praia e coloca o mesmo brinquedo na água do mar. Sabe-se que a densidade da água da piscina é menor do que a da água do mar.

Considerando que o brinquedo boiava em equilíbrio mecânico na água da piscina, ao ser colocado na água do mar, após atingir o equilíbrio mecânico, o brinquedo \_\_\_\_\_, e o empuxo que atua sobre ele será \_\_\_\_\_ exercido quando estava em equilíbrio na água da piscina.

- A) afundará – igual ao
- B) afundará – menor do que o
- C) boiará – maior do que o
- D) boiará – igual ao



Se o brinquedo boiava na água da piscina, sua densidade é menor do que a da água. Como a água do mar é mais densa que a da água da piscina, o brinquedo continua menos denso que a água e segue boiando em equilíbrio. Como o brinquedo é o mesmo, o empuxo que atua nos dois líquidos também é o mesmo.

**Atenção!** Alguns candidatos pensam apenas na densidade dos líquidos diferentes, esquecendo que o empuxo também depende do volume de líquido deslocado, nesse caso menor na água do mar.

**Resposta: D**

## MODELAGEM

**UFRGS.**

Uma pedra, cuja massa específica é de  $3,2 \text{ g/cm}^3$ , ao ser inteiramente submersa em determinado líquido, sofre uma perda aparente de peso, igual à metade do peso que ela apresenta fora do líquido. A massa específica desse líquido é, em  $\text{g/cm}^3$  ?

- A) 4,8
- B) 3,2
- C) 2,0
- D) 1,6
- E) 1,2

$$\begin{aligned} E &= P/2 \\ d_L \cdot V_L \cdot g &= d_C \cdot V_C \cdot g / 2 \\ d_L &= 3,2 / 2 \\ d_L &= 1,6 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

**Resposta: D**

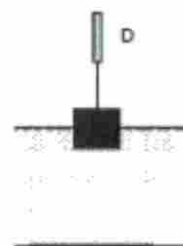
## DESAFIO

**ENEM**

Em um experimento realizado para determinar a densidade da água de um lago, foram utilizados alguns materiais conforme ilustrado: um dinamômetro D com graduação de 0 N a 50 N e um cubo maciço e homogêneo de 10 cm de aresta e 3 kg de massa. Inicialmente, foi conferida a calibração do dinamômetro, constatando-se a leitura de 30 N quando o cubo era preso ao dinamômetro e suspenso no ar. Ao mergulhar o cubo na água do lago, até que metade do seu volume ficasse submersa, foi registrada a leitura de 24 N no dinamômetro.

Considerando que a aceleração da gravidade local é de  $10 \text{ m/s}^2$ , a densidade da água do lago, em  $\text{g/cm}^3$ , é

- A) 0,6.
- B) 1,2.
- C) 1,5.
- D) 2,4.
- E) 4,8.







## LEITURA 1

### Aviões e pressão do ar

Sabe quando você está na estrada subindo/descendo a serra ou decolando/pousando em um avião e sente o ouvido “tampar”? Algumas vezes, pode vir junto com dor além do desconforto, e crianças pequenas sentem muito mais, causando choro. Isso acontece devido à diferença da pressão do ar entre a parte interna e a parte externa do nosso ouvido, que estica a membrana do tímpano e causa o desconforto. Quando “destampa”, às vezes até escutamos um estalo e voltamos a ouvir melhor.

Quando a pressão externa varia de forma muito rápida (ao viajar de carro ou de avião), nosso corpo demora alguns minutos para se adaptar à nova situação. Uma forma de acelerar essa equalização de pressão interna e externa é bocejar, mascar chiclete ou chupar bala (esse é um dos motivos pelos quais algumas companhias aéreas dão balinhas aos passageiros logo antes de decolar). Existe também a Manobra de Valsalva, a qual envolve apertar o nariz para tapar as narinas e soltar o ar como se fosse soltá-lo pelo nariz.

Se a pressão do ar já é perceptivelmente menor em lugares que estão a 2 ou 3 mil metros de altitude, imagine no nível de voo de um avião, que pode ser entre 10 e 12 mil metros (entre 33 e 40 mil pés)! A essas altitudes, a pressão do ar fora do avião pode ser um quarto da pressão atmosférica ao nível do mar. Isso vai gerar vários problemas ao corpo humano, podendo levar a morte em poucos minutos.

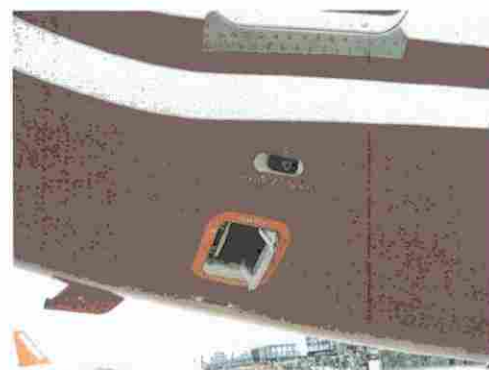
### Pressurização nos aviões

Nas primeiras décadas da aviação (e até hoje em aviões de pequeno porte e helicópteros), as aeronaves voavam a altitudes que não era preciso se preocupar com o ar rarefeito. Com o desenvolvimento de aviões mais rápidos, foi necessário aumentar o nível de voo para diminuir o arrasto (colisão com moléculas de ar) e turbulências. Daí surgiu a necessidade de não apenas usar uma máscara de oxigênio, mas deixar toda a cabine do avião com uma pressão maior que a externa. O primeiro avião comercial a oferecer uma cabine pressurizada foi o Boeing 307 Stratoliner em 1938.

*Sabe por quê as janelas dos aviões são redondas? Em 1954, houve um acidente com o avião de Havilland Comet (primeiro avião comercial a jato) prefixo G-ALYY no voo 201 da South African Airways. A análise dos destroços constatou danos extensos de fadiga em cantos vivos das janelas retangulares do avião e em outros pontos como instalações de antenas e furos de rebites. Para evitar esses pontos de tensão é que atualmente as janelas são construídas em formato redondo. Já aconteceram acidentes aéreos devido a depressurização (algumas explosivas), mas são muito raros (apesar de serem muito frequentes nos filmes).*

A pressurização da cabine envolve o bombeamento ativo de ar para dentro da cabine de uma aeronave, com o objetivo de manter uma pressão dentro da cabine adequada ao corpo humano durante o voo em altitudes elevadas. Mas se está sempre jogando ar pra dentro, ele não explode? A ideia de funcionamento é parecido com aqueles brinquedos de parque que deve-se manter uma bomba jogando ar para dentro da lona, mas também possui aberturas dimensionadas para deixar sair um fluxo constante de ar a ponto de manter a estrutura do brinquedo no formato desejado.

Também pode-se comparar o avião a uma panela de pressão, só que o aumento da pressão interna se dá pelo aumento da quantidade de ar em um volume fixo, e não pelo aumento de temperatura do gás no interior da panela. Em uma panela de pressão, existe aquela válvula vermelha grande no alto da tampa que serve para aliviar o excesso de pressão, mantendo seu valor no nível adequado para o seu funcionamento. Caso falhe, existe outra saída de ar para emergência: aquele pino vermelho menor, não muito longe da válvula, que é ejetado no caso da pressão aumentar além do que devia.



*No avião, existem as válvulas out flow, que mantém o ar saindo do avião na intensidade necessária para manter a pressão do ar constante e acima do valor ao redor do avião. Caso falhem, existem as safety relief valves.*



### Qual é pressão do ar dentro de um avião?

De modo geral, a pressão do ar no interior dos aviões comerciais é igual àquela da atmosfera a uma altitude de aproximadamente 2400 metros (por volta de 8 mil pés) – ou seja, não é igual à pressão atmosférica do ponto de saída, do ponto de chegada ou do nível do mar. Esse valor permite conforto dos passageiros e sem uma pressurização excessivamente desnecessária, que só traria esforço adicional desnecessário à estrutura do avião.

Quando o avião decola, a pressão interna começa a ser ajustada paulatinamente para esse valor – reduzida, caso a cidade esteja abaixo de 2400 metros de altitude. Quando o avião atinge o nível de voo de cruzeiro, a pressão interna estará reduzida e permanecerá fixa até o início da descida. Quando um avião desce, ocorre o inverso: a pressão interna vai aumentando até atingir a pressão externa local antes de abrir as portas.

Normalmente, a pressão interna em um avião varia a uma taxa correspondente àquela que encontraríamos se variássemos nossa altitude de 150 m a cada minuto – menor do que em uma viagem de carro para Santos partindo de São Paulo ou em um elevador, que varia 60 metros por minuto.

*Atualização: os aviões mais modernos da Boeing já conseguiram aumentar essa pressão para uma altitude correspondente a 1.800 metros. Essa evolução foi possível graças ao uso de materiais compostos na fabricação dos aviões, que suportam melhor a diferença entre as pressões interna e externa dos aviões.*

### Experiência – medindo a pressão do ar em um avião com uma garrafa plástica

Uma garrafa de plástico vazia foi aberta quando o avião já havia atingido sua altitude máxima e a pressão interna já estava fixada. Em seguida, ela foi fechada. O destino final era uma cidade litorânea, a uma altitude de alguns poucos metros e com uma pressão atmosférica local praticamente igual à uma atmosfera. Assim, a garrafa murchou porque a pressão atmosférica externa era maior do que a pressão no interior da garrafa, que ainda tinha o mesmo valor da pressão interna do avião no nível de cruzeiro.

Quando estiver em solo, mergulhe a boca da garrafa de ponta cabeça em um volume de água suficientemente grande para encher quase metade dela – “vai descendo a boquinha da garrafa...”. Abra a tampa até que comece entrar água na garrafa (somente água, não deixe entrar o ar), que irá preencher a diferença do volume de ar e deixar a garrafa com formato original. Feche a tampa e retire da água, virando-a de cabeça para cima. Veja nas figuras a seguir o processo antes e depois.



Garrafa com pressão interna igual à do avião, mas estando em um ambiente com pressão atmosférica a nível do mar (esquerda);  
Garrafa cuja diferença da pressão interna com a externa foi preenchida de água.





## LEITURA 2

## Experiência de Arquimedes

Conta-se, como uma forma de ilustrar a genialidade de Arquimedes, que Hieron, rei de Siracusa no século III a.C., havia encomendado uma coroa de ouro puro para um certo ourives. Entregou-lhe, então, a quantidade exata de ouro. Após um certo período, o rei recebeu uma coroa com a mesma massa de ouro que havia fornecido ao ourives. Mas ele desconfiou que, na confecção, o ourives havia roubado uma parte do ouro, substituindo-o por uma massa equivalente a prata. O rei, então, pediu a Arquimedes que descobrisse se havia ou não uma parte de prata em sua coroa, sem danificá-la.

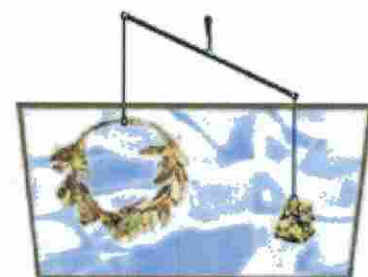
De imediato, Arquimedes não teve como solucionar o problema. Um dia, em um de seus banhos nas termas, ele percebeu que quanto mais afundava seu corpo em uma banheira, mais água transbordava. Ao afundar totalmente seu corpo, uma quantidade exata de água derramava para fora da banheira. Fascinado com a descoberta, aparentemente banal, Arquimedes saiu da banheira gritando "Eureka! Eureka!" (Descobri! Descobri!), na rua de Siracusa! Concluiu que o volume de água derramada correspondia ao volume de seu próprio corpo. Diga-se, de passagem, uma bela conclusão!

Para resolver o problema apresentado pelo rei Hieron, Arquimedes procedeu da seguinte maneira: Tomou duas porções - uma de prata pura e outra de ouro puro - com massas idênticas à da coroa fabricada pelo ourives. Em seguida, mergulhou-as, uma de cada vez, em recipientes completamente cheios de água. O volume transbordado em cada caso correspondia ao volume de uma coroa só de prata e ao volume de uma coroa só de ouro. Assim, Arquimedes havia chegado ao conceito de massa específica, ao dividir a massa de cada porção pelo seu respectivo volume. Obteve os valores aproximados:  $d(\text{prata}) = 10 \text{ g/cm}^3$  e  $d(\text{ouro}) = 20 \text{ g/cm}^3$ .

Por fim, mergulhou a coroa do ourives e verificou que o volume de água transbordada tinha valor intermediário entre o da coroa feita de ouro puro e ao da coroa feita de prata pura.



A coroa e o ouro tinham o mesmo peso



A coroa deslocou mais água que o ouro (sofrendo mais empuxo)

Concluiu que a coroa do rei Hieron era feita de uma mistura de prata e ouro. Não se sabe o que aconteceu com o ourives.





## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**541. UFRGS.** Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.



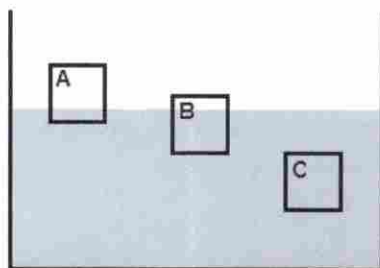
Dois objetos, R e S, cujos volumes são iguais, são feitos do mesmo material. R tem a forma cúbica e S a forma esférica. Se R é maciço e S é oco, seus respectivos pesos  $P_R$  e  $P_S$  são tais que ..... Quando mantidos totalmente submersos em água, a força de empuxo  $E_R$  exercida sobre R é ..... força de empuxo  $E_S$  exercida sobre S.

- A)  $P_R > P_S$  - maior do que a
- B)  $P_R > P_S$  - igual à
- C)  $P_R > P_S$  - menor do que a
- D)  $P_R = P_S$  - maior do que a
- E)  $P_R = P_S$  - igual à

**542. UFRGS.** Na figura abaixo, estão representados três blocos (A, B e C) de mesmas dimensões, que estão em equilíbrio mecânico na água. Os blocos A e B têm, respectivamente,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{1}{4}$  de seus volumes acima da superfície, enquanto o bloco C está totalmente submerso. Considerando que o bloco C tem peso P, os pesos de A e B são, respectivamente,



- A)  $P/4$ ,  $P/4$ .
- B)  $P/4$ ,  $3P/4$ .
- C)  $P/4$ ,  $4P/3$ .
- D)  $3P/4$ ,  $3P/4$ .
- E) P, P.





**543. UFRGS.** Uma esfera maciça de aço está suspensa em um dinamômetro, por meio de um fio de massa desprezível, e todo este aparato está imerso no ar. A esfera, ainda suspensa ao dinamômetro, é então mergulhada completamente num líquido de densidade desconhecida. Nesta situação, a leitura do dinamômetro sofre uma diminuição de 30% em relação à situação inicial. Considerando a densidade do aço igual a  $8 \text{ g/cm}^3$ , a densidade do líquido, em  $\text{g/cm}^3$ , é aproximadamente



- A) 1,0.
- B) 1,1.
- C) 2,4.
- D) 3,0.
- E) 5,6.

**544. UPF.** Em uma barragem como a da figura, a parede de concreto precisa ter uma espessura maior na base do que no topo.



Isso se justifica principalmente em virtude de que

- A) na superfície livre da água, atua a pressão atmosférica.
- B) existe uma diferença de temperatura na água.
- C) o calor específico da água é maior na base.
- D) a viscosidade da água aumenta com a profundidade.
- E) nos líquidos, a pressão aumenta com a profundidade.

**545. UFRGS.** Considere as afirmações abaixo, referentes a um líquido incompressível em repouso.



I - Se a superfície do líquido, cuja densidade é  $\rho$ , está submetida a uma pressão  $p_a$ , a pressão  $p$  no interior desse líquido, a uma profundidade  $h$ , é tal que  $p = p_a + \rho gh$ , onde  $g$  é a aceleração da gravidade local.

II - A pressão aplicada em um ponto do líquido, confinado a um recipiente, transmite-se integralmente a todos os pontos do líquido.

III - O módulo do empuxo sobre um objeto mergulhado no líquido é igual ao módulo do peso do volume de líquido deslocado.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e III.
- E) I, II e III.



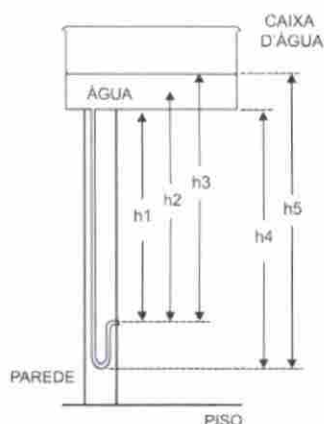


**546. ENEM.** Para oferecer acessibilidade aos portadores de dificuldades de locomoção, é utilizado, em ônibus e automóveis, o elevador hidráulico. Nesse dispositivo é usada uma bomba elétrica, para forçar um fluido a passar de uma tubulação estreita para outra mais larga, e dessa forma acionar um pistão que movimenta a plataforma. Considere um elevador hidráulico cuja área da cabeça do pistão seja cinco vezes maior do que a área da tubulação que sai da bomba. Desprezando o atrito e considerando uma aceleração gravitacional de  $10 \text{ m/s}^2$ , deseje-se elevar uma pessoa de  $65 \text{ kg}$  em uma cadeira de rodas de  $15 \text{ kg}$  sobre a plataforma de  $20 \text{ kg}$ . Qual deve ser a força exercida pelo motor da bomba sobre o fluido, para que o cadeirante seja elevado com velocidade constante?

- A) 20 N
- B) 100 N
- C) 200 N
- D) 1 000 N
- E) 5 000 N



**547. ENEM.** O manual que acompanha uma ducha higiênica informa que a pressão mínima da água para o seu funcionamento apropriado é de  $20 \text{ kPa}$ . A figura mostra a instalação hidráulica com a caixa d'água e o cano ao qual deve ser conectada a ducha.



O valor da pressão da água na ducha está associado à altura

- A)  $h_1$ .
- B)  $h_2$ .
- C)  $h_3$ .
- D)  $h_4$ .
- E)  $h_5$ .

**548. UPF.** Analise as seguintes afirmativas sobre fluidos:

- I. Um fluido em estado gasoso não exerce força de empuxo sobre um corpo nele mergulhado.
- II. O empuxo sofrido por um corpo em água doce é o mesmo sofrido por esse corpo em água salgada.





III. A diferença de pressão entre dois pontos de uma mesma vertical, dentro de um líquido, depende da distância que separa esses pontos.

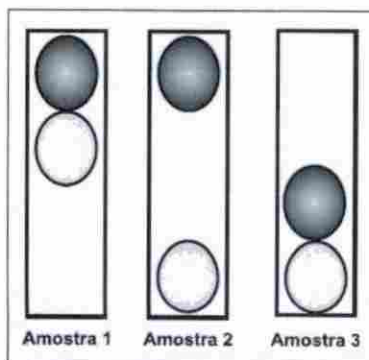
IV. Segundo o princípio de Arquimedes, o acréscimo de pressão exercida num ponto de um líquido se transmite a todos os pontos do líquido.

Está **correto** apenas o que se afirmar em:

- A) IV.
- B) II.
- C) III.
- D) II e III.
- E) II e IV.

**549. ENEM.** O controle de qualidade é uma exigência da sociedade moderna na qual os bens de consumo são produzidos em escala industrial. Nesse controle de qualidade são determinados parâmetros que permitem checar a qualidade de cada produto.

O álcool combustível é um produto de amplo consumo muito adulterado, pois recebe adição de outros materiais para aumentar a margem de lucro de quem o comercializa. De acordo com a Agência Nacional de Petróleo (ANP), o álcool combustível deve ter densidade entre  $0,805 \text{ g/cm}^3$  e  $0,811 \text{ g/cm}^3$ . Em algumas bombas de combustível a densidade do álcool pode ser verificada por meio de um densímetro similar ao desenhado abaixo, que consiste em duas bolas com valores de densidade diferentes e verifica quando o álcool está fora da faixa permitida. Na imagem, são apresentadas situações distintas para três amostras de álcool combustível.



A respeito das amostras ou do densímetro, pode-se afirmar que

- A) a densidade da bola escura deve ser igual a  $0,811 \text{ g/cm}^3$
- B) a amostra 1 possui densidade menor do que a permitida.
- C) a bola clara tem densidade igual à densidade da bola escura.
- D) a amostra que está dentro do padrão estabelecido é a de número 2.
- E) o sistema poderia ser feito com uma única bola de densidade entre  $0,805 \text{ g/cm}^3$  e  $0,811 \text{ g/cm}^3$ .



**550. PUCRS.** No oceano a pressão hidrostática aumenta aproximadamente uma atmosfera a cada 10 m de profundidade. Um submarino encontra-se a 200 m de profundidade, e a pressão do ar no seu interior é de uma atmosfera. Nesse contexto, pode-se concluir que a diferença da pressão entre o interior e o exterior do submarino é, aproximadamente, de



- A) 200 atm
- B) 100 atm
- C) 21 atm
- D) 20 atm
- E) 19 atm

**551. PUCRS.** Em um laboratório de Física, há uma cadeira com assento formado por pregos com as pontas para cima. Alguns receiam sentar-se nela, temendo machucar-se. Em relação à situação descrita, é correto concluir que, quanto maior é o número de pregos, \_\_\_\_\_ na pessoa que senta na cadeira.



- A) menor é a força total que o conjunto de pregos exerce
- B) maior é a força total que o conjunto de pregos exerce
- C) maior é a pressão exercida
- D) maior é a área e a pressão exercida
- E) maior é a área e menor a pressão exercida

**552. PUCRS.** Aquecedores de passagem são acionados pela passagem da água no seu interior, ou seja, ligam quando a torneira é aberta. O manual de instalação de um aquecedor deste tipo informa que "*a pressão mínima necessária para o correto funcionamento do equipamento é equivalente a 10m de coluna de água*". Levando-se em conta que a massa específica da água é  $1000\text{kg/m}^3$  e a aceleração da gravidade no local é aproximadamente  $10\text{m/s}^2$ , a informação se refere à pressão hidrostática, em pascais, de



- A)  $1,0 \times 10^6$
- B)  $1,0 \times 10^5$
- C)  $1,0 \times 10^4$
- D)  $1,0 \times 10^3$
- E)  $1,0 \times 10^2$

**553. PUCRS.** Um copo contendo água e um pedaço de gelo encontra-se cheio até a borda. O gelo tem 30,0g de massa e flutua com 8% do seu volume fora da água. Sendo  $1,00\text{g/cm}^3$  a massa específica da água na fase líquida e  $0,920\text{g/cm}^3$  a do gelo (água na fase sólida), o volume de água que derramaria quando o gelo derretesse completamente seria, em  $\text{cm}^3$ ,



- A) 0,00
- B) 5,00
- C) 10,0
- D) 20,0
- E) 27,6



554. UPF. Durante uma experiência, um estudante de Física, no interior de uma piscina cheia de água, enche com um gás leve um balão feito com uma borracha de peso desprezível. Enquanto o estudante enche o balão, dois colegas seguram firmemente esse balão no fundo da piscina. Quando completamente cheio e vedado, o balão tem uma massa de gás de 500 g no seu interior e ocupa um volume de  $0,02 \text{ m}^3$ . Desconsiderando a força-peso que atua sobre o balão, é possível afirmar que quando os estudantes o soltam, o balão sobe com uma aceleração, em  $\text{m/s}^2$ , de (Considere a densidade da água da piscina de  $1100 \text{ kg/m}^3$  e a aceleração gravitacional de  $10 \text{ m/s}^2$ )



- A) 440
- B) 22
- C) 44
- D) 2200
- E) 4400

555. UPF. Um bloco maciço de ferro de densidade  $8,0 \text{ g/cm}^3$  com 80 kg encontra-se no fundo de uma piscina com água de densidade  $1,0 \text{ g/cm}^3$  e profundidade de 3,0 m. Amarrando-se a esse bloco um fio ideal e puxando esse fio de fora da água, leva-se o bloco à superfície com velocidade constante. Adotando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , qual será, em N, a intensidade da força aplicada a esse fio?



- A)  $8,0 \times 10^2$
- B)  $7,0 \times 10^2$
- C)  $6,0 \times 10^2$
- D)  $3,0 \times 10^2$
- E)  $1,0 \times 10^2$

556. ACAFE. Os exercícios feitos nas aulas de hidroginástica podem ajudar as pessoas com problemas como artrite, pois favorecem a melhor utilização das articulações afetadas, sem oferecer risco de agravamento dos sintomas. Pesquisas identificaram melhora nos casos de pessoas com artrite reumatoide, além de reduzir dores de osteoartrite.



Assim, analise as proposições a seguir, marque com **V** as **verdadeiras** e com **F** as **falsas** e assinale a alternativa com a sequência **correta**.

( ) Na piscina da hidroginástica aparece uma força de empuxo da água sobre a pessoa para cima diminuindo o efeito do peso.



- ( ) O valor da força peso será igual ao empuxo quando a pessoa estiver boiando em equilíbrio na piscina de hidroginástica.  
 ( ) O empuxo recebido pela pessoa tem o mesmo valor do peso da massa de água da piscina que a pessoa desloca.  
 ( ) O valor da força peso só será igual ao empuxo quando a pessoa estiver totalmente submersa na piscina de hidroginástica.

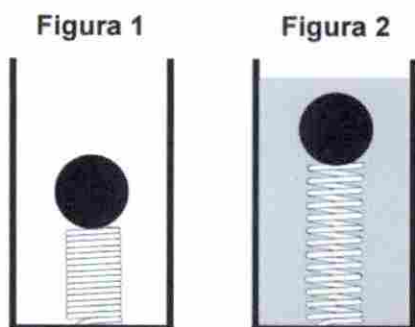
- A) V - F - V - F  
 B) V - V - V - F  
 C) F - V - F - F  
 D) V - F - F - V

**557. UPF.** Numa experiência de laboratório, ao suspender-se numa mola um cilindro de 300g, ocorre nesta uma distensão de 8cm. A seguir, o cilindro é totalmente mergulhado em um frasco com água e observa-se que a distensão da mola diminui para 4cm. Considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e a densidade da água igual a  $1 \text{ g.cm}^{-3}$ , pode-se afirmar que o volume do cilindro é, em  $\text{cm}^3$ , de:



- A) 300  
 B) 150  
 C) 30  
 D) 15  
 E) 1,5

**INSTRUÇÃO:** Para responder à questão **558**, considere as situações a seguir. Uma das extremidades de uma mola encontra-se fixa no fundo de um recipiente, enquanto a outra extremidade está presa em uma esfera de massa  $m$ . O sistema está em equilíbrio mecânico, e a mola, para essa situação, encontra-se comprimida, conforme a figura 1. Quando água é colocada no recipiente e se reestabelece o equilíbrio mecânico, a mola fica esticada, como mostra a figura 2.



Desconsiderando o efeito do ar, analise as afirmativas sobre as forças peso, empuxo e elástica que atuam na esfera nas figuras 1 e 2, e preencha os parênteses com V (verdadeiro) ou F (falso).

- ( ) A força peso é vertical para baixo nas figuras 1 e 2.  
 ( ) As forças elástica e peso têm sentidos opostos entre si tanto na figura 1 quanto na 2.



- ( ) A força elástica é vertical para cima na figura 1; na figura 2, é vertical para baixo.  
 ( ) Na figura 2, as forças elástica e empuxo têm o mesmo sentido.  
 ( ) Na figura 2, as forças peso e empuxo têm a mesma intensidade.

**558. PUCRS.** O correto preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

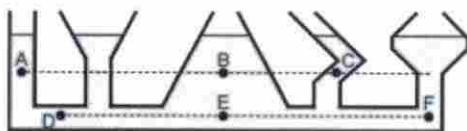
- A) V – F – V – F – F  
 B) V – V – F – F – F  
 C) V – F – F – F – V  
 D) F – V – F – V – V  
 E) F – V – V – V – F

**559. ENEM.** Dois amigos se encontram em um posto de gasolina para calibrar os pneus de suas bicicletas. Uma das bicicletas é de corrida (bicicleta **A**) e a outra, de passeio (bicicleta **B**). Os pneus de ambas as bicicletas têm as mesmas características, exceto que a largura dos pneus de **A** é menor que a largura dos pneus de **B**. Ao calibrarem os pneus das bicicletas **A** e **B**, respectivamente com pressões de calibração  $p_A$  e  $p_B$ , os amigos observam que o pneu da bicicleta **A** deforma, sob mesmos esforços, muito menos que o pneu da bicicleta **B**. Pode-se considerar que as massas de ar comprimido no pneu da bicicleta **A**,  $m_A$ , e no pneu da bicicleta **B**,  $m_B$ , são diretamente proporcionais aos seus volumes. Comparando as pressões e massas de ar comprimido nos pneus das bicicletas, temos:



- A)  $p_A < p_B$  e  $m_A < m_B$   
 B)  $p_A > p_B$  e  $m_A < m_B$   
 C)  $p_A > p_B$  e  $m_A = m_B$   
 D)  $p_A < p_B$  e  $m_A = m_B$   
 E)  $p_A > p_B$  e  $m_A > m_B$

**INSTRUÇÃO:** Para responder à questão **560**, analise a figura abaixo, que representa um recipiente com cinco ramos abertos à atmosfera, em um local onde a aceleração gravitacional é constante, e complete as lacunas do texto que segue. As linhas tracejadas, assim como o fundo do recipiente, são horizontais.



**560. PUCRS.** Considerando que o recipiente está em equilíbrio mecânico e contém um fluido de massa específica constante, afirma-se que a pressão exercida pelo fluido no \_\_\_\_\_ é \_\_\_\_\_ pressão exercida pelo fluido no \_\_\_\_\_.



- A) ponto A – menor que a – ponto D
- B) ponto A – menor que a – ponto C
- C) ponto B – igual à – ponto E
- D) ponto D – menor que a – ponto F
- E) ponto D – igual à – ponto C

**561. UFRGS.** Um corpo cilíndrico de seção transversal interna igual a  $20 \text{ cm}^2$  está cheio com um líquido de massa específica igual a  $1,5 \text{ g/cm}^3$  até a altura de 8 cm. Qual é, aproximadamente, a força peso do líquido contido no recipiente? (Considere a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$ )



- A) 1,2 N
- B) 1,6 N
- C) 2,4 N
- D) 16 N
- E) 240 N

**562. UFRGS.** A ideia da existência da pressão atmosférica surgiu no século XVII. Até então, o comportamento dos fluidos era explicado com base na teoria aristotélica, segundo a qual a natureza tem "horror ao vácuo". Por exemplo, de acordo com essa teoria, um líquido não escorre do recipiente, a menos que entre ar no lugar do líquido que sai. Se o ar não puder entrar e, por hipótese, o líquido sair, vai formar-se acuo no interior do recipiente; portanto, como a natureza tem "horror ao vácuo", o líquido não sai.



Toricelli duvidou dessa teoria e a refutou através de um célebre experimento com o qual demonstrou, entre outras coisas, que a natureza não tem "horror ao vácuo", como bem sabemos nos dias de hoje. Partindo da ideia de que existe uma pressão atmosférica, ele lançou uma nova teoria que implicava, entre outras, as seguintes afirmações.

- I – A camada de ar que envolve a Terra exerce peso sobre ela.
- II – Devido ao efeito da gravidade, a densidade do ar é maior ao nível do mar do que a grandes altitudes.
- III – A pressão atmosférica é maior ao nível do mar do que a grandes altitudes.

Quais dessas afirmações são hoje aceitas como corretas?

- A) apenas I.
- B) apenas II.
- C) apenas I e III.
- D) apenas II e III.
- E) apenas I, II e III.

**563. UFRGS.** Um estudante tem um bastão de alumínio de 25 cm de comprimento cuja massa é 300g e um bastão de cobre, de mesmo diâmetro e comprimento, cuja massa é 996 g. Desses bastões, ele corta uma peça de 100 g de alumínio e uma peça de cobre com exatamente o mesmo comprimento. Qual é a massa da peça de cobre ?





- A) 100 g
- B) 250 g
- C) 300 g
- D) 332 g
- E) 498 g

**564. UFRGS.** Considere a pressão atmosférica igual a  $10^5 \text{ N/m}^2$  nesta sala (e fora dela) e suponha que a sala se encontre hermeticamente fechada. Se repentinamente ocorresse uma redução de 5% na pressão interna da sala, atuaria de fora para dentro, sobre uma porta de  $2 \text{ m}^2$ , uma força equivalente, aproximadamente, ao peso de uma massa de



- A)  $10^5 \text{ kg}$
- B)  $10^4 \text{ kg}$
- C)  $10^3 \text{ kg}$
- D)  $10^2 \text{ kg}$
- E)  $10 \text{ kg}$

**565. UFRGS.** A atmosfera terrestre é uma imensa camada de ar, com dezenas de quilômetros de altura, que exerce uma pressão sobre os corpos nela mergulhados: a pressão atmosférica. O físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647), usando um tubo de vidro com cerca de 1 m de comprimento completamente cheio de mercúrio, demonstrou que a pressão atmosférica ao nível do mar equivale à pressão exercida por uma coluna de mercúrio de 76 cm de altura. O dispositivo utilizado por Torricelli era, portanto, um tipo de barômetro, isto é, um aparelho capaz de medir a pressão atmosférica.



A esse respeito, considere as seguintes afirmações.

I – Se a experiência de Torricelli for realizada no cume de uma montanha muito alta, a altura da coluna de mercúrio será maior que ao nível do mar.

II – Se a experiência de Torricelli for realizada ao nível do mar, porém com água, cuja densidade é cerca de 13,6 vezes menor que a do mercúrio, a altura da coluna de água será aproximadamente igual a 10,3 m.

III – Barômetros como o de Torricelli permitem, através da medida da pressão atmosférica, determinar a altitude de um lugar.

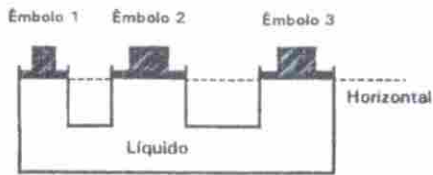
Quais estão corretas?

- A) apenas I.
- B) apenas II.
- C) apenas I e II.
- D) apenas II e III.
- E) I, II e III.

**566. UFRGS.** A figura mostra três tubos cilíndricos interligados entre si e contendo um líquido em equilíbrio fluidestático. Cada tubo possui um êmbolo, sendo a área da secção reta do tubo 1 a metade da área da secção reta do tubo 2 e da do tubo 3; os êmbolos se encontram todos no mesmo nível (conforme a figura abaixo). O líquido faz uma força de 200 N no êmbolo 1.



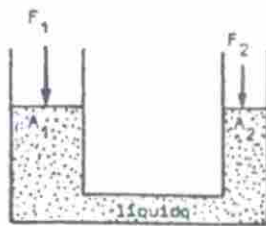




As forças que os êmbolos 2 e 3, respectivamente, fazem no líquido valem

- A) 200 N e 200 N.
- B) 400 N e 400 N.
- C) 100 N e 100 N .
- D) 800 N e 800 N.
- E) 800 N e 400 N.

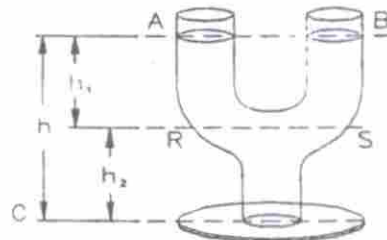
**567. UFRGS.** A máquina hidráulica representada na figura tem áreas circulares  $A_1$  e  $A_2$ , de diâmetros  $d_1$  e  $d_2$ , respectivamente.



Quantas vezes  $d_1$  deve ser maior do que  $d_2$  para que uma força  $F_2 = 10$  N em  $A_2$  possa equilibrar uma força  $F_1 = 1000$  N em  $A_1$  ?

- A) 3,3
- B) 10
- C)  $10\sqrt{\pi}$
- D) 100
- E) 1000

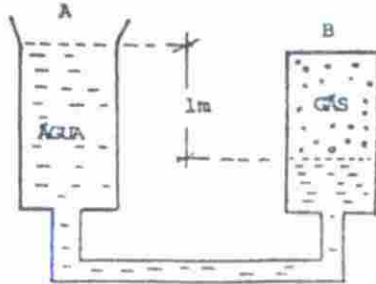
**568. UFRGS.** O recipiente representado na figura está em repouso e encontra-se cheio de água. Sendo  $g$  a aceleração da gravidade e  $\rho$  a massa específica da água, a pressão hidrostática no nível C, isto é, na base do recipiente, é igual a:



- A)  $\rho g (h_1 + h_2)$
- B)  $\rho g (2h_1 + h_2)$
- C)  $2\rho g (h_1 + h_2)$
- D)  $2\rho gh_1$
- E)  $2\rho gh_2$



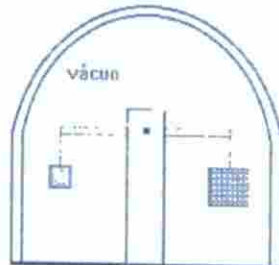
**569. PUCRS.** No reservatório A, que contém água, atua a pressão atmosférica normal de 76 cmHg e o desnível da água entre os dois reservatórios é de 1 m. ( $76 \text{ cmHg} = 10^5 \text{ N/m}^2$ )



A pressão que o gás aprisionado exerce contra as paredes do reservatório B é aproximadamente igual, em cmHg, a

- A) 50,0
- B) 72,4
- C) 83,6
- D) 126,5
- E) 148,5

**570. UFRGS.** Uma balança de braços iguais encontra-se no interior de uma campânula de vidro, de onde foi retirado o ar. Na extremidade esquerda está suspenso um pequeno cubo de metal, e na extremidade direita está suspenso um cubo maior, de madeira bem leve. No vácuo, a balança está em equilíbrio na posição horizontal, conforme representado na figura.



O que aconteceria com a balança se o ar retornasse para o interior da campânula?

- A) Ela permaneceria na posição horizontal.
- B) Ela oscilaria algumas vezes e voltaria à posição horizontal.
- C) Ela oscilaria indefinidamente em torno da posição horizontal.
- D) Ela acabaria inclinada para a direita.
- E) Ela acabaria inclinada para a esquerda.

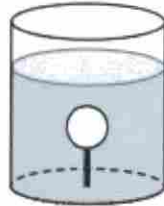
**571. UFRGS.** Qual seria a altura da atmosfera terrestre se o ar independentemente da altitude, tivesse sempre a mesma específica de  $1,25 \text{ g/dm}^3$ ? (Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e a pressão atmosférica igual a  $10^5 \text{ N/m}^2$ )



- A) 1250 km
- B) 800 km
- C) 8 km
- D) 1,25 km
- E) 0,8 km



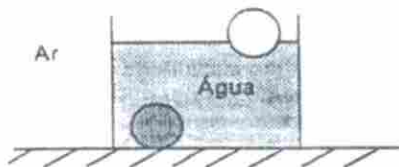
**INSTRUÇÃO:** Para responder à questão 572, analise a situação representada na figura abaixo, na qual uma esfera de isopor encontra-se totalmente submersa em um recipiente contendo água. Um fio ideal tem uma de suas extremidades presa à esfera, e a outra está fixada no fundo do recipiente. O sistema está em equilíbrio mecânico.



**572. PUCRS.** Considerando que as forças que atuam na esfera sejam o peso (**P**), o empuxo (**E**) e a tensão (**T**), a alternativa que melhor relaciona suas intensidades é

- A)  $E = P + T$
- B)  $E > P + T$
- C)  $P = E + T$
- D)  $P > E + T$
- E)  $P = E$  e  $T = 0$

**573. UFRGS.** Em um recipiente contendo água e cercado por ar, são colocadas duas esferas de mesmo volume, uma de isopor e outra de aço. Verifica-se que a esfera de aço vai até o fundo do recipiente, enquanto a de isopor flutua.

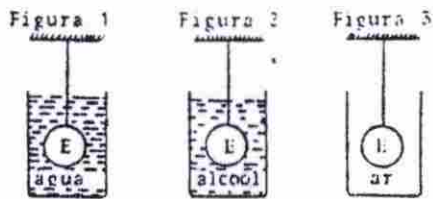


A densidade do ar é desprezível em relação à da água. Nestas condições, pode-se afirmar que o módulo do empuxo exercido pela água

- A) na esfera de isopor é igual ao peso desta esfera.
- B) na esfera de aço é igual ao peso desta esfera.
- C) na esfera de aço é igual ao módulo do empuxo exercido na esfera de isopor.
- D) na esfera de aço é menor que na esfera de isopor.
- E) na esfera de isopor é maior que o peso desta esfera.

**574. UFRGS.** Uma mesma esfera maciça E, pendurada por uma corda, é mergulhada e mantida na água, no álcool etílico ( massa específica igual a  $0,81 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ) e no ar, conforme mostram as figuras 1, 2 e 3, respectivamente.

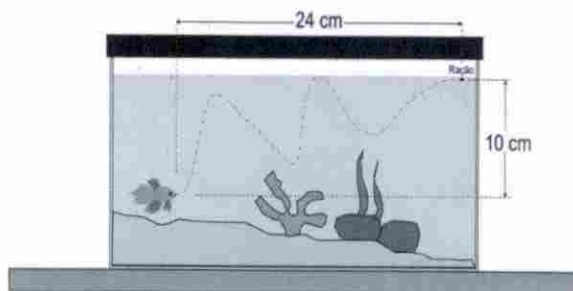




A respeito dessas afirmações, qual a afirmação correta?

- A) a tensão na corda da figura 1 é menor do que na da figura 2.
- B) o módulo da força peso que atua na esfera quando mergulhada no ar é maior do que o módulo do peso quando a esfera é mergulhada na água.
- C) o módulo do empuxo sobre a esfera é o mesmo nas três situações.
- D) a massa específica da esfera na figura 1 é maior do que na figura 3.
- E) o volume de água deslocado pela esfera (figura 1) é maior do que o volume de álcool deslocado por essa mesma esfera (figura 2).

**575. ACAFE.** Maria, após colocar ração para o peixe Beta do irmão, fica observando seu movimento no aquário e percebe que ele leva 5s para sair de sua posição e chegar onde está a ração. Tentando lembrar-se de seus estudos, cria um esquema do aquário no instante em que o peixe começou seu movimento (figura ao lado), desenhando sua trajetória (linha tracejada que liga o peixe a ração), e faz algumas afirmações. Nesse sentido, julgue as afirmações da garota, marcando com **V** as verdadeiras e com **F** as falsas.



- ( ) O espaço percorrido pelo peixe é numericamente igual ao módulo de seu deslocamento.
- ( ) O deslocamento do peixe tem módulo de 26cm.
- ( ) O peixe desenvolveu uma velocidade escalar média de 5,2cm/s.
- ( ) O peixe não realizou um MRU.
- ( ) A pressão hidrostática sobre o peixe, no início do seu movimento, é maior do que a pressão hidrostática sobre a ração.

A sequência **correta**, de cima para baixo, é:

- A) V - V - F - F - V
- B) F - F - V - V - V
- C) V - V - V - F - F
- D) F - V - F - V - V

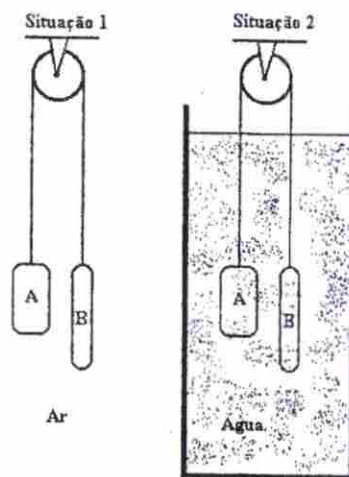


**576. UFRGS.** Um esfera de gelo, de massa igual a 300 g e massa específica igual a  $0,92 \text{ g/cm}^3$ , flutua à superfície da água – cuja massa específica é igual a  $1,00 \text{ g/cm}^3$  – num recipiente em repouso com relação ao solo. os valores aproximados do volume total do gelo e do seu volume imerso são dados, em  $\text{cm}^3$ , respectivamente, por



- A) 326 e 276.
- B) 300 e 300.
- C) 300 e 276.
- D) 326 e 300.
- E) 326 e 326.

**577. UFRGS.** As roldanas fixas da figura abaixo podem girar livremente, os fios são inextensíveis e suas massas, desprezíveis; mesmo assim, o sistema está em equilíbrio na situação 1. O corpo A é de ferro e o corpo B, de chumbo (lembre que a densidade do chumbo é maior que a do ferro). Na situação 2, os mesmos dois corpos encontram-se imersos em água.



Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do parágrafo abaixo.

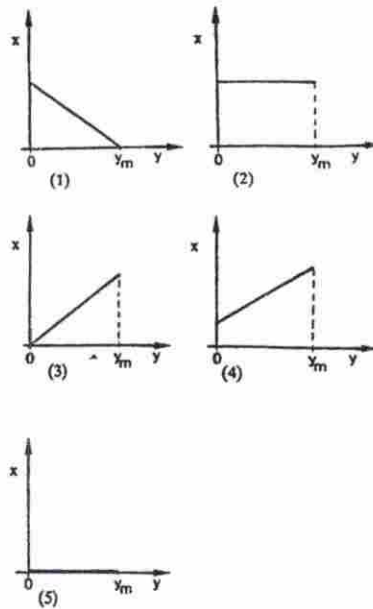
Na situação 1, a força tensora no fio é ..... na situação 2. Na situação 2, se o sistema estiver inicialmente em repouso, o corpo A ....., e o corpo B .....

- A) a mesma que – permanecerá em repouso - permanecerá em repouso
- B) maior do que - permanecerá em repouso - permanecerá em repouso
- C) a mesma que – subirá – descerá
- D) maior do que – subirá – descerá
- E) maior do que – descerá – subirá



**Instrução :** As questões de números **578** e **579** referem-se à seguinte situação:

Um cabo de vassoura cilíndrico de massa específica uniforme, é introduzido lentamente em um tubo vertical de diâmetro levemente maior, contendo água. O cabo afunda até que, finalmente, passa a flutuar, parcialmente submerso. Cada gráfico ilustra o comportamento de uma variável  $X$  em função de  $Y$ , sendo  $Y$  o comprimento da parte do cabo que está submersa e  $Y_m$  o maior valor de  $Y$ .



**578. UFRGS.** Em qual dos gráficos,  $X$  representa o módulo da força de empuxo da água sobre o cabo de vassoura

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5



**579. UFRGS.** Em qual dos gráficos  $X$  representa o módulo da força que deve ser exercida a fim de que a força resultante sobre o cabo de vassoura seja constantemente nula, desde que ele começa a ser introduzido na água, até ficar flutuando ?

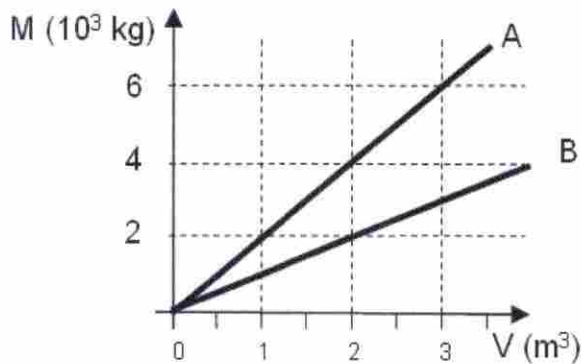
- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5



**580. UFRGS.** Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem.

O gráfico que segue mostra a variação da massa em função do volume para dois materiais diferentes, A e B.

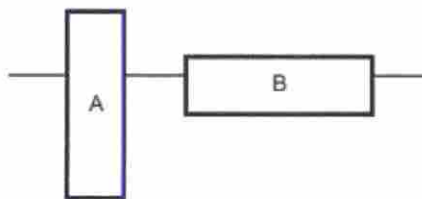




Dois blocos maciços, de mesmo volume, sendo um feito com o material A e outro feito com o material B, têm, respectivamente, pesos cujos módulos  $P_A$  e  $P_B$  são tais que ..... . Se mergulhados completamente em água, os blocos sofrem empuxos cujos módulos  $E_A$  e  $E_B$ , respectivamente, são tais que .....

- A)  $P_A = 2 P_B$  -  $E_A = 2 E_B$
- B)  $P_A = 2 P_B$  -  $E_A = E_B$
- C)  $P_A = P_B$  -  $E_A = 2 E_B$
- D)  $P_A = P_B/2$  -  $E_A = E_B$
- E)  $P_A = P_B/2$  -  $E_A = E_B/2$

**581. PUCRS.** Dois blocos maciços, homogêneos e idênticos, ou seja, de mesmo material e dimensões, flutuam em equilíbrio num líquido, como mostrado na figura a seguir.



Assim, é correto afirmar que

- A) o bloco A desloca maior volume de líquido, porque a pressão do líquido atua sobre uma área menor do bloco.
- B) o bloco B desloca maior volume de líquido, porque a pressão exercida pelo líquido sobre sua base é menor.
- C) o bloco A desloca maior volume de líquido, porque sua parte submersa está mais profunda no líquido.
- D) o bloco B desloca maior volume de líquido, porque sua parte submersa tem uma área maior.
- E) os dois blocos deslocam o mesmo volume de líquido, porque ambos têm o mesmo peso.



**582. UFRGS.** Aristóteles, querendo esclarecer se o ar tem ou não peso, realizou o seguinte experimento : encheu uma bexiga com ar e a pesou numa balança. Depois esvaziou-a e a pesou novamente. em ambos os casos ele detectou o mesmo peso, concluindo que o ar não tem peso. Qual das alternativas refere-se corretamente a essa conclusão?



- A) efetivamente o ar não tem peso
- B) o experimento teria revelado que o ar tem peso caso ele tivesse usado um dinamômetro
- C) ao esvaziar a bexiga ele reduziu a pressão, mas não a massa de ar dentro dela. logo, ele não poderia detectar diferença de peso
- D) ele deixou de considerar a força de empuxo do ar
- E) o resultado do experimento teria mostrado que o ar tem peso caso ele o tivesse repetido mais vezes.

**583. UFRGS.** Um cubo homogêneo de madeira, cuja massa é de 1600 g, flutua na água e no álcool. Sabe-se que a massa específica da água é  $1,00 \text{ g/cm}^3$  e que a massa específica do álcool é  $0,80 \text{ g/cm}^3$ , quais são os volumes das frações do cubo que imergem na água e no álcool, respectivamente?



- A)  $1600 \text{ cm}^3$  e  $1280 \text{ cm}^3$ .
- B)  $1280 \text{ cm}^3$  e  $1600 \text{ cm}^3$ .
- C)  $2000 \text{ cm}^3$  e  $1600 \text{ cm}^3$ .
- D)  $2000 \text{ cm}^3$  e  $2000 \text{ cm}^3$ .
- E)  $1600 \text{ cm}^3$  e  $2000 \text{ cm}^3$ .

**584. UFRGS.** Um copo de plástico contendo um lastro de areia é posto a flutuar em um recipiente com água que, do ponto de vista de um observador inercial O, se encontra em repouso. A seguir, o copo é pressionado levemente para baixo por uma força adicional F, que se mantém aplicada sobre ele. Sob a ação dessa força adicionei, o copo afunda mais um pouco, porém continua a flutuar em repouso na água.



A respeito da mudança para essa nova situação, são feitas, as seguintes afirmações.

- I – O volume de água deslocado pelo copo aumenta.
- II – A força de empuxo sobre o copo aumenta.
- III – A força de empuxo sobre o copo torna-se igual, em módulo, à força adicional F aplicada sobre ele.

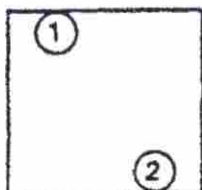
Quais estão corretas do ponto de vista do observador O?

- A) apenas I.
- B) apenas III.
- C) apenas I e II.
- D) apenas II e III.
- E) I, II e III.

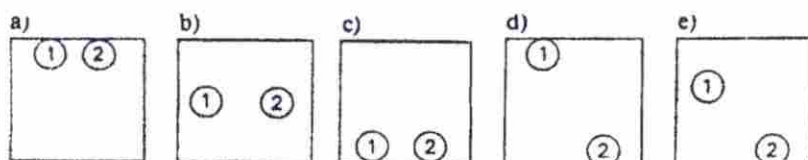




585 . Para mostrar que a densidade do álcool combustível está dentro das especificações, certa distribuidora coloca em suas bombas de abastecimento um indicador, que consiste em duas pequenas esferas, 1 e 2, mantidas no interior de uma câmara de vidro sempre repleta do álcool combustível. Quando a densidade está dentro das especificações, o indicador, no equilíbrio, se apresenta como na figura a seguir.



Qual das opções abaixo ilustra uma situação impossível de acontecer com o indicador no equilíbrio?



586. UCPEL. A Hidrostática é a parte da mecânica que estuda o comportamento dos fluidos em equilíbrio e está fundamentada em três teoremas: o Teorema de Stevin, o Teorema de Pascal e o Teorema de Arquimedes. Com base nesses teoremas, analise as afirmativas a seguir:



- I. A diferença de pressão entre dois pontos de um líquido homogêneo em equilíbrio sob a ação da gravidade é calculada pelo produto da massa específica do líquido pelo módulo da aceleração da gravidade local e pela distância entre esses dois pontos.
- II. Um incremento de pressão comunicado a um ponto qualquer de um líquido incompressível em equilíbrio transmite-se integralmente a todos os demais pontos do líquido, bem como às paredes do recipiente.
- III. O Empuxo não tem nenhuma relação com o peso do corpo imerso, cuja intensidade pode ser maior, menor ou igual a do empuxo.
- IV. O Empuxo sempre tem direção vertical, sentido de baixo para cima e intensidade igual ao peso do corpo total ou parcialmente imerso no líquido em equilíbrio sob a ação da gravidade.

Estão corretas as afirmativas:

- A) I e IV
- B) III e IV
- C) II e III
- D) II e IV
- E) I e II



**587. PUCRS.** Ao imergir completamente um corpo em um fluido, o corpo ficará sujeito a uma força que, na escala microscópica, tem origem eletromagnética e é conhecida como empuxo hidrostático. Essa interação entre o corpo e o fluido também pode ser descrita macroscopicamente como o resultado da pressão exercida pelo fluido sobre toda a superfície imersa do corpo. Considere, então, que três corpos maciços – uma esfera, um cone e um cilindro –, todos medindo o mesmo volume, estejam mergulhados completamente em um líquido num mesmo recipiente, sem tocar fundo. Nessa situação, é correto afirmar que todos os corpos apresentam, necessariamente,



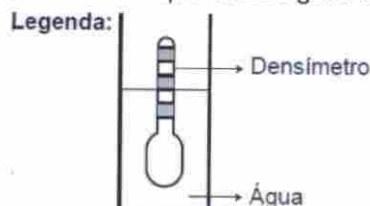
- A) a mesma densidade.
- B) a mesma massa.
- C) o mesmo material.
- D) o mesmo empuxo.

**588. ENEM.** Talvez você já tenha bebido suco usando dois canudinhos iguais. Entretanto, pode-se verificar que, se colocar um canudo imerso no suco e outro do lado de fora do líquido, fazendo a sucção simultaneamente em ambos, você terá dificuldade em bebê-lo. Essa dificuldade ocorre porque o (a)

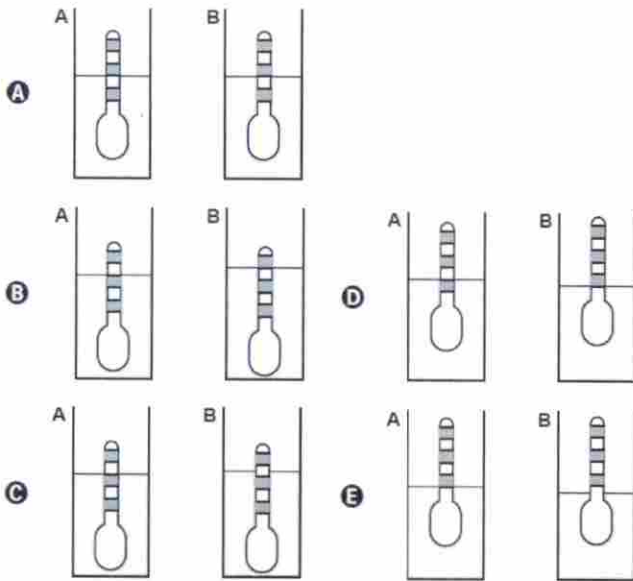


- A) Força necessária para a sucção do ar e do suco simultaneamente dobra de valor.
- B) Densidade do ar é menor que a do suco, portanto, o volume de ar aspirado é muito maior que o volume de suco.
- C) Velocidade com que o suco sobe deve ser constante nos dois canudos, o que é impossível com um dos canudos de fora.
- D) Peso da coluna de suco é consideravelmente maior que o peso da coluna de ar, o que dificulta a sucção do líquido.
- E) Pressão no interior da boca assume praticamente o mesmo valor daquela que atua sobre o suco.

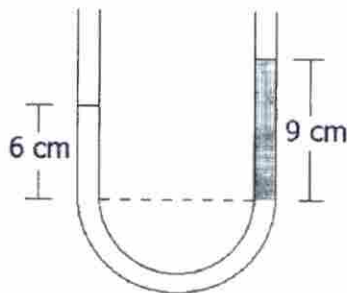
**589. ENEM.** Usando um densímetro cuja menor divisão de escala, isto é, a diferença entre duas marcações consecutivas, é de  $5,0 \times 10^{-2} \text{ g.cm}^{-3}$ , um estudante realizou um teste de densidade: colocou este instrumento na água pura e observou que ele atingiu o repouso mostrada.



Em dois outros recipientes **A** e **B** contendo 2 litros de água pura, em cada um, ele adicionou 100g e 200g de NaCl, respectivamente. Quando o cloreto de sódio é adicionado à água pura ocorre sua dissociação formando os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ . Considere que esses íons ocupam os espaços intermoleculares na solução. Nestes recipientes, a posição de equilíbrio do densímetro está representada em:



**590. UFRGS.** Em um tubo transparente em forma de U contendo água, verteu-se, em uma de suas extremidades, uma dada quantidade de um líquido não miscível em água. Considere a densidade da água igual a  $1 \text{ g/cm}^3$ . A figura abaixo mostra a forma como ficaram distribuídos a água e o líquido (em cinza) após o equilíbrio.



Qual é, aproximadamente, o valor da densidade do líquido, em  $\text{g/cm}^3$ ?

- A) 1,5.
- B) 1,0.
- C) 0,9.
- D) 0,7.
- E) 0,5.



## Apêndice

### • UNIDADES USUAIS

grandeza	símbolo	unidade	símbolo
Massa	m	quilograma	kg
Distância, comprimento	d, l	metro	m
Tempo	t	segundo	s
Corrente elétrica	i	ampère	A
Quantidade de matéria	n	moles	mol
Temperatura	T	kelvin	K
Intensidade luminosa	I	candela	cd
Densidade	d	quilograma por metro cu- bico	kg.m <sup>-3</sup>
Carga elétrica	q, Q	coulomb	C
Período	T	segundo	s
Frequência	f	hertz	Hz
Velocidade	v, c	metro por segundo	m.s <sup>-1</sup>
Velocidade angular	$\omega$	radiano por segundo	rad.s <sup>-1</sup>
Aceleração	a	metro por segundo ao qua- drado	m.s <sup>-2</sup>
Força	F	newton	N
Energia	E	joule	J
Quantidade de calor	Q	joule	J
Trabalho	W, $\tau$	joule	J
Potência	P	watt	W
Pressão	p, P	pascal	Pa
Calor específico	c	joule por kelvin e por quilo- grama	J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
Capacidade calorífica	C	joule por kelvin	J.K <sup>-1</sup>
Calor latente	L	joule por quilograma	J.kg <sup>-1</sup>
Tensão elétrica	U, V	volt	V
Resistência elétrica	R, r	ohm	$\Omega$
Resistividade	$\rho$	ohm metro	$\Omega$ .m
Impedância	Z	ohm	$\Omega$
Campo magnético	B	tesla	T
Fluxo magnético	$\phi$	weber	Wb
Indutância	L	henry	H
Capacidade elétrica	C	farad	F



## • ALFABETO GREGO

Alfa	A	$\alpha$	Ni	N	$\nu$
Beta	B	$\beta$	csi	$\Xi$	$\xi$
Gama	$\Gamma$	$\gamma$	Ômicron	O	o
Delta	$\Delta$	$\delta$	Pi	$\Pi$	$\pi$
Epsilon	E	$\epsilon$	Rô	P	$\rho$
Dzeta	Z	$\zeta$	Sigma	$\Sigma$	$\sigma$
Eta	H	$\epsilon$	Tau	$\Gamma$	$\tau$
Teta	$\Theta$	$\theta$	Ípsilon	Y	$\upsilon$
Iota	I	$\iota$	Fi	$\Phi$	$\phi$
capa	K	$\kappa$	Qui	X	$\chi$
Lambda	$\Lambda$	$\lambda$	Psi	$\Psi$	$\psi$
Mi	M	$\mu$	Ômega	$\Omega$	$\omega$

## • PREFIXOS

Múltiplo	Prefixo	Símbolo	Nome Comum
$10^{18}$	exa	E	quintilhão
$10^{15}$	peta	P	quadrihã
$10^{12}$	tera	T	trilhã
$10^9$	giga	G	bilhã
$10^6$	mega	M	milhã
$10^3$	quilo	k	mil
$10^2$	hecto	h	cem
$10^1$	deca	da	dez
$10^{-1}$	deci	d	Décimo
$10^{-2}$	centi	c	Centésimo
$10^{-3}$	milí	m	Milésimo
$10^{-6}$	micro	$\mu$	Milionésimo
$10^{-9}$	nano	n	Bilionésimo
$10^{-12}$	pico	p	Trilionésimo
$10^{-15}$	femto	f	Quadrilionésimo
$10^{-18}$	atto	a	Quintilionésimo



## • CONSTANTES FÍSICAS

Nome	Símbolo	Valor
Zero Absoluto	0 k	-273,15 °C
Aceleração da gravidade	g	9,8 m/s <sup>2</sup>
Constante Universal dos Gases	R	0,0821 atm.L/mol.K
Constante de Boltzmann	K	1,38 x 10 <sup>-23</sup> J/K
Número de Avogadro	N <sub>0</sub>	6,02 x 10 <sup>22</sup> moléculas/mol
Constante Eletrostática (vácuo)	K'	9 x 10 <sup>9</sup> Nm <sup>2</sup> /C <sup>2</sup>
Carga Elementar	q	1,6 x 10 <sup>-19</sup> C
Constante Gravitacional	G	6,67 x 10 <sup>-11</sup> Nm <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>
Permeabilidade magnética (vácuo)	μ <sub>0</sub>	4 x 10 <sup>-7</sup> T.m/A
Massa de Repouso do Elétron	m <sub>e</sub>	9,11 x 10 <sup>-31</sup> kg
Massa de Repouso do Próton	m <sub>p</sub>	1,67 x 10 <sup>-27</sup> kg
Constante de Planck	h	6,63 x 10 <sup>-34</sup> J.s
Velocidade da luz no vácuo	c	3 x 10 <sup>8</sup> m/s

## • UNIDADES FUNDAMENTAIS

Unidade	Símbolo	Grandeza
metro	m	comprimento
quilograma	kg	massa
segundo	s	tempo
ampère	A	intensidade de corrente elétrica
kelvin	K	temperatura termodinâmica
mol	mol	quantidade de matéria
candela	cd	intensidade luminosa

**AULA 1**  
Introdução

- 001 - B
- 002 - D
- 003 - A
- 004 - A
- 005 - E
- 006 - C
- 007 - E
- 008 - C
- 009 - C
- 010 - E
- 011 - D
- 012 - D
- 013 - C
- 014 - E
- 015 - D
- 016 - B
- 017 - E
- 018 - C
- 019 - D
- 020 - B
- 021 - D
- 022 - B
- 023 - E
- 024 - C
- 025 - B
- 026 - C
- 027 - A
- 028 - E
- 029 - A
- 030 - C
- 031 - B
- 032 - B
- 033 - D
- 034 - D
- 035 - B
- 036 - B
- 037 - B
- 038 - B
- 039 - C
- 040 - D
- 041 - D
- 042 - B
- 043 - E
- 044 - A
- 045 - C

**AULA 2**  
MRU/MRUV

- 046 - C
- 047 - A
- 048 - A
- 049 - E
- 050 - B
- 051 - C
- 052 - A
- 053 - B
- 054 - C
- 055 - C
- 056 - D
- 057 - C
- 058 - A
- 059 - B
- 060 - C
- 061 - E
- 062 - C
- 063 - A
- 064 - D
- 065 - A
- 066 - A
- 067 - A
- 068 - D
- 069 - D
- 070 - C
- 071 - B
- 072 - D
- 073 - E
- 074 - E
- 075 - E
- 076 - A
- 077 - A
- 078 - E
- 079 - A
- 080 - E
- 081 - B
- 082 - B
- 083 - E
- 084 - C
- 085 - B
- 086 - D
- 087 - E
- 088 - E
- 089 - C
- 090 - E

**AULA 3**  
Mov. em campo

- 091 - B
- 092 - D
- 093 - D
- 094 - B
- 095 - D
- 096 - E
- 097 - E
- 098 - D
- 099 - C
- 100 - A
- 101 - B
- 102 - D
- 103 - C
- 104 - C
- 105 - A
- 106 - D
- 107 - B
- 108 - E
- 109 - D
- 110 - A
- 111 - B
- 112 - D
- 113 - B
- 114 - A
- 115 - D
- 116 - D
- 117 - C
- 118 - C
- 119 - E
- 120 - B
- 121 - D
- 122 - B
- 123 - C
- 124 - E
- 125 - B
- 126 - E
- 127 - E
- 128 - D
- 129 - A
- 130 - C
- 131 - E
- 132 - B
- 133 - A
- 134 - E
- 135 - A

**AULA 4**  
MCU

- 136 - D
- 137 - D
- 138 - D
- 139 - D
- 140 - A
- 141 - B
- 142 - D
- 143 - D
- 144 - E
- 145 - B
- 146 - A
- 147 - A
- 148 - C
- 149 - B
- 150 - B
- 151 - C
- 152 - B
- 153 - A
- 154 - D
- 155 - A
- 156 - E
- 157 - E
- 158 - E
- 159 - C
- 160 - A
- 161 - C
- 162 - C
- 163 - C
- 164 - B
- 165 - A
- 166 - A
- 167 - D
- 168 - A
- 169 - B
- 170 - D
- 171 - B
- 172 - E
- 173 - A
- 174 - B
- 175 - B
- 176 - B
- 177 - B
- 178 -  $38=2+4+32$
- 179 - A
- 180 - D

### AULA 5

Leis de Newton I

- 181 - B
- 182 - B
- 183 - B
- 184 - B
- 185 - E
- 186 - C
- 187 - D
- 188 - D
- 189 - C
- 190 - E
- 191 - A
- 192 - A
- 193 - C
- 194 - C
- 195 - D
- 196 - C
- 197 - D
- 198 - B
- 199 - A
- 200 - B
- 201 - A
- 202 - A
- 203 - D
- 204 - D
- 205 - D
- 206 - E
- 207 - C
- 208 - B
- 209 - C
- 210 - D
- 211 - C
- 212 - A
- 213 - C
- 214 - C
- 215 - A
- 216 - B
- 217 - C
- 218 - B
- 219 - E
- 220 - E
- 221 - C
- 222 - B
- 223 - D
- 224 - A
- 225 - C

### AULA 6

Leis de Newton II

- 226 - D
- 227 - C
- 228 - C
- 229 - C
- 230 - B
- 231 - A
- 232 - A
- 233 - C
- 234 - A
- 235 - E
- 236 - B
- 237 - E
- 238 - C
- 239 - A
- 240 - D
- 241 - C
- 242 - E
- 243 - E
- 244 - D
- 245 - B
- 246 - A
- 247 - B
- 248 - A
- 249 - E
- 250 - B
- 251 - D
- 252 - C
- 253 - A
- 254 - E
- 255 - D
- 256 - B
- 257 - C
- 258 - B
- 259 - B
- 260 - C
- 261 - B
- 262 - C
- 263 - C
- 264 - B
- 265 - D
- 266 - E
- 267 - B
- 268 - C
- 269 - D
- 270 - A

### AULA 7

Leis de Newton III

- 271 - D
- 272 - B
- 273 - D
- 274 - D
- 275 - C
- 276 - A
- 277 - E
- 278 - E
- 279 - A
- 280 - B
- 281 - B
- 282 - B
- 283 - C
- 284 - A
- 285 - B
- 286 - C
- 287 - C
- 288 - B
- 289 - B
- 290 - D
- 291 - D
- 292 - B
- 293 - A
- 294 - E
- 295 - A
- 296 - D
- 297 - E
- 298 - C
- 299 - B
- 300 - C
- 301 - C
- 302 - C
- 303 - B
- 304 - A
- 305 - C
- 306 - C
- 307 - C
- 308 - E
- 309 - B
- 310 - E
- 311 - B
- 312 - E
- 313 - E
- 314 - B
- 315 - C

### AULA 8

Estática

- 316 - A
- 317 - B
- 318 - B
- 319 - E
- 320 - B
- 321 - D
- 322 - E
- 323 - B
- 324 - D
- 325 - D
- 326 - C
- 327 - C
- 328 - C
- 329 - D
- 330 - C
- 331 - B
- 332 - D
- 333 - E
- 334 - D
- 335 - B
- 336 - A
- 337 - D
- 338 - B
- 339 - E
- 340 - D
- 341 - B
- 342 - C
- 343 - A
- 344 - E
- 345 - D
- 346 - D
- 347 - C
- 348 - B
- 349 - E
- 350 - E
- 351 - B
- 352 - D
- 353 - D
- 354 - D
- 355 - D
- 356 - D
- 357 - E
- 358 - B
- 359 - A
- 360 - B



**AULA 9**  
Trabalho  
Mecânico

- 361 - B
- 362 - C
- 363 - B
- 364 - E
- 365 - C
- 366 - C
- 367 - D
- 368 - B
- 369 - D
- 370 - A
- 371 - E
- 372 - E
- 373 - B
- 374 - C
- 375 - C
- 376 - B
- 377 - A
- 378 - A
- 379 - C
- 380 - D
- 381 - D
- 382 - C
- 383 - E
- 384 - C
- 385 - D
- 386 - D
- 387 - C
- 388 - E
- 389 - D
- 390 - E
- 391 - B
- 392 - A
- 393 - D
- 394 - E
- 395 - B
- 396 - C
- 397 - C
- 398 - B
- 399 - D
- 400 - D
- 401 - C
- 402 - E
- 403 - C
- 404 - A
- 405 - B

**AULA 10**  
Energia  
Mecânica

- 406 - B
- 407 - C
- 408 - A
- 409 - C
- 410 - E
- 411 - C
- 412 - D
- 413 - B
- 414 - A
- 415 - C
- 416 - B
- 417 - B
- 418 - E
- 419 - A
- 420 - C
- 421 - C
- 422 - D
- 423 - E
- 424 - D
- 425 - E
- 426 - A
- 427 - C
- 428 - B
- 429 - C
- 430 - A
- 431 - C
- 432 - B
- 433 - B
- 434 - A
- 435 - B
- 436 - B
- 437 - D
- 438 - E
- 439 - B
- 440 - B
- 441 - E
- 442 - C
- 443 - A
- 444 - C
- 445 - D
- 446 - E
- 447 - C
- 448 - C
- 449 - B
- 450 - D

**AULA 11**  
Impulso e  
Momento Linear

- 451 - E
- 452 - E
- 453 - A
- 454 - C
- 455 - D
- 456 - D
- 457 - C
- 458 - C
- 459 - A
- 460 - E
- 461 - C
- 462 - E
- 463 - A
- 464 - A
- 465 - C
- 466 - B
- 467 - A
- 468 - B
- 469 - A
- 470 - E
- 471 - B
- 472 - B
- 473 - E
- 474 - D
- 475 - E
- 476 - D
- 477 - E
- 478 - C
- 479 - E
- 480 - D
- 481 - E
- 482 - C
- 483 - E
- 484 - E
- 485 - B
- 486 - A
- 487 - D
- 488 - B
- 489 - C
- 490 - C
- 491 - C
- 492 - E
- 493 - E
- 494 - B
- 495 - B

**AULA 12**  
Gravitação  
Universal

- 496 - C
- 497 - B
- 498 - C
- 499 - A
- 500 - E
- 501 - B
- 502 - D
- 503 - D
- 504 - E
- 505 - D
- 506 - B
- 507 - C
- 508 - A
- 509 - A
- 510 - D
- 511 - B
- 512 - B
- 513 - C
- 514 - B
- 515 - E
- 516 - E
- 517 - D
- 518 - E
- 519 - E
- 520 - D
- 521 - D
- 522 - B
- 523 - B
- 524 - D
- 525 - A
- 526 - E
- 527 - B
- 528 - A
- 529 - A
- 530 - C
- 531 - A
- 532 - D
- 533 - D
- 534 - B
- 535 - E
- 536 - E
- 537 - C
- 538 - B
- 539 - A
- 540 - C

**AULA 13**  
Hidrostática

- 541 - B
  - 542 - B
  - 543 - C
  - 544 - E
  - 545 - E
  - 546 - C
  - 547 - C
  - 548 - C
  - 549 - D
  - 550 - D
  - 551 - E
  - 552 - B
  - 553 - A
  - 554 - A
  - 555 - B
  - 556 - B
  - 557 - B
  - 558 - A
  - 559 - C
  - 560 - A
  - 561 - C
  - 562 - E
  - 563 - D
  - 564 - C
  - 565 - D
  - 566 - B
  - 567 - B
  - 568 - A
  - 569 - C
  - 570 - E
  - 571 - C
  - 572 - A
  - 573 - A
  - 574 - A
  - 575 - D
  - 576 - D
  - 577 - D
  - 578 - C
  - 579 - A
  - 580 - B
  - 581 - E
  - 582 - D
  - 583 - E
  - 584 - C
  - 585 - B
-

- 586 - C
- 587 - D
- 588 - E
- 589 - D
- 590 - D



# alex **FÍSICA** mossmann

MAIS  
QUE  
UM  
CURSO



(51) 999115827



@alexmossmann



alexmossmann.com

