Estratégia Militares

Aula 08

Estática, tipos de equilíbrio e Gravitação.

Prof. Vinícius Fulconi

Sumário

Apresentação

Querido aluno(a), seja bem-vindo(a) à nossa primeira aula!

Sou o professor **Vinícius Fulconi**, tenho vinte e quatro anos e estou cursando Engenharia Aeroespacial no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Irei contar um pouco sobre minha trajetória pessoal, passando pelo mundo dos vestibulares com minhas principias aprovações, até fazer parte da equipe de física do Estratégia Militares.

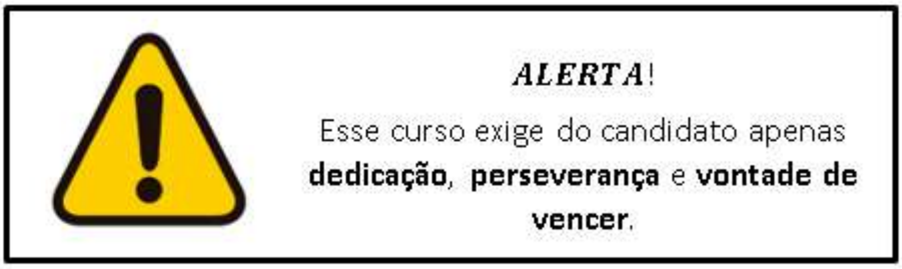
No ensino médio, eu me comportava como um aluno mediano. No final do segundo ano do ensino médio, um professor me desafiou com a seguinte declaração: *Você **nunca vai passar** no ITA!* Essa fala do professor poderia ter sido internalizada como algo desestimulador e, assim como muitos, eu poderia ter me apegado apenas ao que negritei anteriormente. Muitos desistiriam! Entretanto, eu preferi negritar e gravar "***Você vai passar** no ITA!*

Querido aluno(a), a primeira lição que desejo te mostrar não é nenhum conteúdo de física. Quero que transforme seu sonho em vontade de vencer. Transforme seus medos e incapacidades em desafios a serem vencidos. Haverá muitos que duvidarão de você. O mais importante é você acreditar! **Nós do Estratégia Militares acreditamos no seu potencial** e ajudaremos você a realizar seu sonho!

Após alguns anos estudando para o ITA, usando muitos livros estrangeiros, estudando sem planejamento e frequentando diversos cursinhos do segmento, realizei meu sonho e entrei em umas das melhores faculdades de engenharia do mundo. 😊 Além de passar no ITA, ao longo da minha preparação, fui aprovado no IME, UNICAMP, Medicina (pelo ENEM) e fui medalhista na Olimpíada Brasileira de Física.

Minha resiliência e grande experiência em física, que obtive estudando por diversas plataformas e livros, fez com que eu me tornasse professor de física do Estratégia Militares. Tenho muito orgulho em fazer parte da família Estratégia e hoje, se você está lendo esse texto, também já é parte dela. Como professor, irei te guiar por toda física, alertando sobre os erros que cometi na minha preparação, mostrando os pontos em que obtive êxito e, assim, conseguirei identificar quais são seus pontos fortes e fracos, maximizando seu rendimento e te guiando até à faculdade dos seus sonhos.

Você deve estar se perguntando: **O que é necessário para começar esse curso?**



Introdução

Nessa aula veremos duas grandes partes da parte da física que denominamos **Estática e Gravitação**. Esse estudo abrange o comportamento dos **corpos rígidos** (pontos materiais e corpos extensos) quando **em equilíbrio**. Pela maior ocorrência nas provas para as quais nos preparamos, estudaremos somente alguns assuntos.

Dessa forma, começaremos apresentando algumas das mais importantes propriedades físicas dos pontos materiais como seu equilíbrio translacional e os tipos de equilíbrio existentes. Logo em seguida, veremos sobre o princípio de equilíbrio dos corpos extensos. Logo, para finalizar essa aula focaremos em todos os princípios da Gravitação Universal.

Enunciando assim pode parecer um estudo muito teórico mas, veremos muitos exemplos e exercícios práticos!

Então, vamos começar? 😊

1- Equilíbrio de um ponto material "Translação"

Na física, chamamos de ponto material um corpo que possui dimensões desprezíveis frente a seu observador ou ao local de observação. Considere um carro que está viajando em uma estrada federal. Para os outros veículos da estrada e para seus passageiros, o carro mostra-se com dimensões não desprezíveis e, portanto, não pode ser considerado um ponto material. Entretanto, para um astronauta, que vê tudo de muito longe, o carro pode ser considerado como ponto material. Perceba que o conceito de ponto material é muito subjetivo 😊.

Quando consideramos um corpo como ponto material, todas as forças que o corpo está sujeito estão agindo sobre esse ponto. Considere o carro abaixo:

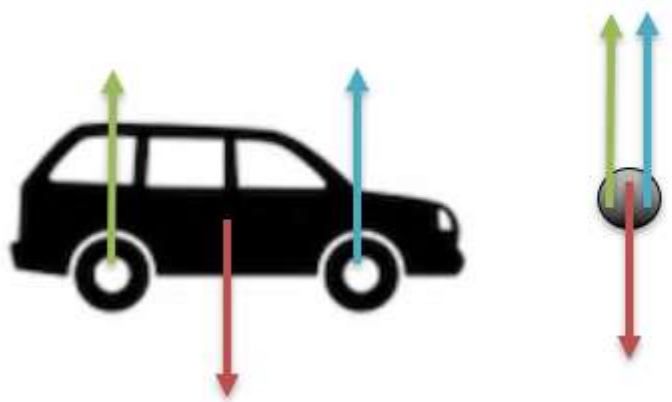


Figura 1: Corpo extenso versus corpo material.

Note que as forças sobre o carro (que é um corpo extenso) atuam sobre o ponto material (que simplifica o carro se consideramos ele como ponto material).

Considere um ponto material de massa m que está sujeito à ação das forças $\overrightarrow{F_1}$, $\overrightarrow{F_2}$, ..., $\overrightarrow{F_N}$.

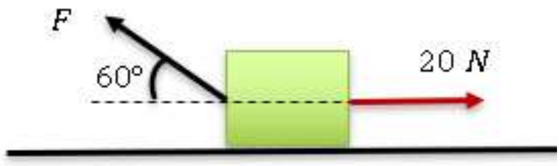
Para que esse corpo esteja em equilíbrio, devemos garantir apenas que a resultante das forças seja nula.

$$\overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \cdots + \overrightarrow{F_N} = \vec{0}$$

Ou seja,

Ponto material em equilíbrio (equilíbrio Translacional) – A resultante de forças sobre esse corpo deve ser igual a zero. Ou seja, devemos garantir que esse corpo não está transladando.

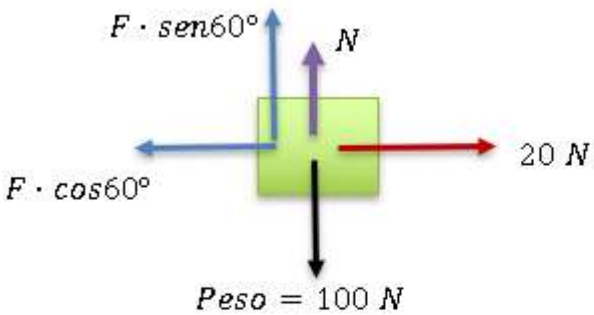
Exemplo 1: Considere um corpo de massa $m = 10\ kg$ que está apoiado sobre uma superfície horizontal lisa e está sujeito as seguintes forças:



Determine o valor da força F para que o corpo esteja em equilíbrio translacional.

Comentário:

Podemos considerar o corpo como um ponto material. Primeiramente, iremos realizar a decomposição das forças.



Na vertical não haverá movimentação pois o bloco está apoiado sobre o solo horizontal e a componente $F \cdot sen60°$ é menor que o peso do bloco.

Na horizontal, para que o corpo esteja em equilíbrio, temos:

$$F \cdot cos60° = 20$$

$$F \cdot \frac{1}{2} = 20$$

$$\boxed{F = 40\ N}$$

2 – Tipos de equilíbrio

Podemos caracterizar o equilíbrio de um corpo de três maneiras: equilíbrio estável, equilíbrio indiferente e equilíbrio instável. O tipo de equilíbrio diz a tendência de um corpo a se movimentar se **perturbarmos levemente** o sistema.

2.1 Equilíbrio estável

O equilíbrio de um ponto material é dito estável se o corpo volta para a posição original ao aplicarmos uma pequena perturbação na corpo. Considere uma esfera metálica dentro de uma superfície semiesférica.

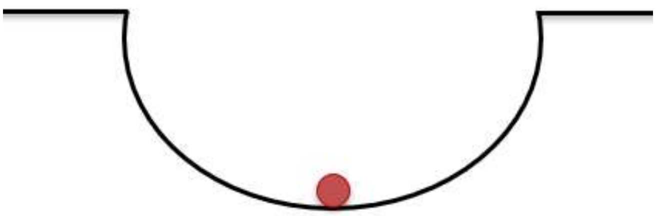


Figura 2: Corpo em repouso na superfície.

Se aplicarmos uma pequena perturbação a esfera, a esfera tenderá a voltar para a mesma posição. Isso se caracteriza por um equilíbrio estável. Em outras palavras, o corpo tende a voltar para a posição inicial.

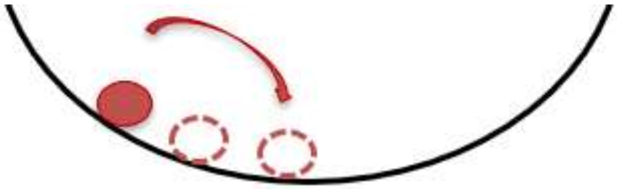


Figura 3: Ao ser perturbado, um corpo em equilíbrio estável tende a voltar para a posição original.

2.2 Equilíbrio indiferente

O equilíbrio de um ponto material é dito indiferente se o corpo continua em repouso ou percorre um movimento retilíneo e uniforme ao aplicarmos uma pequena perturbação no corpo. Considere uma esfera metálica sobre uma superfície plana.

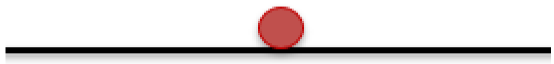


Figura 4: Corpo sobre superfície plana.

Se aplicarmos uma pequena perturbação a esfera, a esfera tenderá a continuar seu movimento. Isso se caracteriza por um equilíbrio indiferente. O corpo continua em movimento retilíneo uniforme até que outra perturbação mude seu estado de movimento. Note que nesse caso, o corpo estará em equilíbrio em qualquer posição do sistema e, portanto, o nome indiferente é bem sugestivo 😊.

Figura 5: Corpo em MRU.

2.3 Equilíbrio instável

O equilíbrio de um ponto material é dito instável se o corpo não volta para a posição inicial ao aplicarmos uma pequena perturbação nele. Considere uma esfera metálica sobre uma elevação semiesférica.

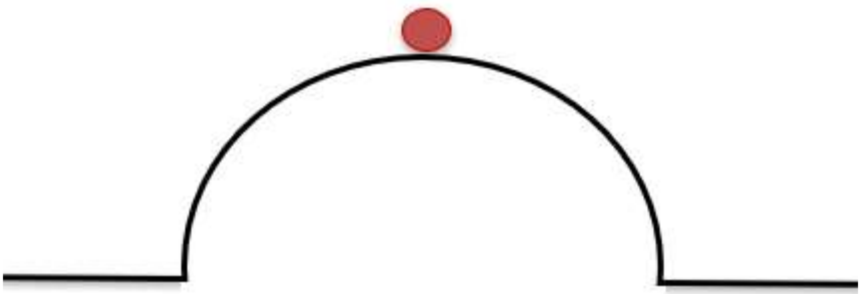


Figura 6: Corpo sobre superfície semiesférica elevada.

Se aplicarmos uma pequena perturbação sobre a esfera, ela tenderá a continuar seu movimento indefinidamente. A esfera nunca voltará para a posição inicial de equilíbrio.

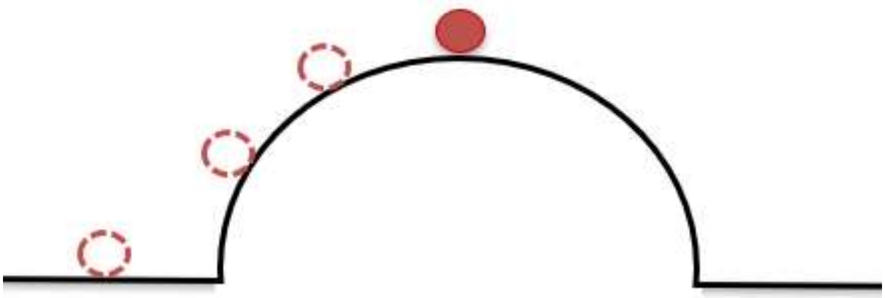
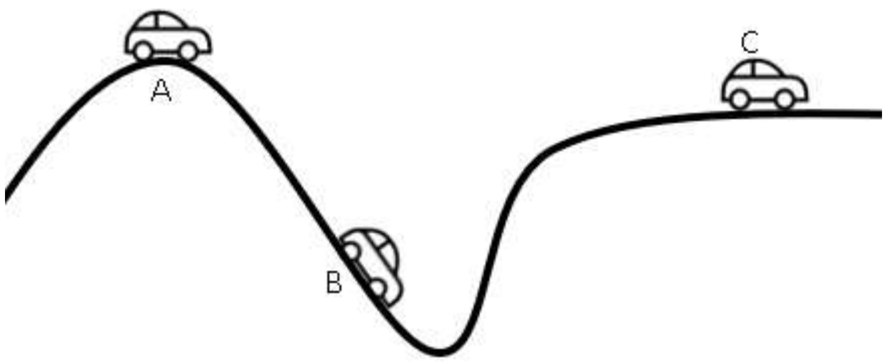


Figura 7: Esfera se afastando indefinidamente.

Exemplo 2: Considere uma montanha russa e um carrinho. A figura mostra o carrinho em várias posições possíveis sobre o trilho da montanha russa. Considere que o carrinho está parado em todas as posições e que o trilho é liso (não há atrito). Assinale a alternativa correta.



a) O carro em A está em equilíbrio estável.

b) O carro em A está em equilíbrio indiferente.

c) O carro em B está em equilíbrio estável.

d) O carro em C está em equilíbrio instável.

e) O carro em C está em equilíbrio indiferente.

Comentário:

O carro em A está em equilíbrio instável pois qualquer perturbação o faz se movimentar e não voltar à sua posição original. O carro em B está em equilíbrio instável: Como ele diz que o carro está em repouso, a componente do peso na direção tangente aos trilhos é igual à força de atrito e, portanto, muda com a inclinação desta reta tangente. Por fim, o carro em C está em equilíbrio indiferente, pois qualquer pequena perturbação o mantém em equilíbrio. Dessa maneira, a resposta correta é (E).

3 – Equilíbrio de um corpo extenso

Como já discutimos, um corpo extenso pode ser tratado como ponto material. Entretanto, há muitos casos em que os corpos não são pontos materiais e, portanto, precisamos trata-los como corpos extensos. Para que um corpo extenso esteja em equilíbrio, precisamos garantir duas coisas: **equilíbrio translacional** (que já discutimos para os pontos materiais) e **equilíbrio rotacional** (que discutiremos nessa seção).

3.1 – Torque ou Momento

Primeiramente, definiremos uma grandeza chamada **momento ou torque**. Antes disso, definiremos o conceito de polo.

3.1.1 Polo da força

É um ponto adotado pelo observador para descrever a rotação de um corpo. À seguir, todos os torques serão feitos em relação a esse ponto. Nos exercícios, veremos qual é o melhor ponto para que se coloque como polo. Já adianto para vocês que o melhor polo será aquele que respeitar as seguintes propriedades:

- Possuir a maior quantidade de **forças desconhecidas** passando por ele.
- Possuir muitas forças atuando sobre ele.

Observação: O polo não precisa estar sobre o corpo. 😊

3.1.2 Momento ou Torque (M)

O torque é uma grandeza vetorial, mas só estudaremos o seu módulo. Considere um corpo extenso de massa m que está sujeito sobre a ação de uma força F. Consideraremos como polo o ponto O. Dessa maneira, o torque em relação ao ponto O é dado por:

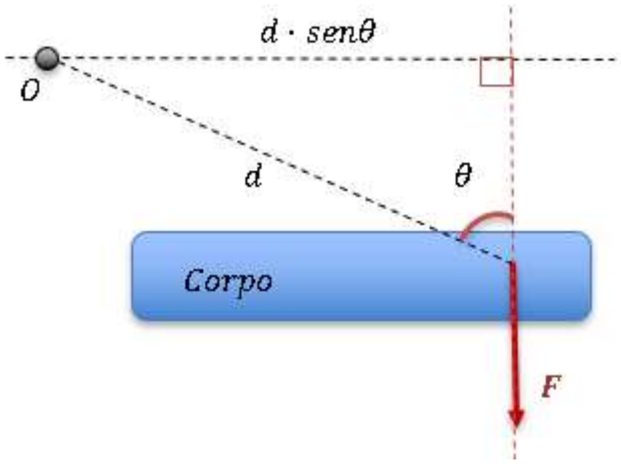


Figura 8: Torque da força F em relação ao polo O.

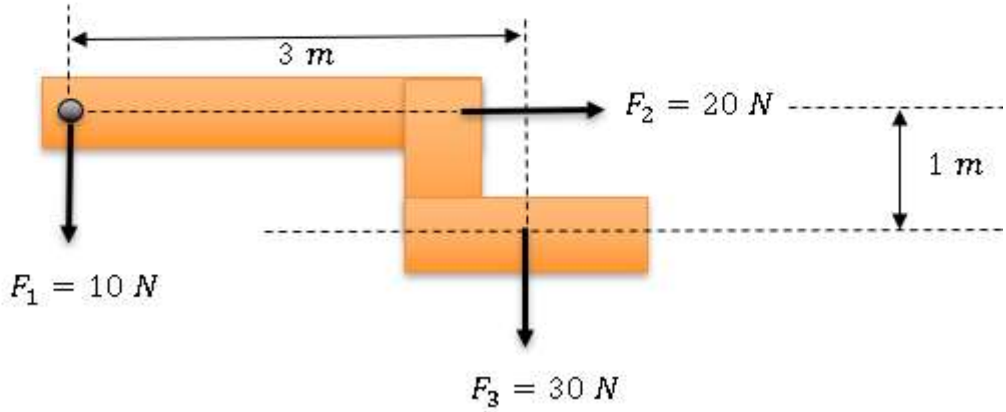
$$\boxed{\left|\overrightarrow{M_{F,O}}\right| = \left|\vec{F}\right| \cdot d \cdot sen\theta}$$

Unidade: $N \cdot m$

Para encontrar a distância d (chamada braço de alavanca) devemos prolongar a direção da força e cruza-la com uma perpendicular que passa pelo polo O. Para simplificar, o ângulo θ é o menor ângulo formado entre a reta formada pelo polo e o ponto de aplicação da força e a reta suporte da força.

O conceito de torque é muito importante para as provas que você irá realizar!

Exemplo 3: Calcule o torque de cada força em relação ao polo O.

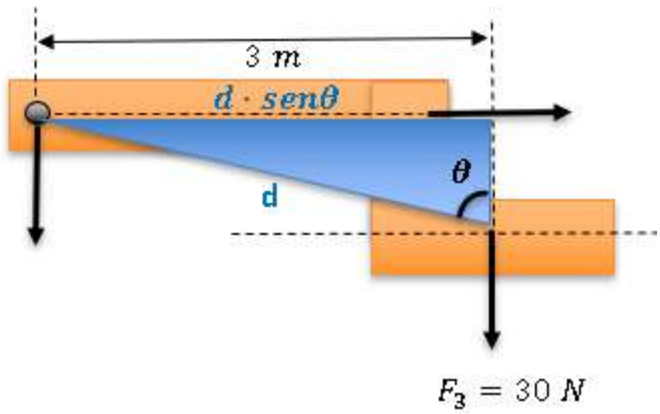


Comentário:

Note que as forças F1 e F2 tem torque nulo. Os braços de alavanca são nulos. Quando o prolongamento da reta suporte que contém o vetor da força passar pelo polo, o braço é nulo. Dessa maneira,

$$\boxed{M_{F1,O} = 0} \; e \; \boxed{M_{F2,O} = 0}$$

Para a força F3, devemos encontrar o braço de alavanca. O braço de alavanca é a distancia entre o polo e o ponto de cruzamento entre a reta suporte da força e a reta perpendicular à reta suporte que passa pelo polo. Assim, como já mostrado no desenho do enunciado, essa distância equivale a 3 metros.



Percebe-se que 3 metros é o valor de $d \cdot sen\theta$

$$d \cdot sen\theta = 3$$

$$M_{F3,O} = |\vec{F_3}| \cdot d \cdot sen\theta$$

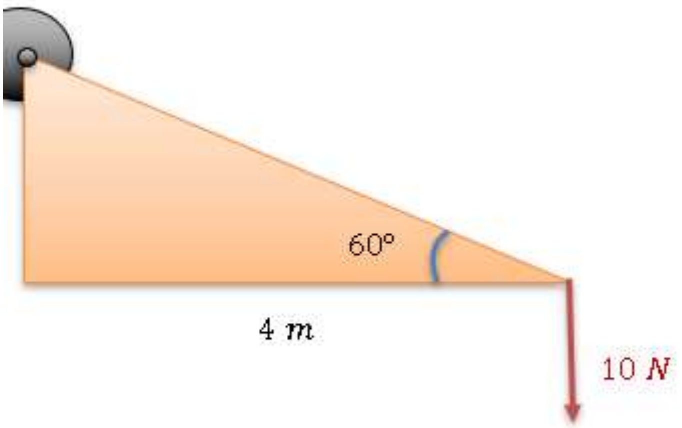
Note que

$$M_{F3,O} = |\vec{F_3}| \cdot 3$$

$$M_{F3,O} = 30 \cdot 3$$

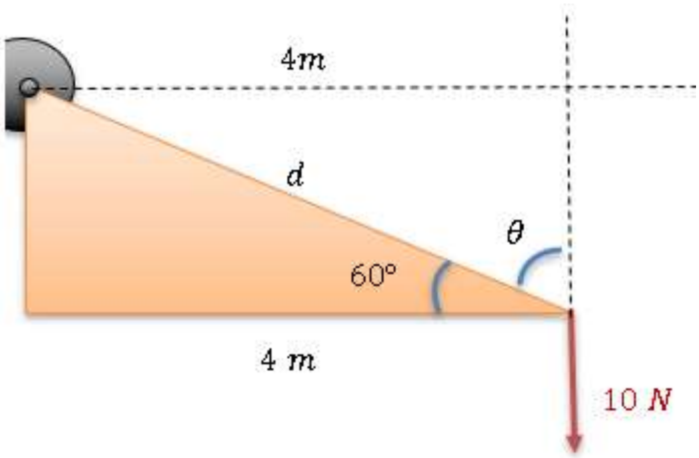
$$\boxed{M_{F3,O} = 90\ N \cdot m}$$

Exemplo 4: Considere um corpo triangular (triângulo retângulo) pendurado por um pino O. Uma força de 10 N está atuando sobre um dos vértices do triângulo. Qual é o módulo do torque dessa força em relação ao pino O?



Comentário:

Primeiramente, devemos encontrar as medidas e o braço de alavanca.



$$\cos 60° = \frac{d}{4}$$

$$d = 8\ m$$

Note que o ângulo θ é o menor ângulo formado entre a reta formada pelo polo e o ponto de aplicação da força e a reta suporte da força. Dessa maneira, θ é o complementar de 60°:

$$\theta + 60° = 90°$$

$$\theta = 30°$$

Dessa forma, o valor do módulo torque é dado por:

$$\left|\overrightarrow{M_{F,O}}\right| = \left|\vec{F}\right| \cdot d \cdot sen\theta$$

$$\left|\overrightarrow{M_{F,O}}\right| = 10 \cdot 8 \cdot sen30°$$

$$\boxed{\left|\overrightarrow{M_{F,O}}\right| = 40\ N.m}$$

3.2 – Equilíbrio rotacional

Considere um corpo extenso de dimensões conhecidas e que sobre ele atuam forças abaixo representadas.

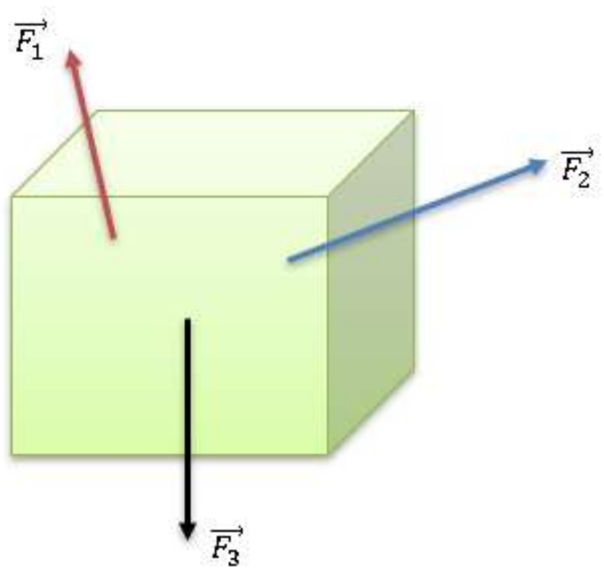


Figura 9: Corpo extenso sobre ação de forças.

Para que esse corpo esteja em equilíbrio, devemos respeitar os seguintes equilíbrios:

Equilíbrio translacional – a resultante das forças deve ser nula.

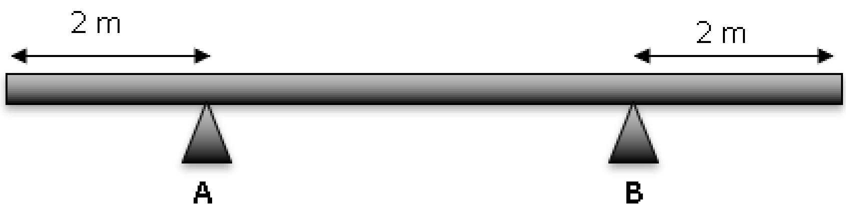
$$\boxed{\vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3} = \vec{0}}$$

Equilíbrio rotacional – a resultante dos torques de todas as forças deve ser nula. Ou seja, o torque resultante em relação à qualquer polo escolhido deve ser nulo.

$$\boxed{\overrightarrow{M_{F_1}} + \overrightarrow{M_{F_2}} + \overrightarrow{M_{F_3}} = \vec{0}}$$

Dessa maneira, ao garantir esses dois equilíbrios, simultaneamente, garantiremos o equilíbrio total do corpo. Note que para corpos extensos devemos garantir que ele não translade e que ele não rotacione e, portanto, temos dois graus de liberdade em seu movimento. Para corpos de pontos materiais só há um grau de liberdade no movimento.

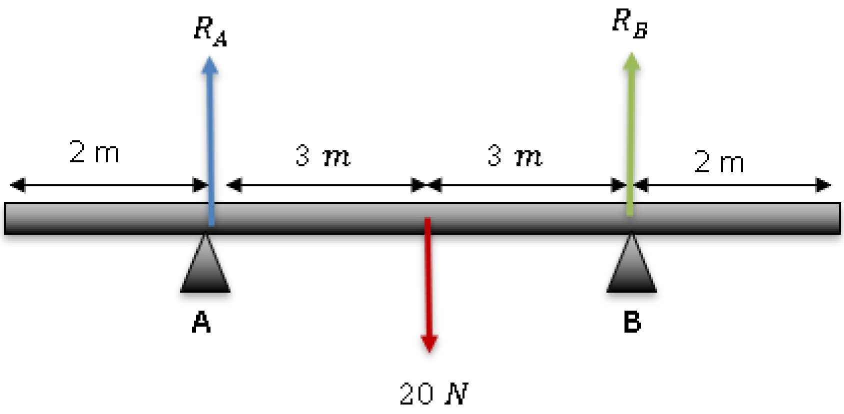
Exemplo 5: Considere uma barra homogênea de massa 2 kg, comprimento 10 m que está apoiada sobre dois apoios. As reações nos apoios são verticais. A barra está em equilíbrio.



Determine as reações dos apoios A e B.

Comentário:

Como a barra está em equilíbrio, devemos garantir equilíbrio translacional e rotacional. Primeiramente, colocaremos o diagrama de forças.



Para o equilíbrio translacional:

$$R_A + R_B = 20$$

Para o equilíbrio rotacional, colocaremos o torque resultante com o polo no apoio B.

$$R_A \cdot 6 - 20 \cdot 3 = 0$$

$$R_A \cdot 6 = 20 \cdot 3$$

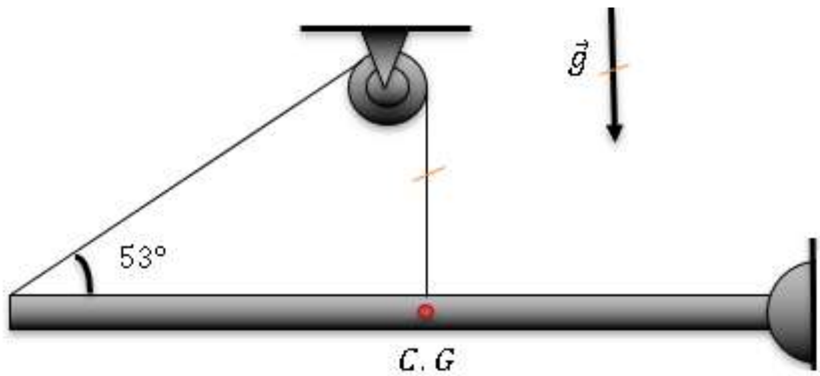
$$\boxed{R_A = 10\ N}$$

Utilizando a equação do equilíbrio translacional:

$$10 + R_B = 20$$

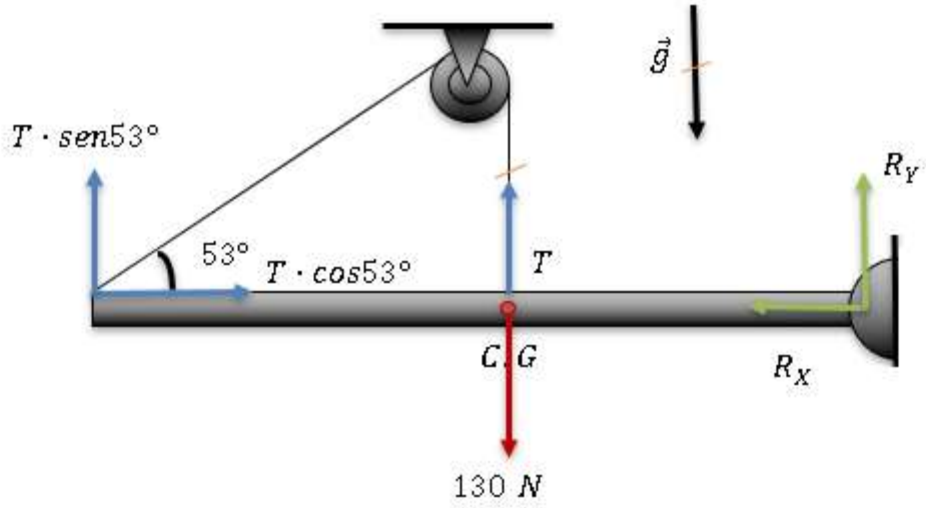
$$\boxed{R_B = 10\ N}$$

Exemplo 6: Mostra-se uma barra homogênea de 13 kg em repouso. Determine o módulo da tensão no fio. Considere g = 10 m/s². Dados: cos53° = 0,6 e sen53° = 0,8.



Comentário:

Primeiramente, iremos desenhar o diagrama de forças sobre a barra.



Faremos o torque resultante em relação ao ponto de apoio da barra. Considere o comprimento da varra como sendo 2L.

$$T \cdot sen53° \cdot 2L + T \cdot L - 130 \cdot L = 0$$

$$T \cdot 0{,}8° \cdot 2 + T = 130$$

$$2{,}6T = 130$$

$$\boxed{T = 50\ N}$$

Agora, iremos mudar de assunto. Estudaremos muito sobre **Gravitação**!
Vamos recomeçar?
☺

4 – A Gravitação

Começaremos aqui o estudo de um novo tópico: A **Gravitação universal**. 😊

A gravitação estuda as interações entre os planetas e seus movimentos relativos. A gravitação foi construída ao longo da evolução da humanidade. Muitos cientificas apresentaram suas contribuições para essa área, mas foram Copérnico, Galileu, Kepler e Newton que mais se destacaram.

4.1 A gravitação universal de Newton – Lei de atração

Isaac Newton publicou em 1687, em sua obra *"Philosophiae Naturalis Principia Mathematica"*, a lei que descreve a gravitação universal. Newton propôs que a gravidade é um campo criado por corpos que possuem "massa". Essa gravidade mantém todos os objetos celestes atrelados e só depende do corpo que a cria.

A comprovação dessa lei de Newton pode ser evidenciada em alguns fenômenos da natureza, observáveis ao longo da humanidade. Alguns deles são:

- Movimento de translação da Terra ao redor do Sol.
- Fenômeno das marés.
- Estações do ano.

Em seu livro Principia, Newton propôs a seguinte lei para a gravitação dos corpos no Universo:

Quaisquer dois corpos no universo se atraem com uma força proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional à distância entre seus centros de gravidade ao quadrado.

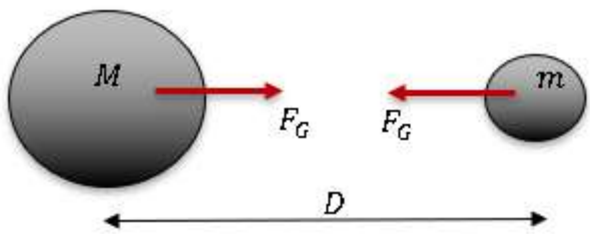


Figura 10: Atração gravitacional entre os corpos.

Considere dois corpos de massas M e m, respectivamente. Se esses corpos estão separados por uma distância D, a força de atração entre esses corpos é dada por:

$$\boxed{F_G = \frac{G \cdot M \cdot m}{D^2}}$$

A distância D entre os corpos é medida da distância entre o centro de massa desses corpos.

A constante de proporcionalidade G é chamada de constante da gravitação universal. Seu valor for determinado, pela primeira vez, experimentalmente por Cavendish.

$$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{Kg^2}$$

Exemplo 7: Dois corpos de massas M e 3M são atraídos com uma força de módulo F. Se a distância entre os corpos for reduzida pela metade, qual será a nova força F'?

a) F/2

b) 2F

c) 6F

d) 4F

e) F/4

Comentário:

A força de atração entre dois corpos massivos é regida pela lei da gravitação Universal de Newton.

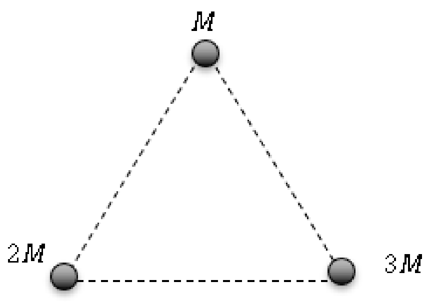
$$F = \frac{G \cdot M \cdot 3M}{D^2}$$

Na nova situação proposta, a distância entre os corpos é reduzida pela metade. Assim, temos:

$$F' = \frac{G \cdot M \cdot 3M}{\left(\frac{D}{2}\right)^2} = 4 \cdot \frac{G \cdot M \cdot 3M}{D^2} = 4F$$

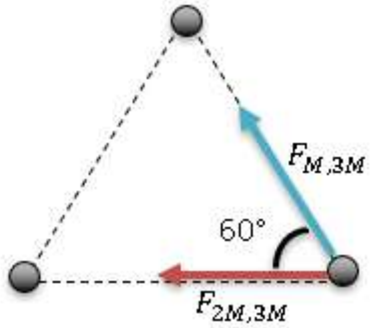
Gabarito: D

Exemplo 8: Considere três massa fixadas nos vértices de um triângulo equilátero de lado a. Qual é a força resultante sobre a massa 3M?



Comentário:

As massas 2M e M exercem uma força gravitacional sobre a massa 3M. Primeiramente, faremos o diagrama de forças sobre a massa 3M.



A força resultante pode ser determinada pela lei dos cossenos:

$$F_R^2 = {F^2}_{2M,3M} + {F^2}_{M,3M} + 2 \cdot F_{2M,3M} \cdot F_{M,3M} \cdot cos60°$$

Iremos cada uma dessas forças. A força entre as massas 2M e 3M é dada por:

$$F_{2M,3M} = \frac{G \cdot 2M \cdot 3M}{a^2} = 6 \cdot \frac{GM^2}{a^2}$$

A força entre as massas M e 3M é dada por:

$$F_{M,3M} = \frac{G \cdot M \cdot 3M}{a^2} = 3 \cdot \frac{GM^2}{a^2}$$

Substituindo na lei dos cossenos, temos:

$$F_R^2 = 36 \cdot \frac{G^2M^4}{a^4} + 9 \cdot \frac{G^2M^4}{a^4} + 2 \cdot 6 \cdot \frac{GM^2}{a^2} \cdot 3 \cdot \frac{GM^2}{a^2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$F_R^2 = 63 \cdot \frac{G^2M^4}{a^4}$$

$$\boxed{F_R = 3\sqrt{7} \cdot \frac{GM^2}{a^2}}$$

4.2 – Campo gravitacional gerado por corpos esféricos

Como vimos no enunciado de Newton, corpos que possuem massa se atraem mutuamente por uma força chamada gravitacional. Podemos enxergar a atração do corpos através do campo gravitacional. Um corpo que possui massa cria um campo gravitacional ao seu redor: Todos os outros corpos que estiverem próximos a esse corpo sentem esse campo e são atraídos ao corpo que o cria. Trabalharemos apenas com os corpos esféricos.

Considere um corpo esférico de raio R e massa M. O campo gravitacional criado por esse corpo é distinto para pontos fora e dentro desse corpo.

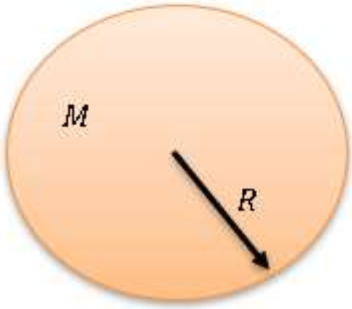


Figura 11: Corpo esférico maciço.

4.2.1 Pontos na superfície

O campo gravitacional gerado na superfície de um corpo esférico é dado por:

$$\boxed{g_{sup} = \frac{G \cdot M}{R^2}}$$

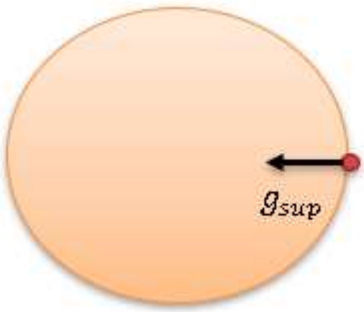


Figura 12: Campo gravitacional sobre a superfície do corpo.

Para o planeta Terra, sabemos que $M = 5{,}9722 \cdot 10^{24}\ kg$ e que $R = 6400\ km$. Fazendo as contas com $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ chegamos em:

$$g_{sup} = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 5{,}9722 \cdot 10^{24}}{6400^2} \approx 9{,}8\ m/s^2$$

Perceba que chegamos no valor que conhecemos através dos exercícios. Note que a aceleração da gravidade, na verdade, é o nome popular para o campo **gravitacional gerado pela Terra em sua superfície**.

4.2.2 Pontos fora da superfície

O campo gravitacional gerado em um ponto a uma distância h da superfície de um corpo é dado por:

$$\boxed{g_{fora} = \frac{G \cdot M}{(R+h)^2}}$$

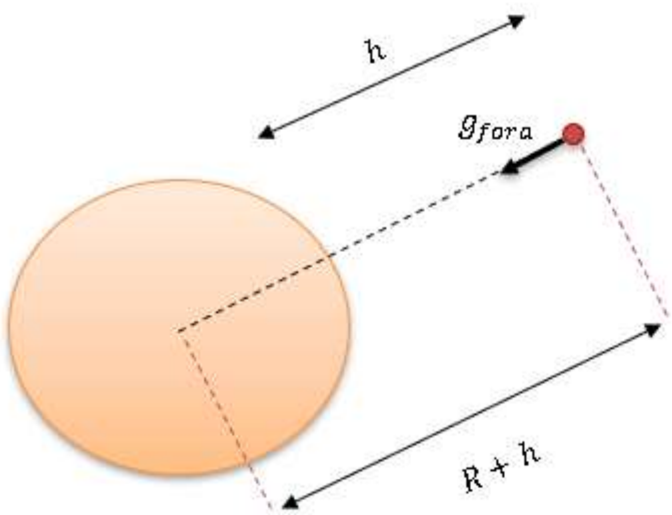


Figura 13: Campo gravitacional em pontos externos ao corpo.

4.2.3 Pontos internos ao corpo

A dedução do campo gravitacional criado em pontos internos foge do escopo desse curso. Essa formulação vem da lei da Gauss para a gravitação e, portanto, não será demonstrado nesta aula. Entretanto, irei formular o campo para pontos internos.

$$\boxed{g_{dentro} = \frac{G \cdot M}{R^3} \cdot x}$$

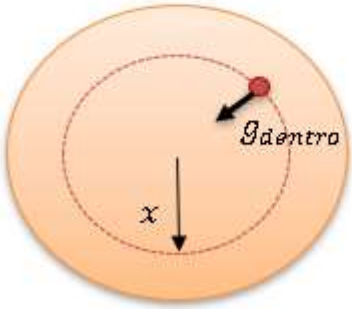


Figura 14: Campo gravitacional interno.

Note que o campo gravitacional é tanto mais intenso quanto mais se aproximamos da superfície. Na superfície $x = R$ e ,substituindo na expressão acima, chegamos no valor do campo na superfície.

Exemplo 9: Considere um planeta homogêneo de massa M e raio R. Neste planeta há uma montanha de altura R/2 e um poço de profundidade h. Se o campo gravitacional no topo na montanha é o mesmo que no fundo do poço, qual é o valor de h?

a) $\frac{4}{9}R$

b) $\frac{4}{3}R$

c) $\frac{2}{9}R$

d) $\frac{4}{7}R$

e) $\frac{2}{3}R$

Comentários:

O campo gravitacional para pontos acima da superfície é dada por:

$$g_{fora} = \frac{G \cdot M}{(R+h)^2}$$

Para h = R/2, temos:

$$g_{fora} = \frac{G \cdot M}{(R+R/2)^2} = \frac{4 \cdot G \cdot M}{9 \cdot R^2}$$

Para pontos internos ao planeta:

$$g_{dentro} = \frac{G \cdot M}{R^3} \cdot x$$

Para x = h, temos:

$$g_{dentro} = \frac{G \cdot M}{R^3} \cdot h$$

Do enunciado, temos $g_{dentro} = g_{fora}$:

$$\frac{G \cdot M}{R^3} \cdot h = \frac{4 \cdot G \cdot M}{9 \cdot R^2}$$

$$\boxed{h = \frac{4}{9} R}$$

Gabarito: A

4.3 Leis de Kepler

As leis de Kepler foram obtidas empiricamente (leis baseadas na observação) e foram formuladas a partir do estudo das observações do astrônomo Tycho Brahe. Em 1605, Kepler notou que essas observações obedeciam a três leis matemáticas e então propôs as "Três leis de Kepler". A explicação para o comportamento dos planetas veio mais tarde com Isaac Newton. Já estudamos a Teoria da gravitação Universal proposta por Newton. Agora, veremos as três leis de Kepler:

4.3.1 Primeira Lei – Lei das órbitas

Os planetas se movem ao redor do Sol em uma trajetória elíptica. Nessa trajetória, o Sol ocupa um dos focos da elipse.

4.3.2 Velocidade areolar

A velocidade areolar é uma velocidade associada a um corpo que está em uma órbita (estudaremos órbitas elípticas e circulares).

$$\boxed{V_{areolar} = \frac{Área_{percorrida}}{\Delta t}}$$

4.3.3 Segunda Lei – Lei das áreas

Um planeta, que está descrevendo uma órbita circular ou elíptica, percorre áreas iguais em tempos iguais. Em outras palavras, a velocidade areolar é constante.

4.3.4 Terceira Lei

Antes de enuncia-la, veremos que a lei da gravitação universal (já estudada anteriormente) pode ser obtida através da terceira de lei de Kepler e da primeira lei de Newton.

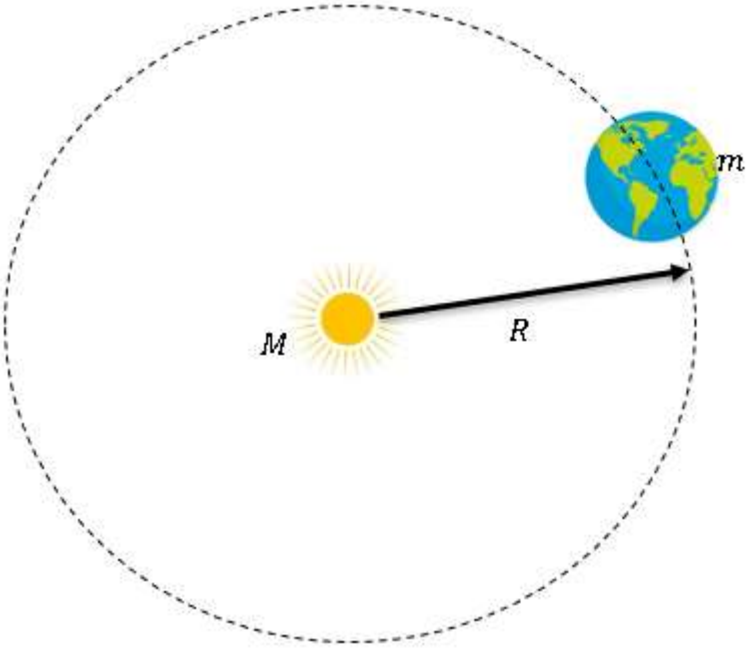


Figura 15: Orbita circular.

Considere um planeta de massa m que orbita uma estrela de massa M em uma órbita circular de raio R. O planeta sofre ação da força gravitacional (formulada anteriormente).

$$F_G = \frac{G \cdot M \cdot m}{D^2}$$

Como a distância entre os corpos vale R, temos:

$$F_G = \frac{G \cdot M \cdot m}{R^2}$$

Essa força gravitacional atua como resultante centrípeta do movimento circular.

$$F_G = \frac{G \cdot M \cdot m}{R^2} = Rcpt = \frac{mv^2}{R}$$

A resultante centrípeta pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$Rcpt = \frac{mv^2}{R} = \frac{m \cdot (\omega \cdot R)^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot R = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot R}{T^2}$$

$$Rcpt = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot R}{T^2}$$

Assim, temos:

$$F_G = Rcpt$$

$$\frac{G \cdot M \cdot m}{R^2} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot R}{T^2}$$

Ajeitando os termos:

$$\boxed{\frac{T^2}{R^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M} = constante}$$

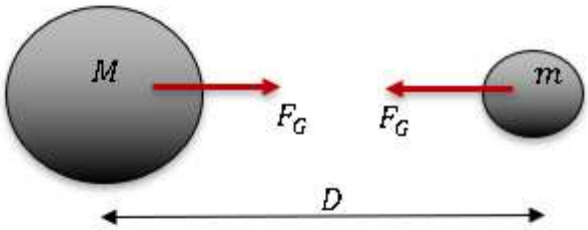
***Terceira Lei** – Para corpos que orbitam a mesma estrela (ou outro corpo), a razão entre seu período ao quadrado e seu raio ao cubo é um valor constante.*

Note que para corpos que orbitam estrelas distintas o valor de M não é o mesmo e, portanto, a razão não permanece constante.

Conclui-se, portanto, que a lei da Gravitação Universal comprova as leis propostas por Kepler. 😊

5 – Energia potencial gravitacional

Considere um sistema de dois corpos de massas m e M, respectivamente. Entre os corpos há uma força de atração gravitacional F_g.



Podemos associar a esse sistema (corpo de massa M e corpo de massa m) uma energia potencial. Essa energia potencial é chamada de energia potencial gravitacional E_{pg}.

$$\boxed{E_{pg} = -\frac{G \cdot M \cdot m}{D}}$$

Observação: A energia potencial gravitacional é nula no infinito. Ou seja, quando os corpos estão muito distantes um do outro.

6 – Sistema solar

O sistema solar é um sistema composto por uma estrela (denominada Sol) e por corpos celestes a orbitando. Os corpos celestes, que têm dimensões significativas, que estão orbitando o Sol são chamados de Planetas.

Atualmente, o sistema solar é composto de 8 planetas e seus respectivos satélites naturais. Nosso satélite natural é a lua. O planeta mais próximo do sol é Mercúrio e o mais afastado é Netuno. Entre eles, do mais próximo para o mais afastado do sol, temos: Vênus , Terra, Marte, Júpiter, Saturno e Urano. Veja na figura 16 a representação do sistema solar.

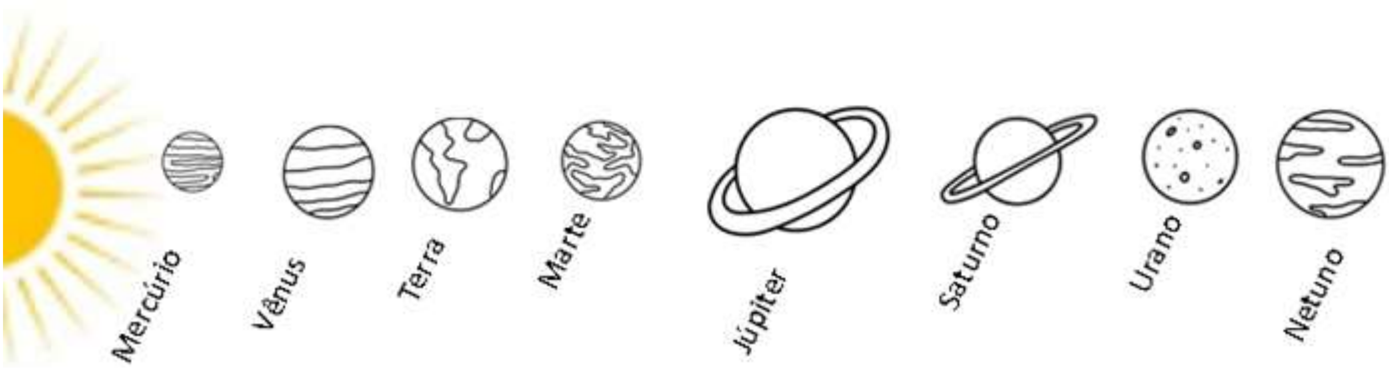


Figura 16: Sistema solar fora de escala.

A seguir, há uma tabela com algumas características dos planetas do nosso sistema solar. Alguns dados são aproximados e não refletem o cenário real. As estimativas abaixo fornecem uma boa ideia da ordem de grandeza das medidas.

Planeta	Raio (km)	Temperatura na superfície (°C)	Distância média até o sol $(10^6 km)$	Período de translação
Mercúrio	2500	$-173 < T < 427$	58	88 dias
Vênus	6000	462	110	225 dias
Terra	3400	$-88 < T < 58$	150	365 dias
Marte	6400	$-87 < T < -5$	230	685 dias
Júpiter	70000	-------------	780	12 anos
Saturno	58000	-------------	1430	30 anos
Urano	25000	-------------	2870	84 anos
Netuno	24500	-------------	4500	165 anos

Podemos perceber que mesmo dentro do nosso sistema solar, as condições em cada planeta são muito distintas e, na maioria delas, adversárias à vida. Com isso, finalizamos nosso estudo da gravitação. Espero que você tenha aprendido e se divertido também! 😊

UFAAAA !!!

Chegamos ao fim da parte teórica 😊. Se você ficou com alguma dúvida, volte e releia a teoria e os exemplos resolvidos. Faça uma pausa e vá com força total para o exercícios!

Lista de Questões

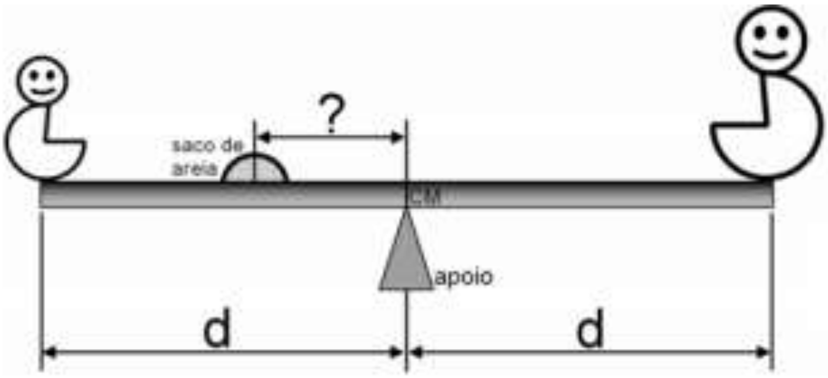
1.(EEAR 2016)

A atração gravitacional que o Sol exerce sobre a Terra vale $3{,}5.10^{22}$N. A massa da Terra vale $6{,}0.10^{24}$ kg. Considerando que a Terra realiza um movimento circular uniforme em torno do Sol, sua aceleração centrípeta (m/s²) devido a esse movimento é, aproximadamente:

a) $6{,}4.10^{2}$
b) $5{,}8.10^{-3}$
c) $4{,}9.10^{-2}$
d) $2{,}1.10^{3}$

2.(EEAR 2016)

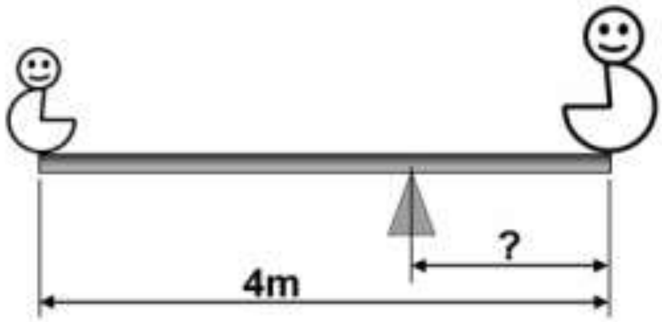
Dois garotos de massas iguais a 40 kg e 35 kg sentaram em uma gangorra de 2 metros de comprimento para brincar. Os dois se encontravam à mesma distância do centro de massa e do apoio da gangorra que coincidiam na mesma posição. Para ajudar no equilíbrio foi usado um saco de 10 kg de areia. Considerando o saco de areia como ponto material, qual a distância, em metros, do saco de areia ao ponto de apoio da gangorra?



a) 2,0
b) 1,5
c) 1,0
d) 0,5

3.(EEAR 2016)

Dois garotos decidem brincar de gangorra usando uma prancha de madeira de massa igual a 30 kg e 4 metros de comprimento, sobre um apoio, conforme mostra a figura.



Sabendo que um dos garotos tem 60 kg e o outro 10 kg, qual a distância, em metros, do apoio à extremidade em que está o garoto de maior massa?

a) *1*
b) *2*
c) *3*
d) *4*

4.(EEAR 2017)

Dois corpos de massas m_1 e m_2 estão separados por uma distância d e interagem entre si com uma força gravitacional F. Se duplicarmos o valor de m_1 e reduzirmos a distância entre os corpos pela metade, a nova força de interação gravitacional entre eles, em função de F, será:

a) *F/8*
b) *F/4*
c) *4F*
d) *8F*

5.(EEAR 2017)

Em Júpiter a aceleração da gravidade vale aproximadamente 25 m/s² (2,5 x maior do que a aceleração da gravidade da Terra). Se uma pessoa possui na Terra um peso de 800 N, quantos newtons esta mesma pessoa pesaria em Júpiter? (Considere a gravidade na Terra g=10 m/s²).

a) *36*
b) *80*
c) *800*
d) *2000*

6.(EEAR 2018)

Uma nave espacial de massa M é lançada em direção à lua. Quando a distância entre a nave e a lua é de $2{,}0.10^8$ m, a força de atração entre esses corpos vale F. Quando a distância entre a nave e a lua diminuir para $0{,}5.10^8$ m, a força de atração entre elas serão:

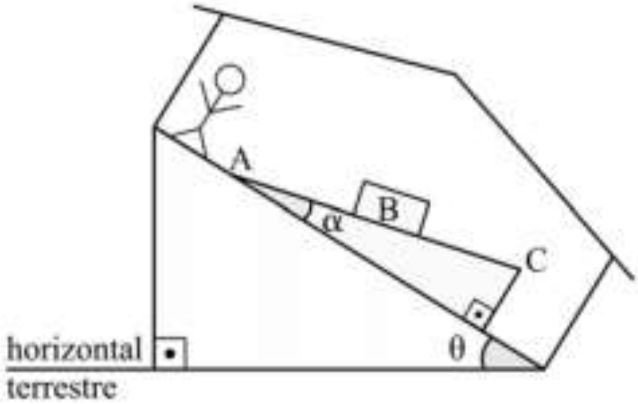
a) *F/8*
b) *F/4*
c) *F/16*
d) *16F*

7.(EEAR 2018)

Em alguns parques de diversão há um brinquedo em que as pessoas se surpreendem ao ver um bloco aparentemente subir uma rampa que está no piso de uma casa sem a aplicação de uma força. O que as pessoas não percebem é que o piso dessa casa está sobre um outro plano inclinado que faz com que o bloco, na verdade, esteja descendo a rampa em relação a horizontal terrestre. Na figura a seguir, está representada uma rampa com uma inclinação α em relação ao piso da casa e uma pessoa observando o bloco (B) "subindo" a rampa (desloca-se da posição A para a posição C).

Dados:

1) a pessoa, a rampa, o plano inclinado e a casa estão todos em repouso entre si e em relação a horizontal terrestre.
2) considere P = peso do bloco.
3) desconsidere qualquer atrito.



Nessas condições, a expressão da força responsável por mover esse bloco a partir do repouso, para quaisquer valores de θ e α que fazem funcionar corretamente o brinquedo, é dada por:

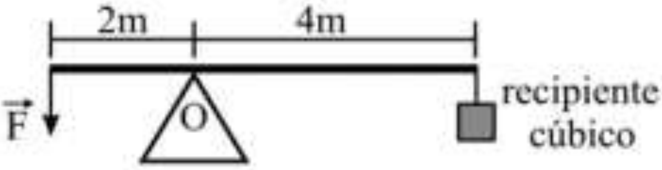
a) $P.sen(\theta+\alpha)$
b) $P.sen(\theta-\alpha)$
c) $P.sen\alpha$
d) $P.sen\theta$

8.(EEAR 2018)

Uma barra de 6 m de comprimento e de massa desprezível é montada sobre um ponto de apoio (O), conforme pode ser visto na figura. Um recipiente cúbico de paredes finas e de massa desprezível com 20 cm de aresta é completamente cheio de água e, em seguida, é colocado preso a um fio na outra extremidade. A intensidade da força F, em N, aplicada na extremidade da barra para manter em equilíbrio todo o conjunto (barra, recipiente cúbico e ponto de apoio) é:

Adote:

1) o módulo da aceleração da gravidade no local igual a 10 m/s² ;
2) densidade da água igual a 1,0 g/cm³ ; e
3) o fio, que prende o recipiente cúbico, ideal e de massa desprezível.



a) 40
b) 80
c) 120

d) *160*

9.(EEAR 2019)
Um astronauta de massa m e peso P foi levado da superfície da Terra para a superfície de um planeta cuja aceleração da gravidade, em módulo, é igual a um terço da aceleração da gravidade registrada na superfície terrestre. No novo planeta, os valores da massa e do peso desse astronauta, em função de suas intensidades na Terra, serão respectivamente:

a) *m/3, P*
b) *m, P*
c) *m, P/3*
d) *m/3, P/3*

10.(EEAR 2019)
No estudo da Estática, para que um ponto material esteja em equilíbrio é necessário e suficiente que:

a) *A resultante das forças exercidas sobre ele seja nula.*
b) *A soma dos momentos das forças exercidas sobre ele seja nula.*
c) *A resultante das forças exercidas sobre ele seja maior que sua força peso.*
d) *A resultante das forças exercidas sobre ele seja menor que sua força peso.*

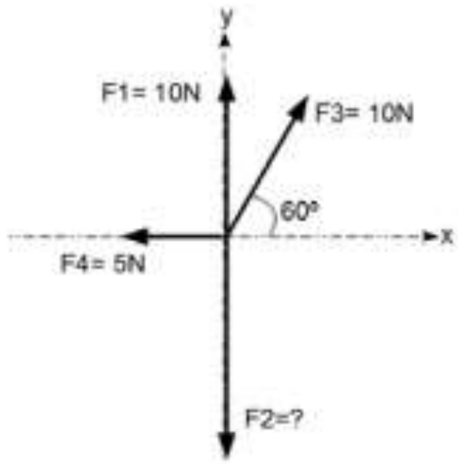
11.(EEAR 2020)
Um satélite cujo raio da órbita vale R gira ao redor da Terra com velocidade angular constante ω. Por necessidade técnica será feito um ajuste na trajetória que dobrará o raio orbital desse satélite, fazendo-o girar com uma nova velocidade angular constante ω'. A razão ω/ω' vale:

a) $2\sqrt{2}$
b) $\sqrt{2}/2$
c) 2
d) $1/2$

12.(EEAR 2016)
Quando um paraquedista salta de um avião sua velocidade aumenta até certo ponto, mesmo antes de abrir o paraquedas. Isso significa que em determinado momento sua velocidade de queda fica constante. A explicação física que justifica tal fato é:

a) *ele perde velocidade na queda porque saiu do avião.*
b) *a força de atrito aumenta até equilibrar com a força peso.*
c) *a composição da força peso com a velocidade faz com que a última diminua.*
d) *ao longo de toda a queda a resultante das forças sobre o paraquedista é nula.*

13.(EEAR 2017)
A figura a seguir representa quatro forças F1, F2, F3 e F4 aplicadas sobre uma partícula de massa desprezível. Qual deverá ser o valor de F2, em newtons, para que a força resultante sobre a partícula seja nula?
Dados: sen 60° = 0,86; cos 60° = 0,5

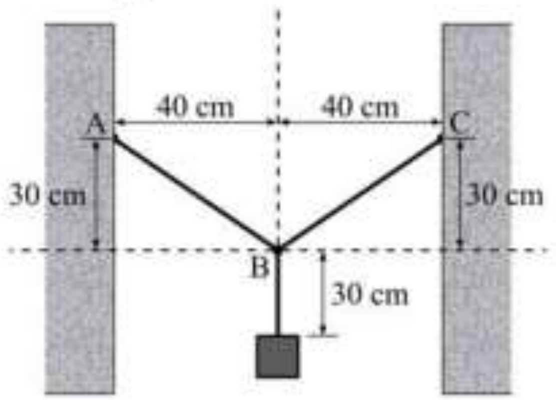


a) zero
b) 5
c) 10
d) 18,6

14.(EEAR 2018)

Um pedreiro decidiu prender uma luminária de 6 kg entre duas paredes. Para isso dispunha de um fio ideal de 1,3 m que foi utilizado totalmente e sem nenhuma perda, conforme pode ser observado na figura. Sabendo que o sistema está em equilíbrio estático, determine o valor, em N, da tração que existe no pedaço AB do fio ideal preso à parede.

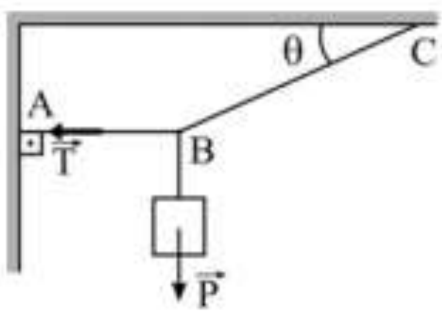
Adote o módulo da aceleração da gravidade no local igual a 10 m/s².



a) 30
b) 40
c) 50
d) 60

15.(EEAR 2019)

O sistema apresentado na figura a seguir está em equilíbrio estático. Sabe-se que os fios são ideais, que o corpo suspenso está sujeito a uma força-peso P, que o ângulo θ tem valor de 30° e que a tração T presente no fio AB tem intensidade igual a $100\sqrt{3}$ N. Determine, em newtons, o valor da intensidade da força-peso P.



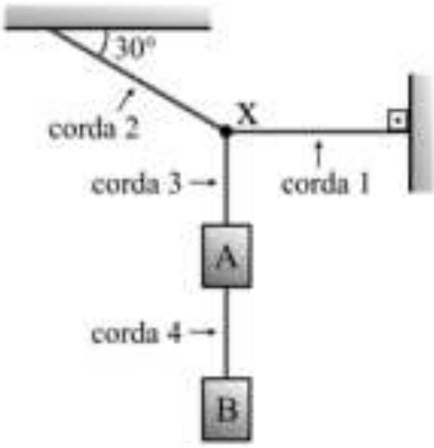
a) 10
b) 50
c) 100

d) *200*

16.(EEAR 2020)

No sistema representado na figura a seguir, tem-se dois corpos A e B, sendo que o corpo A tem massa igual a 10 kg e o sistema está em equilíbrio estático. Esse sistema é composto por cordas ideais (massas desprezíveis e inextensíveis), além disso, na corda 2 tem-se uma tração de intensidade igual a 300 N.

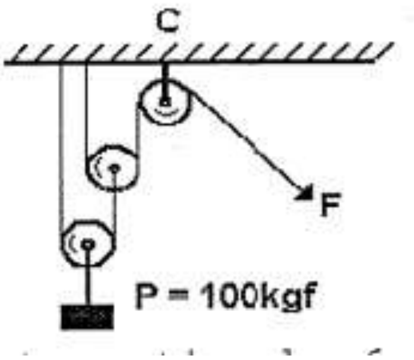
Admitindo a aceleração da gravidade no local igual a 10 m/s², determine, respectivamente, em kg, a massa do corpo B e, em N, o valor da intensidade da tração na corda 4, que prende o corpo B ao corpo A.



a) *5 e 5*
b) *10 e 10*
c) *5 e 50*
d) *15 e 150*

17.(EAM 2005)

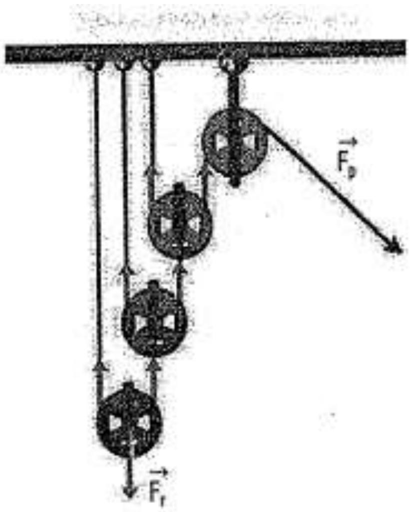
A figura abaixo representa um tipo de máquina simples utilizada no dia-a-dia para erguer grandes massas. Qual deverá ser o valor da força F, em kgf, para que o sistema permaneça em equilíbrio?



a) *5*
b) *10*
c) *15*
d) *20*
e) *25*

18.(EAM 2006)

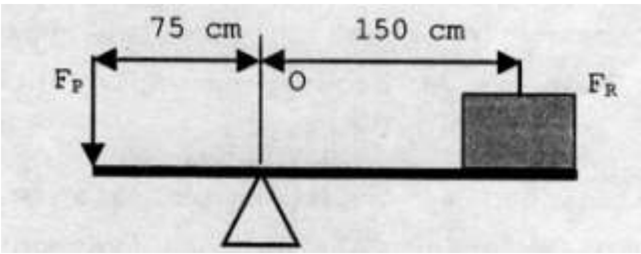
Um marinheiro utiliza uma associação de roldanas, como a da figura abaixo, para erguer um barco de peso P = 1600 N.



Sabendo-se que essa associação tem 3 roldanas móveis, qual deve ser a força aplicada pelo marinheiro para manter o barco em equilíbrio?

a) 50 N
b) 100 N
c) 200 N
d) 250 N
e) 300 N

19.(EAM 2007)
Observe:

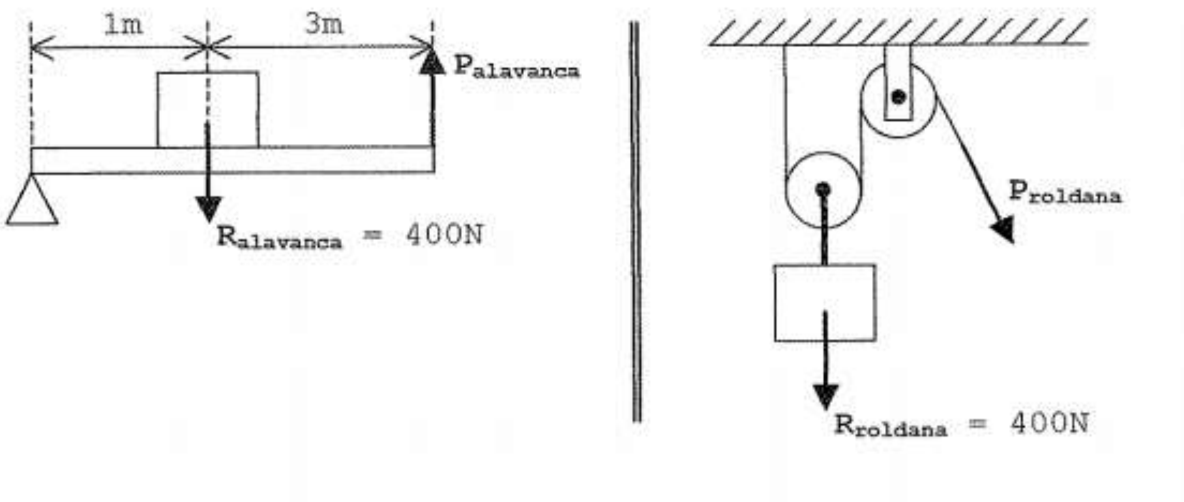


A figura acima mostra um bloco de peso P = 50 N apoiado sobre uma alavanca. Qual a intensidade da força de potência (F_p) necessária para que a alavanca fique em equilíbrio na horizontal?

a) 75000 N
b) 1000 N
c) 800 N
d) 100 N
e) 50 N

20.(EAM 2008)

Analise as ilustrações a seguir:



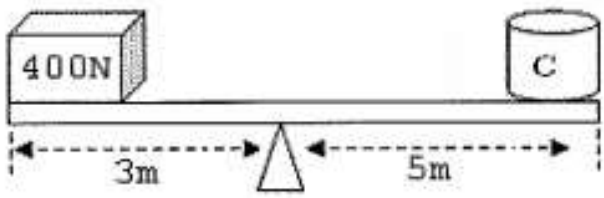
A finalidade das máquinas simples é diminuir o esforço a ser empregado na realização de um trabalho.

Com relação às situações mostradas nas ilustrações, cujas forças estão em equilíbrio, é correto afirmar que:

a) $P_{alavanca} > P_{roldana}$
b) $P_{alavanca} = P_{roldana}$
c) $P_{alavanca} < P_{roldana}$
d) $P_{alavanca} = 200\ N$
e) $P_{roldana} = 100\ N$

21.(EAM 2010)

O sistema representado abaixo entra em equilíbrio quando um corpo "C" é colocado na posição indicada na figura.

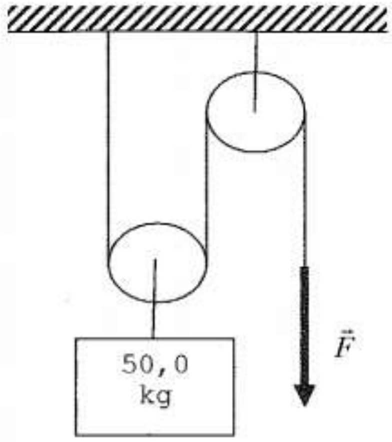


Considerando que a gravidade local seja igual a 10 m/s² e desprezando o peso da barra, é correto afirmar que a massa do corpo "C" vale:

a) *12kg*
b) *18kg*
c) *24kg*
d) *30kg*
e) *36kg*

22.(EAM 2014)

Observe a figura a seguir:



Alguns marinheiros são designados para abastecer um armazém (paiol) de explosivos com caixas de 50,0kg de explosivos cada uma. Para levantar cada caixa com maior facilidade os marinheiros montaram uma associação de roldanas representadas na figura acima.

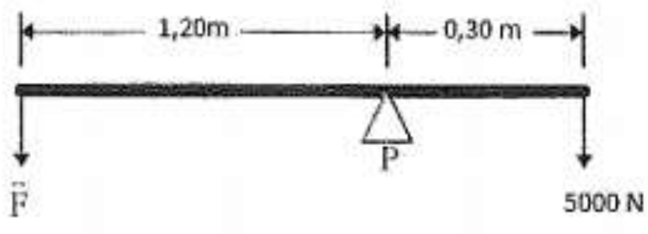
Qual a intensidade da força "F", em newtons, que um marinheiro deve exercer para manter uma caixa em equilíbrio estático ou fazê-la subir com velocidade constante?

Dado: Gravidade local "g" = 10 m/s²

a) 25 N
b) 50 N
c) 250 N
d) 500 N
e) 1000 N

23.(EAM 2015)

Observe a figura abaixo:



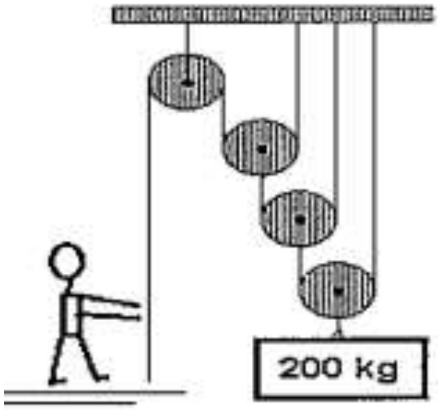
Suponha que um marinheiro levantou uma caixa de 500kg, utilizando uma alavanca. Qual é a força que ele deve aplicar na extremidade da alavanca para manter a caixa em equilíbrio?

Dado: g = 10 m/s²

a) 1200 N
b) 1230 N
c) 1250 N
d) 1300 N
e) 1500 N

24.(EAM 2017)

Um marinheiro utiliza um sistema de roldanas com o objetivo de erguer um corpo de 200kg de massa, conforme figura abaixo.



Considerando a gravidade local igual a 10 m/s², pode-se afirmar que a força exercida pelo marinheiro no cumprimento dessa tarefa foi de:

a) 100 N
b) 250 N
c) 500 N
d) 1000 N
e) 2000 N

25.(AFA 2004)

Quando um satélite artificial geoestacionário, em órbita circular em torno da Terra, afirma-se que:

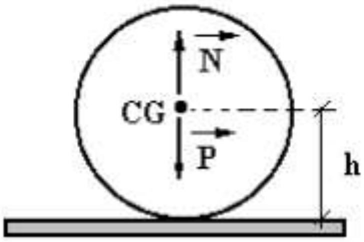
I. A força que o mantém em órbita é de natureza gravitacional
II. Seu período é de 24 horas
III. Sua aceleração é nula

É (são) correta(s), apenas a(s) afirmativa(s):

a) II
b) I e II
c) I e III
d) II e III

26. (EEAR 2008)

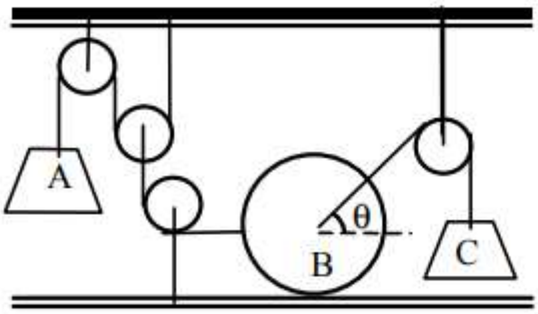
Observando a esfera da figura abaixo apoiada num plano horizontal, qualquer que seja a posição da mesma no plano, verificamos que a altura "h" (do centro de gravidade em relação ao plano) se mantém constante.
Isto caracteriza o equilíbrio ________.



a) *indiferente*
b) *instável*
c) *perfeito*
d) *estável*

27. (EEAR 2010)

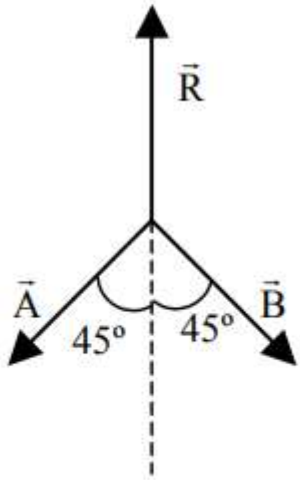
No equilíbrio do sistema esquematizado, a esfera B está na iminência de sair do plano onde se apoia, isto é, não recebe a reação normal do apoio. Sabe-se que o bloco A e a esfera B pesam, respectivamente, 40 N e 60 N. Considere os fios e as roldanas (ideais) de massas desprezíveis. O peso do bloco C, em N, vale:



a) *90*
b) *100*
c) *120*
d) *160*

28. (EEAR 2012)

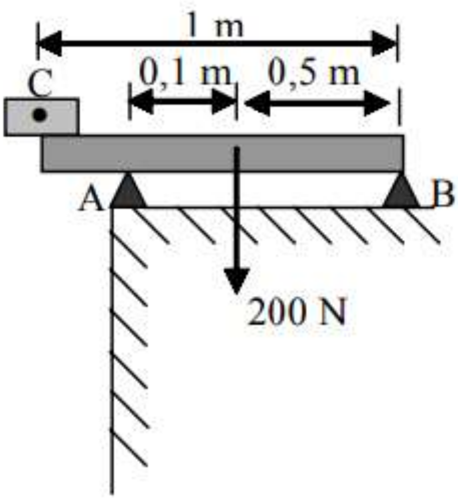
No sistema de forças representado na figura a seguir, o módulo do vetor resultante $\vec{R}$, que equilibra o sistema é de ___ newtons.
Obs.:
1) $|\vec{A}| = |\vec{B}| = \sqrt{2}\,N$
2) Os três vetores são coplanares.



a) 1,0
b) 2,0
c) $\sqrt{2}$
d) $2\sqrt{2}$

29. (EEAR 2013)

A barra homogênea, representada a seguir, em 1m de comprimento, está submetida a uma força-peso de módulo igual a 200 N e se encontra equilibrada na horizontal sobre dois apoios A e B. Um bloco, homogêneo e com o centro de gravidade C, é colocado na extremidade sem apoio, conforme o desenho. Para a barra iniciar um giro no sentido anti-horário, apoiado em A e com um momento resultante igual a +10 N.m, esse bloco deve ter uma massa igual a ____ kg.
Considere: módulo da aceleração da gravidade igual a 10 m/s².



a) 7,5
b) 2,5
c) 75
d) 25

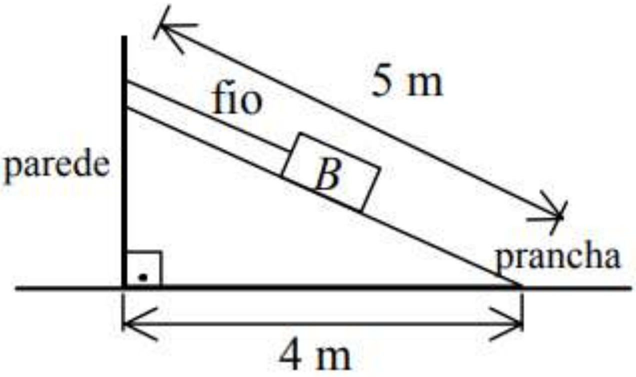
30. (EEAR 2013)

Conforme a definição da Lei da Gravitação Universal, a constante gravitacional universal ($G = 6{,}67\ x\ 10^{-11}\,\frac{N\,m^2}{kg^2}$)

a) varia com a altitude terrestre.
b) varia com a latitude terrestre.
c) é válida para quaisquer dois corpos no Universo.
d) é válida somente em lugares específicos do Universo.

31. (EEAR 2014)

Uma prancha de madeira tem 5 metros de comprimento e está apoiada numa parede, que está a 4 metros do início da prancha, como pode ser observado na figura. Nessa situação um bloco B, em repouso, de massa igual a 5 kg, produz num fio inextensível preso a parede uma tração de ________ N.
Dados: Admita a aceleração da gravidade no local igual a 10 m/s².



a) 20
b) 30
c) 40
d) 50

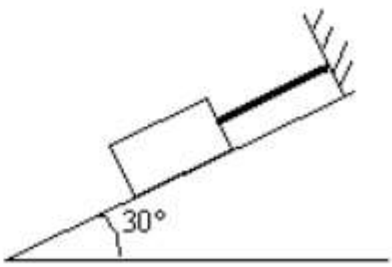
32. (EEAR 2007)

Considere um sistema em equilíbrio que está submetido a duas forças de intensidades iguais a 10N cada uma, formando entre si um ângulo de 120°. Sem alterarmos as condições de equilíbrio do sistema, podemos substituir essas duas forças por uma única de intensidade, em N, igual a

a) $10\sqrt{3}$.
b) $10\sqrt{2}$.
c) 10.
d) 5.

33. (EEAR 2008)

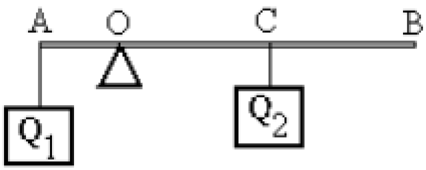
A figura abaixo representa um corpo de massa 80 kg, em repouso, sobre um plano inclinado 30° em relação à horizontal. Considere g = 10 m/s², ausência de atritos e a corda inextensível e de massa desprezível. O módulo da tração sobre a corda, para que o corpo continue em equilíbrio é _____ N.



a) 200
b) 400
c) 600
d) 800

34. (EEAR 2009)

Uma barra AB, rígida e homogênea, medindo 50 cm de comprimento e pesando 20 N, encontra-se equilibrada na horizontal, conforme a figura abaixo.
O apoio, aplicado no ponto O da barra, está a 10 cm da extremidade A, onde um fio ideal suspende a carga $Q_1 = 50$ N.
A distância, em cm, entre a extremidade B e o ponto C da barra, onde um fio ideal suspende a carga $Q_2 = 10$ N, é de:



a) 5
b) 10
c) 15
d) 20

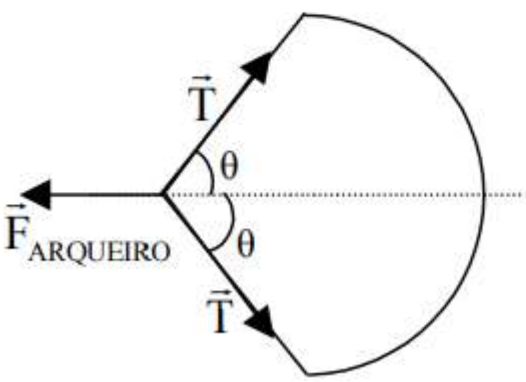
35. (EEAR 2009)

Em uma galáxia muito distante, dois planetas de massas iguais a $3 \cdot 10^{24}$ kg e $2 \cdot 10^{22}$ kg, estão localizados a uma distância de $2 \cdot 10^5$ km um do outro. Admitindo que a constante de gravitação universal G vale $6{,}7 \cdot 10^{-11}$ N . m²/kg², determine a intensidade, em N, da força gravitacional entre eles.

a) $20{,}1 \cdot 10^{27}$
b) $20 \cdot 10^{43}$
c) $10{,}05 \cdot 10^{19}$
d) $10{,}05 \cdot 10^{25}$

36. (EEAR 2009)

Durante a idade média, a introdução do arco gaulês nas batalhas permitiu que as flechas pudessem ser lançadas mais longe, uma vez que o ângulo θ (ver figura) atingia maiores valores do que seus antecessores. Supondo que um arco gaulês possa atingir um valor θ=60°, então, a força aplicada pelo arqueiro ($\vec{F}_{ARQUEIRO}$) exatamente no meio da corda, para mantê-la equilibrada antes do lançamento da flecha é igual a _____ .
OBS: $\vec{T}$ é a tração a que está submetida a corda do arco gaulês.

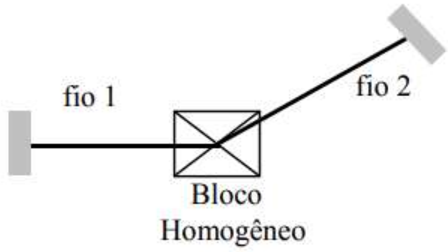


a) $|\vec{T}|$
b) $\frac{1}{2}|\vec{T}|$

c) $\frac{\sqrt{3}}{2}|\vec{T}|$
d) $\sqrt{3}|\vec{T}|$

37. (EEAR 2010)

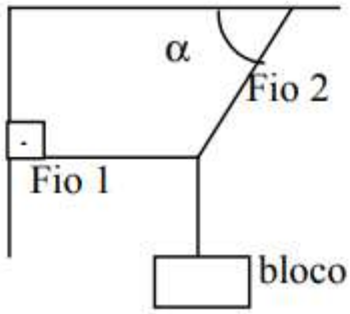
Considere que o sistema, composto pelo bloco homogêneo de massa M preso pelos fios 1 e 2, representado na figura a seguir está em equilíbrio. O número de forças que atuam no centro de gravidade do bloco é
Obs.: Considere que o sistema está na Terra.



a) 1
b) 2
c) 3
d) 5

38. (EEAR 2011)

Considere o sistema em equilíbrio representado na figura a seguir:

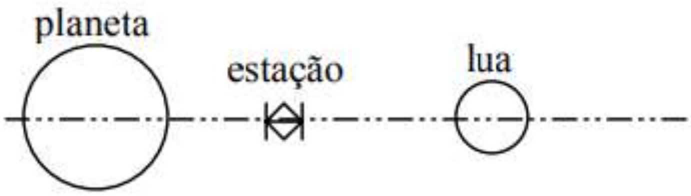


Para que a intensidade da tensão no fio 1 seja a metade da intensidade da tensão no fio 2, o valor do ângulo α, em graus, deve ser igual a
a) zero
b) 30
c) 45
d) 60

39. (EEAR 2011)

Em um planeta distante da Terra, em outro sistema planetário, cientistas, obviamente alienígenas, estudam a colocação de uma estação orbital entre o seu planeta e sua lua, conforme pode ser visto na figura. Visando ajudá-los, determine a que distância, em km, do centro do planeta a estação (considerada uma partícula) deve ser colocada, de forma que a resultante das forças gravitacionais que atuam sobre a estação seja nula.
Observações:

-Massa do planeta alienígena: $25 \cdot 10^{20}$ kg.
-Massa da lua alienígena: $4 \cdot 10^{18}$ kg.
-Distância do centro do planeta ao centro da lua: $312 \cdot 10^3$ km.
-Considere o instante em que o planeta, a lua e a estação estão alinhados, conforme a figura.



a) $2 \cdot 10^2$
b) $3 \cdot 10^5$
c) $4 \cdot 10^5$
d) $5 \cdot 10^4$

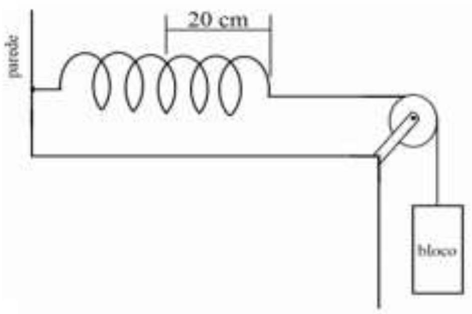
40. (EEAR 2015)

Uma partícula “X” deve estar em equilíbrio sob a ação de três forças coplanares e concorrentes de mesmo módulo e distribuídas de maneira a formar três ângulos. Os valores desses ângulos são, em gruas, iguais a

a) 120; 120 e 120.
b) 120; 150 e 90.
c) 150; 135 e 75.
d) 45; 45 e 270.

41. (EEAR 2015)

Uma mola está presa à parede e ao bloco de massa igual a 10 kg. Quando o bloco é solto a mola distende-se 20cm e mantém-se em repouso, conforme a figura mostrada a seguir. Admitindo o módulo aceleração da gravidade igual a 10 m/s², os atritos desprezíveis e o fio inextensível, determine, em N/m, o valor da constante elástica da mola.



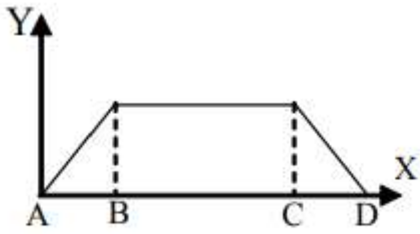
a) 5
b) 20
c) 200
d) 500

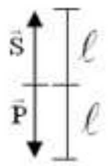
42. (EEAR 2015)

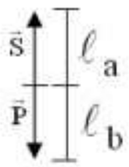
Sobre uma aeronave atuam duas forças na direção vertical e de sentidos opostos: o peso da aeronave ($\vec{P}$) (o módulo desse vetor considera o combustível, as cargas, as pessoas e a massa da aeronave) e a sustentação ($\vec{S}$). O gráfico a seguir relaciona a altitude (Y) e posição horizontal (X). Assinale, entre as alternativas aquela que melhor representa essas duas forças sobre a aeronave durante o deslocamento, horizontal, entre as posições B e C do gráfico.

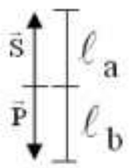
Considere que

1- ℓ, ℓa e ℓb são módulos dos vetores e
2- ℓa é menor que ℓb.



a) 

b) 

c) 

d) $\vec{S}$ e $\vec{P}$ são nulos

43. (AFA 2000)

A partir da superfície da Terra, um foguete, sem propulsão, de massa m, é lançado verticalmente, com velocidade $\vec{v}_0$ e atinge uma altitude máxima igual ao raio R da Terra. Sendo M a massa da Terra e G a constante de gravitação universal, o módulo de $\vec{v}_0$ é dado por

a) $\sqrt{\frac{GM}{R}}$

b) $\sqrt{\frac{GM}{2R}}$

c) $\sqrt{\frac{GM}{3R}}$

d) $\sqrt{\frac{3GM}{2R}}$

44. (AFA 1999)

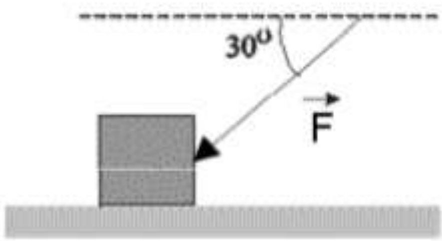
A altitude típica de um satélite de comunicação é da ordem de 36000 km e o raio da Terra é aproximadamente 6000 km. Designa-se por gO, a aceleração da gravidade nas vizinhanças da superfície terrestre e por gS, a aceleração gravitacional da Terra, na órbita do satélite. A partir dessas considerações, o valor da razão gO/gS é

a) 6
b) 7

c) 36
d) 49

45. (AFA 1999)

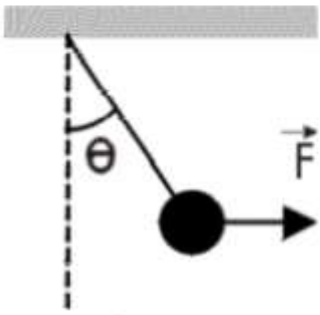
Um bloco de 20 kg é empurrado sobre um assoalho horizontal por uma força $\vec{F}$ que faz um ângulo de 30° com a horizontal, conforme mostra a figura abaixo. O coeficiente de atrito entre o bloco e o assoalho é 0,25. O valor da força $\vec{F}$, em newtons, necessária para colocar o bloco na iminência de deslizar é, aproximadamente,



a) 35,1
b) 46,2
c) 54,0
d) 68,0

46. (AFA 1999)

Uma esfera metálica de peso **P** está presa a uma das extremidades de um fio de massa desprezível, cuja extremidade oposta está ligada a um suporte fixo. Sabendo-se que o sistema está em equilíbrio, em uma posição na qual o fio forma com a vertical um ângulo θ, equilíbrio este conseguido pela ação de uma força horizontal **F** aplicada à esfera, pode-se afirmar que o módulo de tal força é



a) $P\ tg\ \vartheta$
b) $P/\ tg\ \vartheta$
c) $P\ cos\ \vartheta$
d) $P/\ cos\ \vartheta$

47. (AFA 1999)

Pode-se afirmar que, quando a distância entre duas massas m_1 e m_2 é reduzida pela metade, a força de atração gravitacional entre elas é

a) duas vezes maior.
b) duas vezes menor.
c) quatro vezes maior.
d) quatro vezes menor.

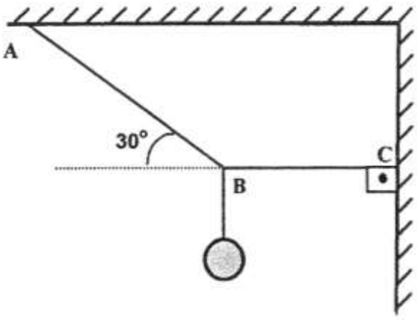
48. (AFA 1999)

De acordo com Johannes Kepler (1571-1630), "o quadrado do período de qualquer planeta é proporcional ao cubo do semi-eixo maior de sua órbita". Com respeito à órbita da Terra em relação ao Sol, sabe-se que o período é de um ano e o semi-eixo maior é 15 x 10^{10} metros. A partir dessas informações, pode-se afirmar que a ordem de grandeza da constante de proporcionalidade, em s^2/m^3, é

a) 10^{-12}
b) 10^{-15}
c) 10^{-19}
d) 10^{-23}

49. (AFA 1999)

Um corpo é sustentado por duas cordas inextensíveis, conforme a figura.



Sabendo-se que a intensidade da tração na corda **AB** é de 80 N, a intensidade de tração na corda **BC** será

a) $60\ N.$
b) $40\ N.$
c) $40\sqrt{3}\ N.$
d) $60\sqrt{3}\ N.$

50. (AFA 2002)

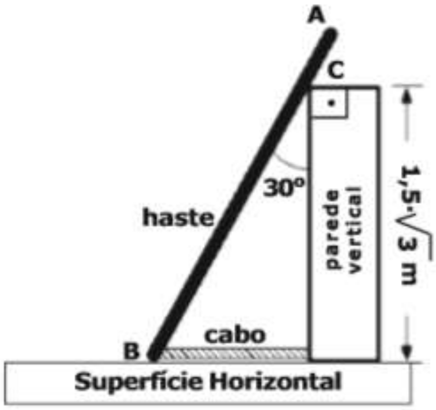
Considere a Terra um planeta de raio **R** estacionário no espaço. A razão entre os períodos de dois satélites, de mesma massa, em órbitas circulares de altura **R** e **3R**, respectivamente, é

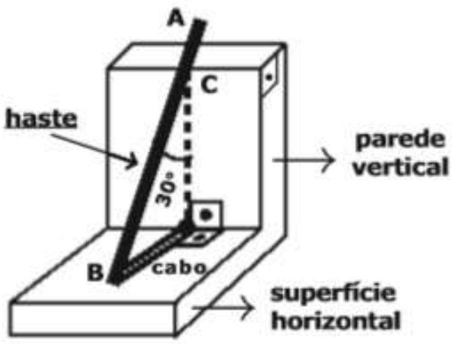
a) $\frac{1}{2}$
b) $\frac{3}{4}$
c) $\frac{\sqrt{2}}{4}$
d) $\frac{\sqrt{3}}{2}$

51. (ESPCEX 2017)

Uma haste AB rígida, homogênea com 4 m de comprimento e 20 N de peso, encontra-se apoiada no ponto C de uma parede vertical, de altura $1{,}5 \cdot \sqrt{3}$ m, formando um ângulo de 30° com ela, conforme representado nos desenhos abaixo. Para evitar o escorregamento da haste, um cabo horizontal ideal encontra-se fixo à extremidade da barra no ponto B e a outra extremidade do cabo, fixa à parede vertical. Desprezando todas as forças de atrito e considerando que a haste se encontra em equilíbrio estático, a força de tração no cabo é

igual a: Dados: $sen\ 30° = \cos 60° = 0{,}5$ e $sen\ 60° = \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$;





Desenhos Ilustrativos Fora de Escala

$a)\ \frac{7}{3}\sqrt{3}\ N$

$b)\ \frac{8}{3}\sqrt{3}\ N$

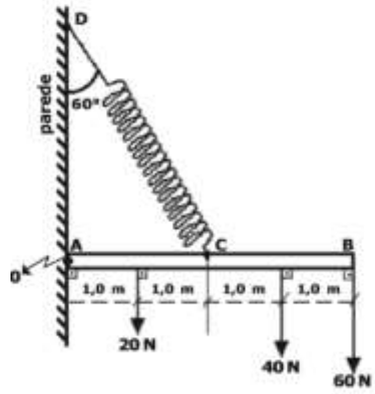
$c)\ \frac{10}{3}\sqrt{3}\ N$

$d)\ 6\sqrt{3}\ N$

$e)\ \frac{20}{3}\sqrt{3}\ N$

52. (ESPCEX 2018)

O ponto C de uma haste homogênea AB, de seção reta uniforme com massa desprezível, está preso, através de uma mola ideal, ao ponto D de uma parede vertical. A extremidade A da haste está articulada em O. A haste sustenta pesos de 20 N, 40 N e 60 N e está em equilíbrio estático, na horizontal, conforme representado no desenho abaixo. Sabendo que a deformação na mola é de 10 cm, então o valor da constante elástica da mola é:



$a)$ 1900 N/m

$b)$ 2400 N/m

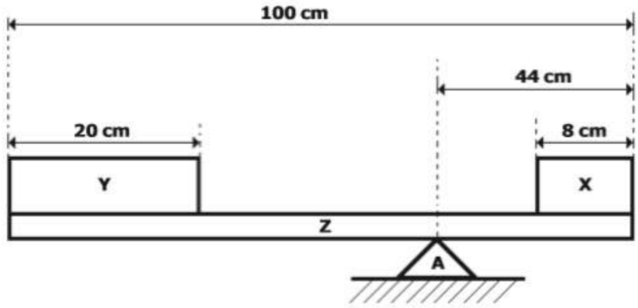
$c)$ 3800 N/m

$d)$ 4300 N/m

$e)$ 7600 N/m

53. (ESPCX 2019)

Uma viga rígida homogênea Z com 100 cm de comprimento e 10 N de peso está apoiada no suporte A, em equilíbrio estático. Os blocos X e Y são homogêneos, sendo que o peso do bloco Y é de 20 N, conforme o desenho abaixo. O peso do bloco X é



Desenho Ilustrativo-Fora de Escala

$a)$ 10,0 N.

$b)$ 16,5 N.

$c)$ 18,0 N.

$d)$ 14,5 N.

$e)$ 24,5 N.

54. (ESPCEX 2010)

O campo gravitacional da Terra, em determinado ponto do espaço, imprime a um objeto de massa de 1 kg a aceleração de 5 m/s². A aceleração que esse campo imprime a um outro objeto de massa de 3 kg, nesse mesmo ponto, é de:

a) 0,6 m/s²

b) 1 m/s²

c) 3 m/s²

d) 5 m/s²

e) 15 m/s²

55. (ESPCEX 2011)

Consideramos que o planeta Marte possui um décimo da massa da Terra e um raio igual à metade do raio do nosso planeta. Se o módulo da força gravitacional sobre um astronauta na superfície da Terra é igual a 700 N, na superfície de Marte seria igual a:

a) 700 N

b) 280 N

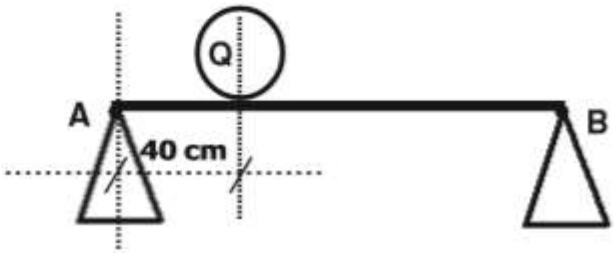
c) 140 N

d) 70 N

e) 17,5 N

56. (ESPCEX 2012)

Uma barra homogênea de peso igual a 50 N está em repouso na horizontal. Ela está apoiada em seus extremos nos pontos A e B, que estão distanciados de 2 m. Uma esfera Q de peso 80 N é colocada sobre a barra, a uma distância de 40 cm do ponto A, conforme representado no desenho abaixo:



A intensidade da força de reação do apoio sobre a barra no ponto B é de

a) 32 N

b) 41 N

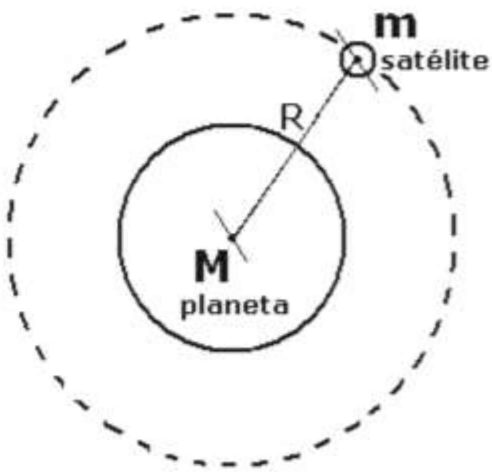
c) 75 N

d) 82 N

e) 130 N

57. (ESPCEX 2015 - Adaptada)

Um satélite esférico, homogêneo e de massa m, gira com velocidade angular constante em torno de um planeta esférico, homogêneo e de massa M, em uma órbita circular de raio R e período T, conforme figura abaixo. Considerando G a constante de gravitação universal, a massa do planeta em função de R, T e G é:



58. (CN – 2019)

Classifique com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmativas abaixo e, em seguida, marque a opção que apresenta a sequência correta.

( ) Um satélite em órbita em torno da Terra possui massa, no entanto, não possui peso.

( ) Uma nave espacial no espaço, livre de atrito e de toda e qualquer força de atração ou repulsão, permanecerá sempre em repouso ou em movimento.

( ) É necessário que um corpo esteja sob a ação de uma força resultante diferente de zero para permanecer em movimento.

( ) Sol e Terra se atraem com forças gravitacionais de intensidades diferentes.

( ) Peso e normal constituem um par ação-reação.

( ) Peso e massa são grandezas físicas vetoriais.

( ) A energia mecânica de um sistema, que é a soma da energia cinética com as potenciais, é sempre conservada.

$a)$ $(F)(V)(F)(F)(V)(V)(V)$

b) $(F)(V)(V)(V)(F)(F)(V)$

$c)$ $(V)(V)(V)(V)(F)(F)(V)$

$d)$ $(V)(F)(F)(F)(V)(F)(F)$

$e)$ $(F)(V)(F)(F)(F)(F)(F)$

59. (DESAFIO – ESPCEX 2021)

A gravidade na superfície de um planeta vale g. Determine a gravidade em ponto a uma profundidade de metade do raio do planeta.

a) g

b) g/10

c) g/3

d) g/4

e) g/2

60. (DESAFIO – ESPCEX 2021)

Dois satélites (1) e (2) orbitam um planeta com trajetórias circulares, cujos raios se relacionam com $R_1 = 4R_2$. Se o período do satélite (2) é de 50 dias, quantos dias demoram para o satélite (1) dar um quarto de volta?

a) 50

b) 100

c) 200

d) 250

e) 400

Gabarito

1. B	2. D	3. A	4. D	5. D
6. D	7. B	8. D	9. C	10. A
11. A	12. B	13. D	14. C	15. C
16. C	17. E	18. C	19. D	20. C
21. C	22. C	23. C	24. B	25. B
26. A	27. B	28. B	29. A	30. C
31. B	32. C	33. B	34. D	35. C
36. A	37. C	38. D	39. B	40. A
41. D	42. A	43. A	44. D	45. D
46. A	47. C	48. C	49. C	50. C
51. C	52. C	53. E	54. D	55. B
56. D	57.	58. E	59. E	60. B

Lista de Questões Resolvidas e Comentadas

1.(EEAR 2016)

A atração gravitacional que o Sol exerce sobre a Terra vale $3{,}5.10^{22}$N. A massa da Terra vale $6{,}0.10^{24}$ kg. Considerando que a Terra realiza um movimento circular uniforme em torno do Sol, sua aceleração centrípeta (m/s²) devido a esse movimento é, aproximadamente:

a) $6{,}4.10^{2}$
b) $5{,}8.10^{-3}$
c) $4{,}9.10^{-2}$
d) $2{,}1.10^{3}$

Comentário:

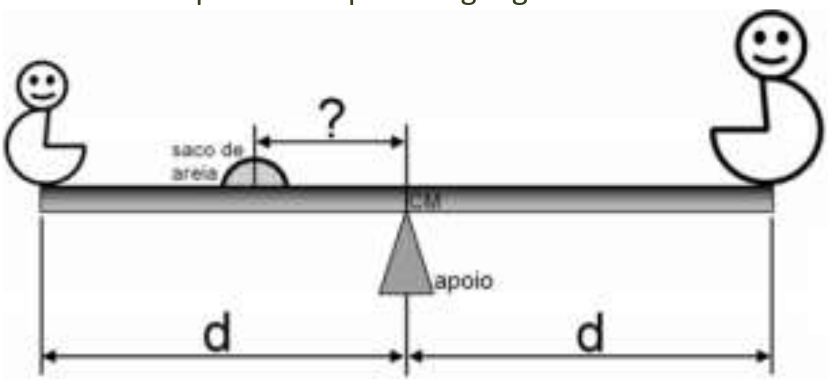
Sabendo que:

$$F_{gravitacional} = \frac{G.M.m}{d^2}$$
$$F_{cp} = F_{gravitacional}$$
$$3{,}5.10^{22} = 6{,}0.10^{24}.a_{cp}$$
$$\boldsymbol{a_{cp} = 5{,}8.10^{-3}\ m/s^2}$$

Gabarito: B

2.(EEAR 2016)

Dois garotos de massas iguais a 40 kg e 35 kg sentaram em uma gangorra de 2 metros de comprimento para brincar. Os dois se encontravam à mesma distância do centro de massa e do apoio da gangorra que coincidiam na mesma posição. Para ajudar no equilíbrio foi usado um saco de 10 kg de areia. Considerando o saco de areia como ponto material, qual a distância, em metros, do saco de areia ao ponto de apoio da gangorra?



a) 2,0
b) 1,5
c) 1,0
d) 0,5

Comentário:

Para que a barra não gire em relação ao apoio, temos que o somatório de torques em relação ao mesmo apoio deve ser nulo, logo:

$$350.d + 100.x = 400.d$$

Contudo, como a barra mede 2 metros:

$$2d = 2 \rightarrow \boldsymbol{d = 1\ metro}$$

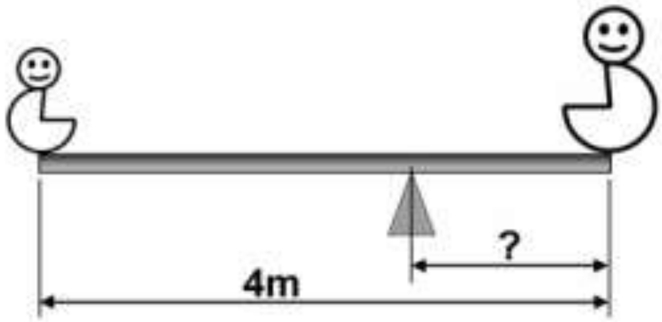
Assim:

$$100x = 50$$
$$\boldsymbol{x = 0,5}$$

Gabarito: D

3.(EEAR 2016)

Dois garotos decidem brincar de gangorra usando uma prancha de madeira de massa igual a 30 kg e 4 metros de comprimento, sobre um apoio, conforme mostra a figura.



Sabendo que um dos garotos tem 60 kg e o outro 10 kg, qual a distância, em metros, do apoio à extremidade em que está o garoto de maior massa?

a) 1
b) 2
c) 3
d) 4

Comentário:

Denominando a distância do apoio ao menino de maior massa de "x", temos que para que a gangorra permaneça em equilíbrio o somatório de torques em relação ao apoio é nulo, logo:

$$\boldsymbol{300.(2-x)} + 100.(4-x) = 600.x$$
$$\boldsymbol{x = 1\ metro}$$

Obs: É importante observar que o peso da prancha atua em seu centro de massa (distando 2m de cada extremidade).

Gabarito: A

4.(EEAR 2017)

Dois corpos de massas m_1 e m_2 estão separados por uma distância d e interagem entre si com uma força gravitacional F. Se duplicarmos o valor de m_1 e reduzirmos a distância entre os corpos pela metade, a nova força de interação gravitacional entre eles, em função de F, será:

a) F/8
b) F/4
c) 4F
d) 8F

Comentário:

Sabendo que:

$$F_{gravitacional} = \frac{G.M.m}{d^2}$$
$$F = \frac{G.m_1.m_2}{d^2}\ e\ F' = \frac{G.2m_1.m_2}{\left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

Assim:

$$\boldsymbol{F' = 8F}$$

Gabarito: D

5.(EEAR 2017)

Em Júpiter a aceleração da gravidade vale aproximadamente 25 m/s² (2,5 x maior do que a aceleração da gravidade da Terra). Se uma pessoa possui na Terra um peso de 800 N, quantos newtons esta mesma pessoa pesaria em Júpiter? (Considere a gravidade na Terra g=10 m/s²).

a) 36
b) 80
c) 800
d) 2000

Comentário:

Sabendo que:

$$F_{gravitacional} = \frac{G.M.m}{d^2}$$

$$m.\vec{g} = m.\frac{G.M}{d^2}$$

Desta forma:

$$m.10 = 800 \rightarrow \boldsymbol{m = 80kg}$$

Por fim:

$$\boldsymbol{\vec{P} = 80.25 = 2000\ N}$$

Gabarito: D

6.(EEAR 2018)

Uma nave espacial de massa M é lançada em direção à lua. Quando a distância entre a nave e a lua é de $2,0.10^8$ m, a força de atração entre esses corpos vale F. Quando a distância entre a nave e a lua diminuir para $0,5.10^8$ m, a força de atração entre elas será:

a) F/8
b) F/4
c) F/16
d) 16F

Comentário:

Sabendo que:

$$F_{gravitacional} = \frac{G.M.m}{d^2}$$

Como o sistema analisado é o mesmo, isto é, mesmo planeta e satélite, temos que G, M e m são constantes na equação abaixo:

$$F = \frac{G.M.m}{(2{,}0.10^8)^2}$$

$$F' = \frac{G.M.m}{(0{,}5.10^8)}$$

Por fim:

$$\boldsymbol{F' = 16F}$$

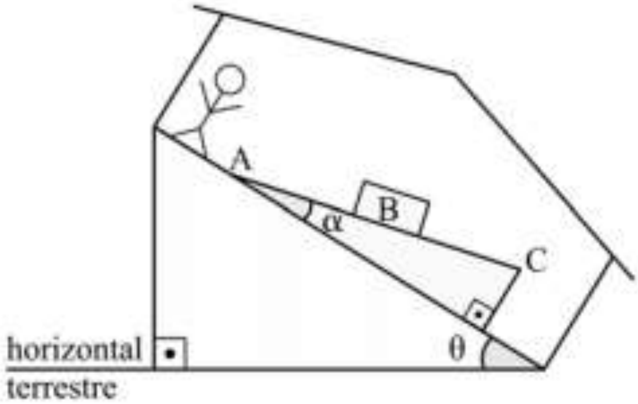
Gabarito: D

7.(EEAR 2018)

Em alguns parques de diversão há um brinquedo em que as pessoas se surpreendem ao ver um bloco aparentemente subir uma rampa que está no piso de uma casa sem a aplicação de uma força. O que as pessoas não percebem é que o piso dessa casa está sobre um outro plano inclinado que faz com que o bloco, na verdade, esteja descendo a rampa em relação a horizontal terrestre. Na figura a seguir, está representada uma rampa com uma inclinação α em relação ao piso da casa e uma pessoa observando o bloco (B) "subindo" a rampa (desloca-se da posição A para a posição C).

Dados:

4) a pessoa, a rampa, o plano inclinado e a casa estão todos em repouso entre si e em relação a horizontal terrestre.
5) considere P = peso do bloco.
6) desconsidere qualquer atrito.

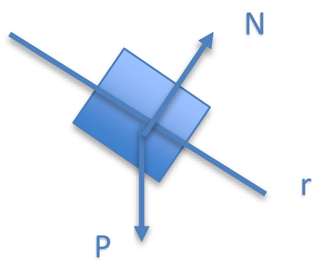


Nessas condições, a expressão da força responsável por mover esse bloco a partir do repouso, para quaisquer valores de θ e α que fazem funcionar corretamente o brinquedo, é dada por:

a) $P.sen(\theta+\alpha)$
b) $P.sen(\theta-\alpha)$
c) $P.sen\alpha$
d) $P.sen\theta$

Comentário:

É importante analisarmos a condição de deslizamento. Tal condição é a de que a força resultante atuando no bloco não seja nula. Assim, para facilitar os cálculos, traçaremos um eixo paralelo ao trecho AC:



Assim, decompondo a força Peso no eixo r, temos:

$$F_r = P.sen(\theta - \alpha)$$

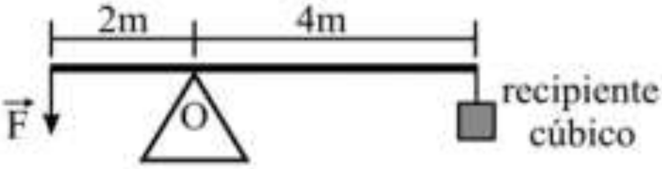
Gabarito: B

8.(EEAR 2018)

Uma barra de 6 m de comprimento e de massa desprezível é montada sobre um ponto de apoio (O), conforme pode ser visto na figura. Um recipiente cúbico de paredes finas e de massa desprezível com 20 cm de aresta é completamente cheio de água e, em seguida, é colocado preso a um fio na outra extremidade. A intensidade da força F, em N, aplicada na extremidade da barra para manter em equilíbrio todo o conjunto (barra, recipiente cúbico e ponto de apoio) é:

Adote:

4) o módulo da aceleração da gravidade no local igual a 10 m/s² ;
5) densidade da água igual a 1,0 g/cm³ ; e
6) o fio, que prende o recipiente cúbico, ideal e de massa desprezível.



a) *40*
b) *80*
c) *120*
d) *160*

Comentário:

Cálculo do volume e peso do cubo:

$$V = a^3 = 8000cm^3$$
$$m = 8000g = 8\ kg$$
$$\vec{P} = 80\ N$$

Para que barra não gire em relação ao apoio, temos que o somatório de torques em relação ao mesmo apoio deve ser nulo, portanto:

$$F.2 = 80.4$$
$$\boldsymbol{F = 160\ N}$$

Gabarito: D

9.(EEAR 2019)

Um astronauta de massa m e peso P foi levado da superfície da Terra para a superfície de um planeta cuja aceleração da gravidade, em módulo, é igual a um terço da aceleração da gravidade registrada na superfície terrestre. No novo planeta, os valores da massa e do peso desse astronauta, em função de suas intensidades na Terra, serão respectivamente:

a) *m/3, P*
b) *m, P*
c) *m, P/3*
d) *m/3, P/3*

Comentário:

É importante observar que a massa do astronauta não depende do planeta o qual ele se encontra. O mesmo não se pode afirmar de seu peso, o qual é estritamente dependente da gravidade do planeta.

$$Peso = massa.\,gravidade$$
$$P' = m.\frac{g}{3} = P/3$$

Gabarito: C

10.(EEAR 2019)

No estudo da Estática, para que um ponto material esteja em equilíbrio é necessário e suficiente que:

a) A resultante das forças exercidas sobre ele seja nula.
b) A soma dos momentos das forças exercidas sobre ele seja nula.
c) A resultante das forças exercidas sobre ele seja maior que sua força peso.
d) A resultante das forças exercidas sobre ele seja menor que sua força peso.

Comentário:

Para que um corpo esteja em equilíbrio, a força resultante atuante deve ser nula, pois dessa forma não existe aceleração resultante.

Gabarito: A

11.(AFA 2010)

Um satélite cujo raio da órbita vale R gira ao redor da Terra com velocidade angular constante ω. Por necessidade técnica será feito um ajuste na trajetória que dobrará o raio orbital desse satélite, fazendo-o girar com uma nova velocidade angular constante ω' . A razão ω/ω' vale:

a) $2\sqrt{2}$
b) $\sqrt{2}/2$
c) 2
d) 1/2

Comentário:

Sabendo que:

$$F_{gravitacional} = \frac{G.M.m}{R^2} \text{ e } F_{cp} = m\omega^2.R$$

Para que o corpo permaneça em órbita:

$$F_{gravitacional} = F_{centrípeta}$$

Na primeira situação:

$$\frac{G.M.m}{R^2} = m.\omega^2.R$$

$$\omega^2 = \frac{G.M}{R^3}$$

Na segunda situação:

$$\frac{G.M.m}{(2R)^2} = m.\omega'^2.2R$$

$$\omega'^2 = \frac{G.M}{(2R)^3}$$

Por fim, a razão pedida é:

$$\boldsymbol{\frac{\omega}{\omega'} = 2\sqrt{2}}$$

Gabarito: A

12.(EEAR 2016)

Quando um paraquedista salta de um avião sua velocidade aumenta até certo ponto, mesmo antes de abrir o paraquedas. Isso significa que em determinado momento sua velocidade de queda fica constante. A explicação física que justifica tal fato é:

a) ele perde velocidade na queda porque saiu do avião.
b) a força de atrito aumenta até equilibrar com a força peso.
c) a composição da força peso com a velocidade faz com que a última diminua.
d) ao longo de toda a queda a resultante das forças sobre o paraquedista é nula.

Comentário:

O paraquedista ao cair em queda livre, está sujeito à duas forças: Força Peso e a força de atrito com o ar. Num primeiro momento, a força resultante não é nula, o que confere ao paraquedista uma aceleração e, portanto, ele começa a cair adquirindo velocidade. Contudo, ao atingir um certo valor de velocidade, essa força resultante se torna nula pois o módulo da força de atrito se iguala ao módulo do Peso, e, portanto, o paraquedista cai com velocidade constante, pois não existe mais a aceleração resultante.

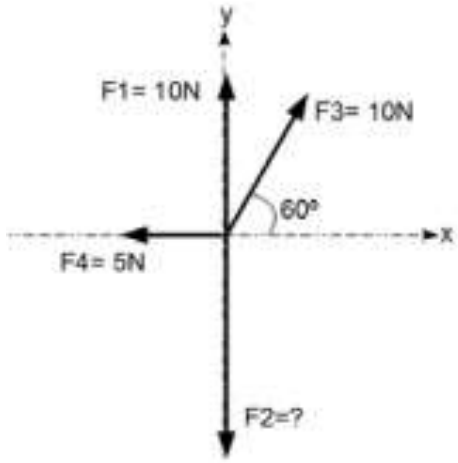
É importante observar que a força de atrito com o ar é da forma: $k.v^2$; o que justifica a assertiva acima.

Gabarito: B

13.(EEAR 2017)

A figura a seguir representa quatro forças F1, F2, F3 e F4 aplicadas sobre uma partícula de massa desprezível. Qual deverá ser o valor de F2, em newtons, para que a força resultante sobre a partícula seja nula?

Dados: sen 60° = 0,86; cos 60° = 0,5



a) zero
b) 5
c) 10
d) 18,6

Comentário:

Como a força F2 atua exclusivamente no eixo y, basta analisarmos tal eixo:

$\sum F_y = 0$;

$$10 + 10.sen(60)° = F2$$

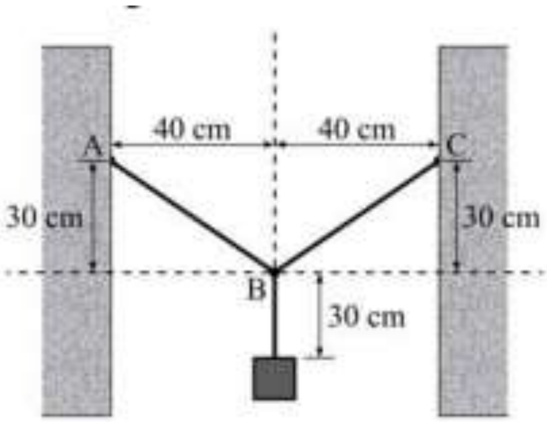
$$\mathbf{F2 = 18,6\ N}$$

Gabarito: D

14.(EEAR 2018)

Um pedreiro decidiu prender uma luminária de 6 kg entre duas paredes. Para isso dispunha de um fio ideal de 1,3 m que foi utilizado totalmente e sem nenhuma perda, conforme pode ser observado na figura. Sabendo que o sistema está em equilíbrio estático, determine o valor, em N, da tração que existe no pedaço AB do fio ideal preso à parede.

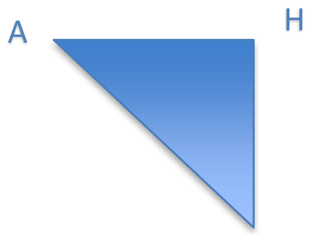
Adote o módulo da aceleração da gravidade no local igual a 10 m/s².



a) 30
b) 40
c) 50
d) 60

Comentário:

Pela simetria da figura, podemos concluir que o módulo da tração no fio AB é igual ao de BC. Assim, é importante analisarmos o triângulo a seguir:



Tal triângulo é de suma importância pois seus etos são iguais a 30 e 40. Por Pitágoras podemos concluir que a hipotenusa AB é igual a (é importante gravarmos tal triângulo!!)

Assim, analisando o ponto B:

$\sum F_y$=0;

$$2.T.cos\hat{B} = P$$

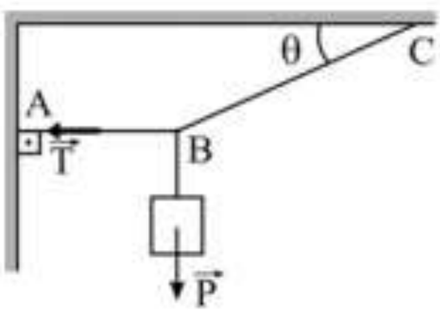
$$cos\hat{B} = \frac{3}{5} \ e \ P = 60$$

$$\boldsymbol{T = 50N}$$

Gabarito: C

15.(EEAR 2019)

O sistema apresentado na figura a seguir está em equilíbrio estático. Sabe-se que os fios são ideais, que o corpo suspenso está sujeito a uma força-peso P, que o ângulo θ tem valor de 30° e que a tração T presente no fio AB tem intensidade igual a $100\sqrt{3}$ N. Determine, em newtons, o valor da intensidade da força-peso P.



a) 10
b) 50
c) 100
d) 200

Comentário:

Analisando o ponto B, temos:

$$\sum F_y=0; \text{ e } \sum F_x=0;$$

Assim:

$$100\sqrt{3} = T_{BC}.cos30° \text{ e};$$
$$T_{BC}.sen30° = P$$

Resolvendo o sistema acima, temos:

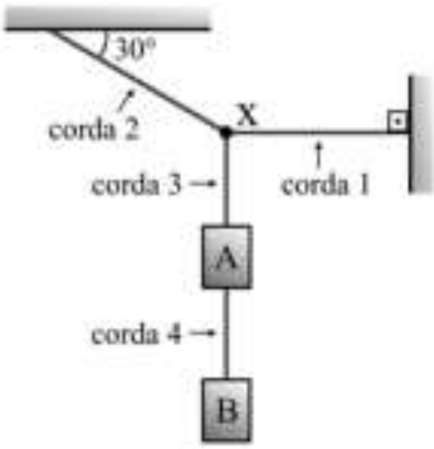
$$T_{BC} = 200N$$
$$\boldsymbol{P = 100N}$$

Gabarito: C

16.(EEAR 2020)

No sistema representado na figura a seguir, tem-se dois corpos A e B, sendo que o corpo A tem massa igual a 10 kg e o sistema está em equilíbrio estático. Esse sistema é composto por cordas ideais (massas desprezíveis e inextensíveis), além disso, na corda 2 tem-se uma tração de intensidade igual a 300 N.

Admitindo a aceleração da gravidade no local igual a 10 m/s², determine, respectivamente, em kg, a massa do corpo B e, em N, o valor da intensidade da tração na corda 4, que prende o corpo B ao corpo A.



a) 5 e 5
b) 10 e 10
c) 5 e 50
d) 15 e 150

Comentário:

Analisando o ponto X, temos:

$$\sum F_y=0;$$
$$T_2.sen30° = T_3 \quad \text{(i)}$$

No que tange ao corpo A, temos:

$$\sum F_y=0;$$
$$T_3 = T_4 + P_A \quad \text{(ii)}$$

Para o corpo B:

$$\sum F_y=0;$$
$$P_B = T_4; \text{ (iii)}$$

Assim, de (i), temos:

$$\boldsymbol{T_3 = 300.0,5 = 150\ N}$$

De (ii), temos:

$$\boldsymbol{T_4 = 150 - 100 = 50N}$$

Por fim, de (iii):

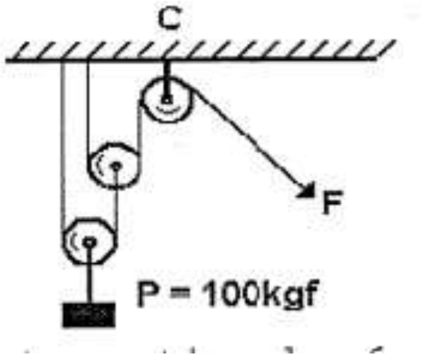
$$m_B.10 = 50$$

$$m_B = 5kg$$

Gabarito: C

17.(EAM 2005)

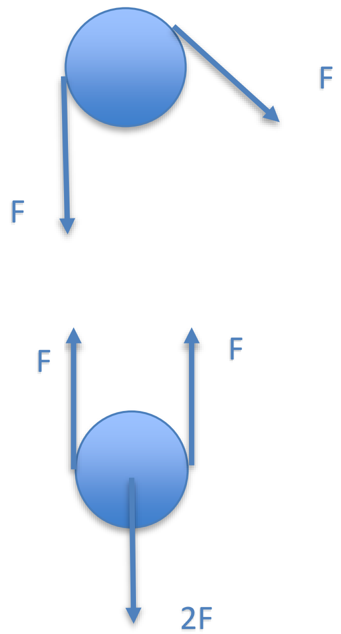
A figura abaixo representa um tipo de máquina simples utilizada no dia-a-dia para erguer grandes massas. Qual deverá ser o valor da força F, em kgf, para que o sistema permaneça em equilíbrio?



a) 5
b) 10
c) 15
d) 20
e) 25

Comentário:

Em questões de roldanas, é importante "seguirmos o fio" e isolarmos as roldanas, da seguinte forma:



Assim podemos concluir que a cada roldana que esteja móvel, nós dobramos a intensidade da força que exercemos. Logo isolando o bloco:

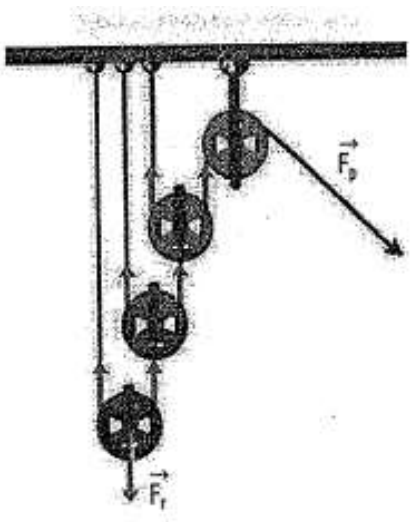
$$4F = 100$$

$$F = 25\ N$$

Gabarito: E

18.(EAM 2006)

Um marinheiro utiliza uma associação de roldanas, como a da figura abaixo, para erguer um barco de peso P = 1600 N.

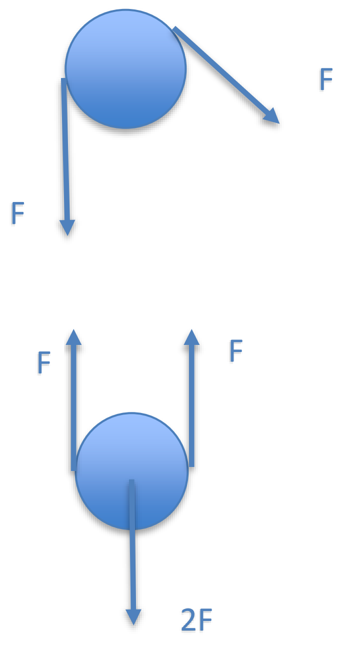


Sabendo-se que essa associação tem 3 roldanas móveis, qual deve ser a força aplicada pelo marinheiro para manter o barco em equilíbrio?

a) 50 N
b) 100 N
c) 200 N
d) 250 N
e) 300 N

Comentário:

Em questões de roldanas, é importante "seguirmos o fio" e isolarmos as roldanas, da seguinte forma:



Assim podemos concluir que a cada roldana que esteja móvel, nós dobramos a intensidade da força que exercemos. Logo isolando o bloco:

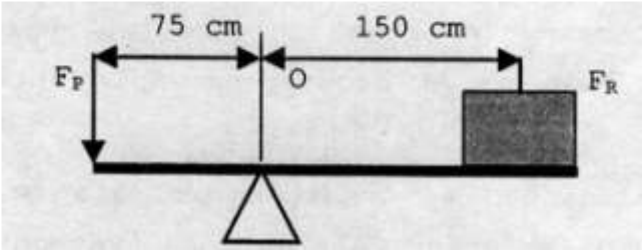
$$8F = 1600N$$

$$\boldsymbol{F = 200N}$$

Gabarito: C

19.(EAM 2007)

Observe:



A figura acima mostra um bloco de peso P = 50 N apoiado sobre uma alavanca. Qual a intensidade da força de potência (F_p) necessária para que a alavanca fique em equilíbrio na horizontal?

a) *75000 N*
b) *1000 N*
c) *800 N*
d) *100 N*
e) *50 N*

Comentário:

Para que barra não gire em relação ao apoio, temos que o somatório de torques em relação ao mesmo apoio deve ser nulo, portanto:

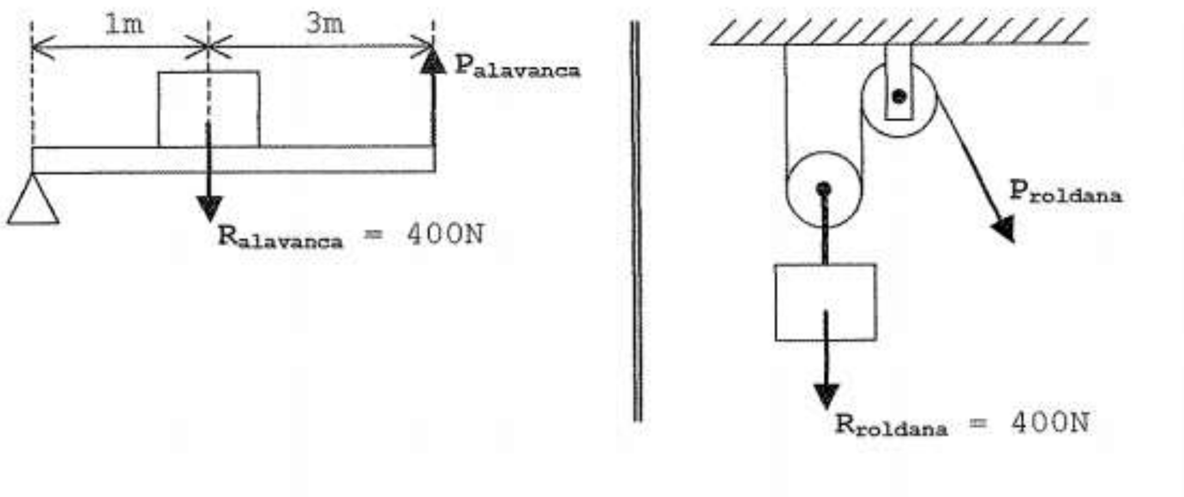
$$F_p . 0{,}75 = 50.1{,}5$$

$$\boldsymbol{F_p = 100N}$$

Gabarito: D

20.(EAM 2008)

Analise as ilustrações a seguir:



A

finalidade das máquinas simples é diminuir o esforço a ser empregado na realização de um trabalho.

Com relação às situações mostradas nas ilustrações, cujas forças estão em equilíbrio, é correto afirmar que:

a) $P_{alavanca} > P_{roldana}$

b) $P_{alavanca} = P_{roldana}$
c) $P_{alavanca} < P_{roldana}$
d) $P_{alavanca} = 200\ N$
e) $P_{roldana} = 100\ N$

Comentário:

Para que barra não gire em relação ao apoio, temos que o somatório de torques em relação ao mesmo apoio deve ser nulo, portanto:

$$P_{alavanca}.4 = 400.1$$
$$\boldsymbol{P_{alavanca} = 100N}$$

Para a figura da direita, temos que a cada roldana móvel presente na máquina, dobramos a intensidade da força exercida pelo operador, assim:

$$2P_{roldana} = 400$$
$$\boldsymbol{P_{roldana} = 200N}$$

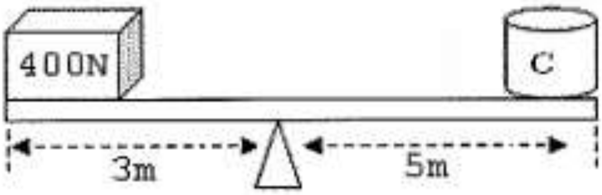
Assim, comparando as duas , temos:

$$\boldsymbol{P_{roldana} > P_{alavanca}}$$

Gabarito: C

21.(EAM 2010)

O sistema representado abaixo entra em equilíbrio quando um corpo "C" é colocado na posição indicada na figura.



Considerando que a gravidade local seja igual a 10 m/s² e desprezando o peso da barra, é correto afirmar que a massa do corpo "C" vale:

a) 12kg
b) 18kg
c) 24kg
d) 30kg
e) 36kg

Comentário:

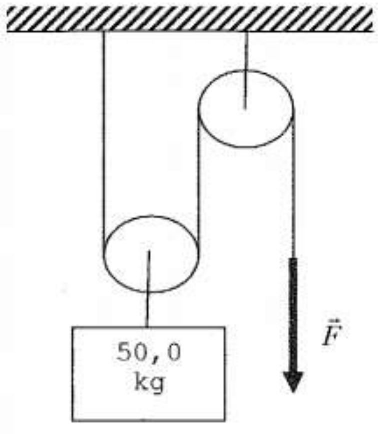
Para que barra não gire em relação ao apoio, temos que o somatório de torques em relação ao mesmo apoio deve ser nulo, portanto:

$$400.3 = P_c.5$$
$$\boldsymbol{P_c = 240\ N}$$
$$P_c = m_c.g \to 240 = m_c.10$$
$$\boldsymbol{m_c = 24\ kg}$$

Gabarito: C

22.(EAM 2014)

Observe a figura a seguir:



Alguns marinheiros são designados para abastecer um armazém (paiol) de explosivos com caixas de 50,0kg de explosivos cada uma. Para levantar cada caixa com maior facilidade os marinheiros montaram uma associação de roldanas representadas na figura acima.

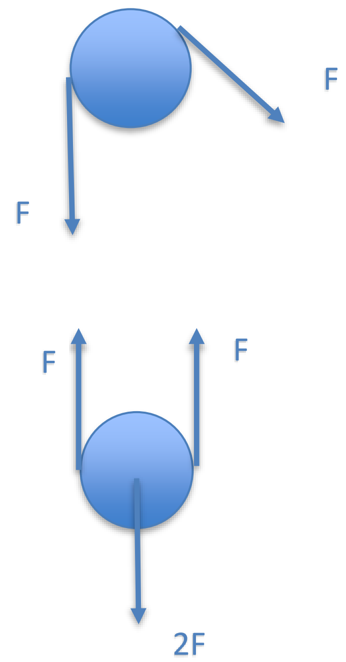
Qual a intensidade da força “F”, em newtons, que um marinheiro deve exercer para manter uma caixa em equilíbrio estático ou fazê-la subir com velocidade constante?

Dado: Gravidade local “g” = 10 m/s²

a) *25 N*
b) *50 N*
c) *250 N*
d) *500 N*
e) *1000 N*

Comentário:

Em questões de roldanas, é importante “seguirmos o fio” e isolarmos as roldanas, da seguinte forma:



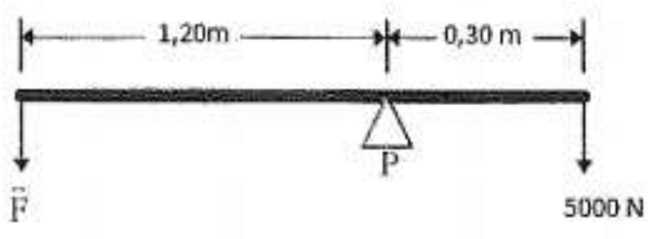
Assim podemos concluir que a cada roldana que esteja móvel, nós dobramos a intensidade da força que exercemos. Logo:

$$2F = 500$$
$$\boldsymbol{F = 250N}$$

Gabarito: C

23.(EAM 2015)

Observe a figura abaixo:



Suponha que um marinheiro levantou uma caixa de 500kg, utilizando uma alavanca. Qual é a força que ele deve aplicar na extremidade da alavanca para manter a caixa em equilíbrio?
Dado: g = 10 m/s²

a) *1200 N*
b) *1230 N*
c) *1250 N*
d) *1300 N*
e) *1500 N*

Comentário:

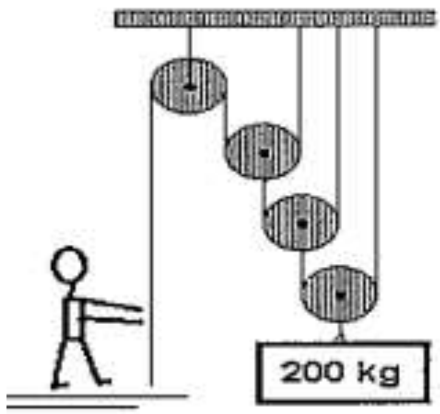
Para que barra não gire em relação ao apoio, temos que o somatório de torques em relação ao mesmo apoio deve ser nulo, portanto:

$$F.1{,}2 = 5000.0{,}3$$
$$\boldsymbol{F = 1250N}$$

Gabarito: C

24.(EAM 2017)

Um marinheiro utiliza um sistema de roldanas com o objetivo de erguer um corpo de 200kg de massa, conforme figura abaixo.

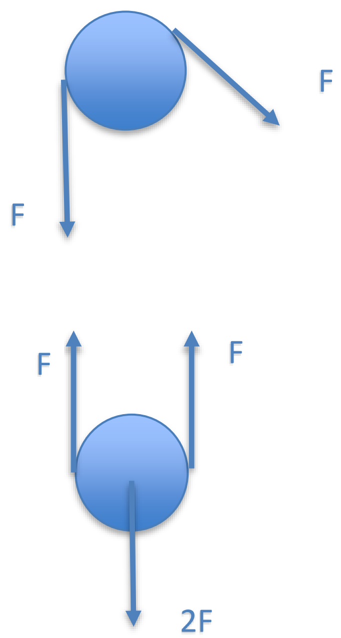


Considerando a gravidade local igual a 10 m/s², pode-se afirmar que a força exercida pelo marinheiro no cumprimento dessa tarefa foi de:

a) *100 N*
b) *250 N*
c) *500 N*
d) *1000 N*
e) *2000 N*

Comentário:

Em questões de roldanas, é importante "seguirmos o fio" e isolarmos as roldanas, da seguinte forma:



Assim podemos concluir que a cada roldana que esteja móvel, nós dobramos a intensidade da força que exercemos. Assim:

$$8F = 2000$$

$$\boldsymbol{F = 250N}$$

Gabarito: B

25.(AFA 2004)

Quando um satélite artificial geoestacionário, em órbita circular em torno da Terra, afirma-se que:

I. A força que o mantém em órbita é de natureza gravitacional
II. Seu período é de 24 horas
III. Sua aceleração é nula

É (são) correta(s), apenas a(s) afirmativa(s):

a) II
b) I e II
c) I e III
d) II e III

Comentário:

Para que o satélite permaneça em órbita, temos:

$$F_{gravitacional} = F_{centrípeta}$$

Assim, a força que mantém a órbita é de natureza gravitacional. Com a equação acima, concluímos que o satélite está sujeito à uma aceleração centrípeta também! 😉

Por fim, no enunciado é explicitado que o satélite é geoestacionário, ou seja ele fica "parado" em relação a Terra. Com isso concluímos que seu período deve ser igual ao da Terra, ou seja, 24 horas.

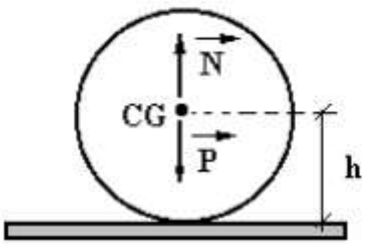
Gabarito: B

---

26. (EEAR 2008)

Observando a esfera da figura abaixo apoiada num plano horizontal, qualquer que seja a posição da mesma no plano, verificamos que a altura "h" (do centro de gravidade em relação ao plano) se mantém constante.

Isto caracteriza o equilíbrio _________.



a) indiferente
b) instável
c) perfeito
d) estável

Comentário:

Sabendo que o equilíbrio é dividido em:

- Estável: Se um objeto for afastado de sua posição de equilíbrio, ele tende a retornar a ela.
- Instável: Se um objeto for afastado de sua posição de equilíbrio, ele tende a continuar afastando-se ainda mais.
- Indiferente: Quando a posição de um objeto for alterada e, mesmo assim, manter a sua situação de equilíbrio.

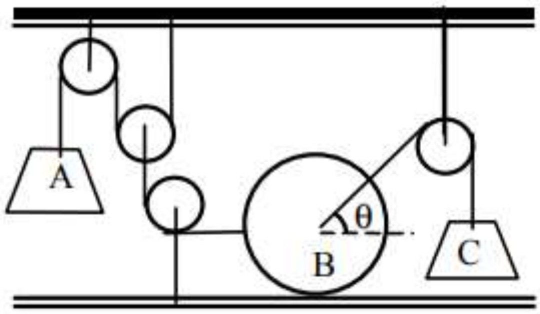
Portanto, no problema temos um equilíbrio indiferente.

Gabarito: A

---

27. (EEAR 2010)

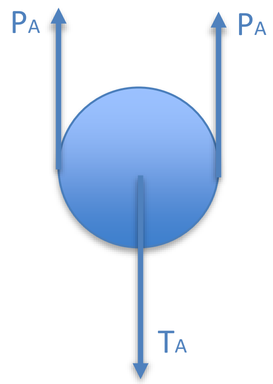
No equilíbrio do sistema esquematizado, a esfera B está na iminência de sair do plano onde se apoia, isto é, não recebe a reação normal do apoio. Sabe-se que o bloco A e a esfera B pesam, respectivamente, 40 N e 60 N. Considere os fios e as roldanas (ideais) de massas desprezíveis. O peso do bloco C, em N, vale:



a) 90
b) 100
c) 120
d) 160

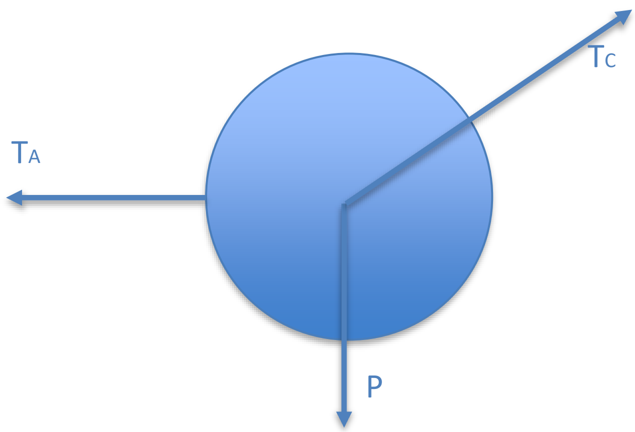
Comentário:

Analisando a roldana móvel:



$$T_A = 2\,.\,P_A$$

Analisando a esfera B, temos que:



Da análise das forças:

$$\boldsymbol{P = T_C\,.\,Sen\theta \text{ e } T_A = T_C\,.\,Cos\theta \text{ e } Sen^2\theta + Cos^2\theta = 1}$$

$$\boldsymbol{T_C^2 = P^2 + T_A^2}$$

$$Tc^2 = 3600 + 4\,.\,1600$$
$$Tc^2 = 10000$$
$$Tc = 100\ N$$

Do equilíbrio de C, temos:

$$Tc = Pc \rightarrow Pc = 100\ N$$

Gabarito: B

---

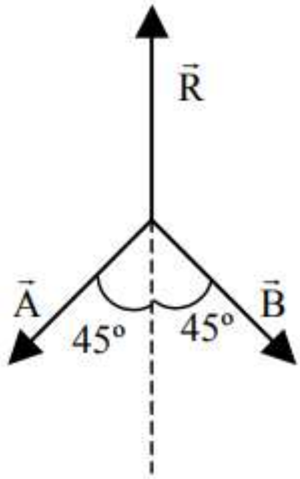
28. (EEAR 2012)

No sistema de forças representado na figura a seguir, o módulo do vetor resultante $\vec{R}$, que equilibra o sistema é de ___ newtons.

Obs.:

1) $|\vec{A}| = |\vec{B}| = \sqrt{2}\ N$

2) Os três vetores são coplanares.



a) 1,0
b) 2,0
c) $\sqrt{2}$
d) $2\sqrt{2}$

Comentário:

Analisando as forças na vertical, devemos ter que:

$$|\vec{R}| = |\vec{A}|.Cos45° + |\vec{B}|.Cos45°$$
$$|\vec{R}| = 2\,.\sqrt{2}.\frac{\sqrt{2}}{2}$$
$$|\vec{R}| = 2\ N$$

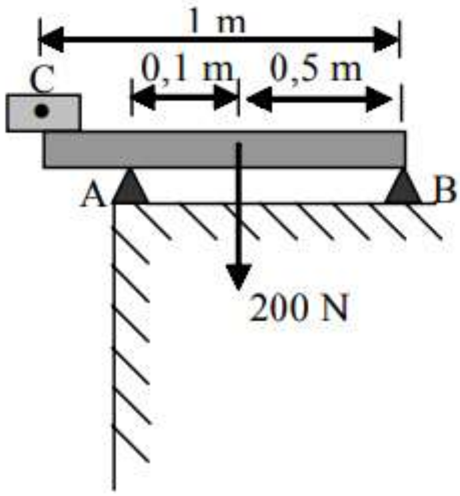
Gabarito: B

---

29. (EEAR 2013)

A barra homogênea, representada a seguir, em 1m de comprimento, está submetida a uma força-peso de módulo igual a 200 N e se encontra equilibrada na horizontal sobre dois apoios A e B. Um bloco, homogêneo e com o centro de gravidade C, é colocado na extremidade sem apoio, conforme o desenho. Para a barra iniciar um giro no sentido anti-horário, apoiado em A e com um momento resultante igual a +10 N.m, esse bloco deve ter uma massa igual a ____ kg.

Considere: módulo da aceleração da gravidade igual a 10 m/s².



a) 7,5
b) 2,5
c) 75
d) 25

Comentário:

Calculando o momento resultante em relação ao apoio A:

$$\tau = m\,.\,g\,.\,0{,}4 - 200\,.\,0{,}1$$
$$10 = m\,.\,10\,.\,0{,}4 - 20$$
$$30 = m\,.\,4$$
$$m = 7{,}5\ kg$$

Gabarito: A

---

30. (EEAR 2013)

Conforme a definição da Lei da Gravitação Universal, a constante gravitacional universal ($G = 6{,}67\ x\ 10^{-11}\,\frac{N\,m^2}{kg^2}$)

a) *varia com a altitude terrestre.*
b) *varia com a latitude terrestre.*
c) *é válida para quaisquer dois corpos no Universo.*
d) *é válida somente em lugares específicos do Universo.*

Comentário:

De um conhecimento prévio, sabemos que a constante gravitacional universal é válida para quaisquer dois corpos no Universo, pois podemos usar ela para todos os corpos dele.

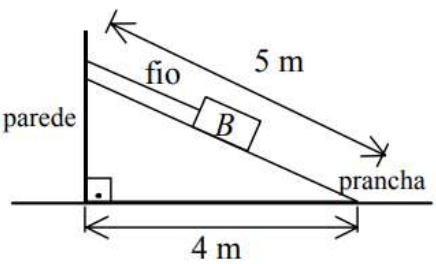
Gabarito: C

---

31. (EEAR 2014)

Uma prancha de madeira tem 5 metros de comprimento e está apoiada numa parede, que está a 4 metros do início da prancha, como pode ser observado na figura. Nessa situação um bloco B, em repouso, de massa igual a 5 kg, produz num fio inextensível preso a parede uma tração de ________ N.

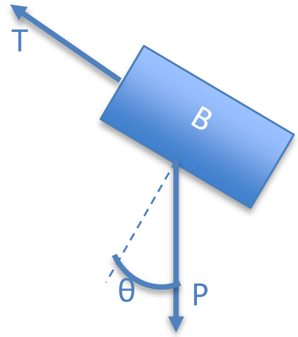
Dados: Admita a aceleração da gravidade no local igual a 10 m/s².



a) 20
b) 30
c) 40
d) 50

Comentário:

Analisando o bloco B, temos que:



Dessa forma, temos que:

$$T = P \,.\, Sen\theta$$
$$T = 5\,.\,10\,.\,\frac{3}{5}$$
$$T = 30\ N$$

Gabarito: B

---

32. (EEAR 2007)

Considere um sistema em equilíbrio que está submetido a duas forças de intensidades iguais a 10N cada uma, formando entre si um ângulo de 120°. Sem alterarmos as condições de equilíbrio do sistema, podemos substituir essas duas forças por uma única de intensidade, em N, igual a

a) $10\sqrt{3}$.
b) $10\sqrt{2}$.
c) 10.
d) 5.

Comentário:

Calculando a resultante dos vetores dados, temos que:

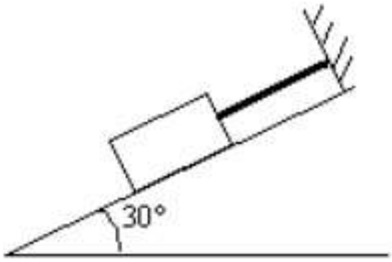
$$R^2 = 10^2 + 10^2 - 2\,.\,10\,.10\,.\,Cos(180° - 120°)$$
$$R^2 = 200 - 200\,.\,\frac{1}{2}$$
$$R^2 = 100$$
$$R = 10\ N$$

Gabarito: C

---

33. (EEAR 2008)

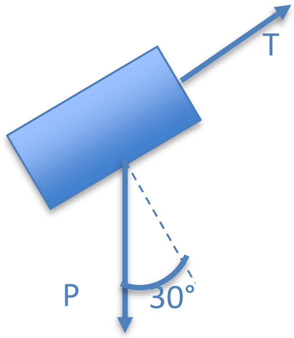
A figura abaixo representa um corpo de massa 80 kg, em repouso, sobre um plano inclinado 30° em relação à horizontal. Considere g = 10 m/s², ausência de atritos e a corda inextensível e de massa desprezível. O módulo da tração sobre a corda, para que o corpo continue em equilíbrio é _____ N.



a) *200*
b) *400*
c) *600*
d) *800*

Comentário:

Analisando o corpo, temos que:



Dessa forma, temos que:

$$T = P\,.\,Sen30°$$
$$T = 80\,.\,10\,.\frac{1}{2}$$
$$T = 400\ N$$

Gabarito: B

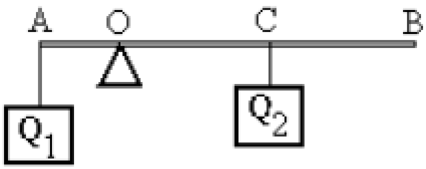
---

34. (EEAR 2009)

Uma barra AB, rígida e homogênea, medindo 50 cm de comprimento e pesando 20 N, encontra-se equilibrada na horizontal, conforme a figura abaixo.

O apoio, aplicado no ponto O da barra, está a 10 cm da extremidade A, onde um fio ideal suspende a carga Q_1 = 50 N.

A distância, em cm, entre a extremidade B e o ponto C da barra, onde um fio ideal suspende a carga Q_2 = 10 N, é de:



a) *5*
b) *10*
c) *15*
d) *20*

Comentário:

Analisando o torque em relação ao ponto O:

$$\tau = 50 . 10 . 10^{-2} - 20 . 15 . 10^{-2} - 10 . (40 . 10^{-2} - x)$$

Como há o equilíbrio:

$$\tau = 0$$

Portanto:

$$50 . 10^{-2} = 2 . 15 . 10^{-2} + 40 . 10^{-2} - x$$
$$50 . 10^{-2} = 30 . 10^{-2} + 40 . 10^{-2} - x$$

$x = 20 . 10^{-2}{}_1$

$$x = 20\ cm$$

Gabarito: D

---

35. (EEAR 2009)

Em uma galáxia muito distante, dois planetas de massas iguais a 3 . 10^{24} kg e 2 . 10^{22} kg, estão localizados a uma distância de 2 . 10^{5} km um do outro. Admitindo que a constante de gravitação universal G vale 6,7 . 10^{-11} N . m²/kg², determine a intensidade, em N, da força gravitacional entre eles.

a) *20,1 . 10^{27}*
b) *20 . 10^{43}*
c) *10,05 . 10^{19}*
d) *10,05 . 10^{25}*

Comentário:

Sabendo da gravitação universal que:

$$F = \frac{G . M . m}{d^2}$$

Dos dados do enunciado:

$$F = \frac{6{,}7 . 10^{-11} . 3 . 10^{24} . 2 . 10^{22}}{(2 . 10^{8})^2}$$
$$F = \frac{6{,}7 . 10^{-11} . 3 . 10^{24} . 2 . 10^{22}}{4 . 10^{16}}$$
$$F = \frac{20{,}1 . 10^{19}}{2}$$
$$F = 10{,}05 . 10^{19} N$$

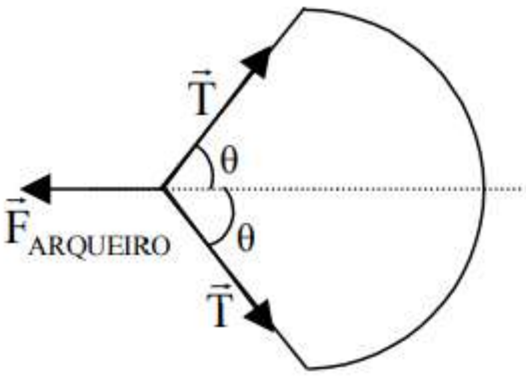
Gabarito: C

---

36. (EEAR 2009)

Durante a idade média, a introdução do arco gaulês nas batalhas permitiu que as flechas pudessem ser lançadas mais longe, uma vez que o ângulo θ (ver figura) atingia maiores valores do que seus antecessores. Supondo que um arco gaulês possa atingir um valor θ=60°, então, a força aplicada pelo arqueiro ($\vec{F}_{ARQUEIRO}$) exatamente no meio da corda, para mantê-la equilibrada antes do lançamento da flecha é igual a ______ .

OBS: $\vec{T}$ é a tração a que está submetida a corda do arco gaulês.



$a)\ |\vec{T}|$

$b)\ \frac{1}{2}|\vec{T}|$

$c)\ \frac{\sqrt{3}}{2}|\vec{T}|$

$d)\ \sqrt{3}|\vec{T}|$

Comentário:

Analisando o equilíbrio horizontal, temos que:

$$\vec{F}_{ARQUEIRO} = 2\,.\left|\vec{T}\right|.Cos\theta$$

Dos dados do enunciado:

$$\vec{F}_{ARQUEIRO} = 2\,.\left|\vec{T}\right|.Cos60°$$

$$\vec{F}_{ARQUEIRO} = \left|\vec{T}\right|$$

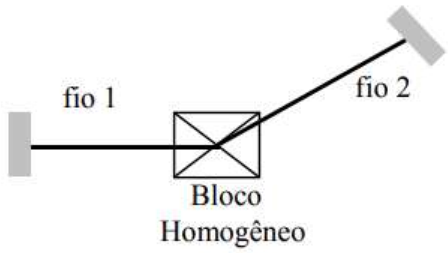
Gabarito: A

---

37. (EEAR 2010)

Considere que o sistema, composto pelo bloco homogêneo de massa M preso pelos fios 1 e 2, representado na figura a seguir está em equilíbrio. O número de forças que atuam no centro de gravidade do bloco é

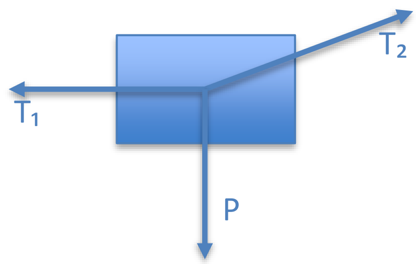
Obs.: Considere que o sistema está na Terra.



a) *1*
b) *2*
c) *3*
d) *5*

Comentário:

Analisando o bloco dado:

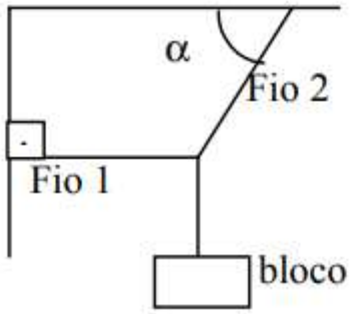


Dessa forma, temos 3 forças que atuam no centro de gravidade do bloco.

Gabarito: C

38. (EEAR 2011)

Considere o sistema em equilíbrio representado na figura a seguir:

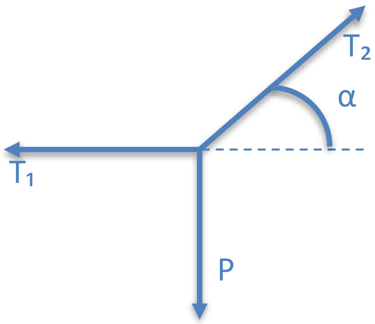


Para que a intensidade da tensão no fio 1 seja a metade da intensidade da tensão no fio 2, o valor do ângulo α, em graus, deve ser igual a

a) zero
b) 30
c) 45
d) 60

Comentário:

Analisando o bloco dado:



Do enunciado, queremos que:

$$T_1 = \frac{T_2}{2}$$

Do equilíbrio, devemos ter:

$$T_1 = T_2 . Cos\alpha$$

$$\frac{1}{2} = Cos\alpha$$

$$\alpha = 60°$$

Gabarito: D

39. (EEAR 2011)

Em um planeta distante da Terra, em outro sistema planetário, cientistas, obviamente alienígenas, estudam a colocação de uma estação orbital entre o seu planeta e sua lua, conforme pode ser visto na figura. Visando ajudá-los, determine a que distância, em km, do centro do planeta a estação (considerada uma partícula) deve ser colocada, de forma que a resultante das forças gravitacionais que atuam sobre a estação seja nula.

Observações:
-Massa do planeta alienígena: $25 \cdot 10^{20}$ kg.
-Massa da lua alienígena: $4 \cdot 10^{18}$ kg.
-Distância do centro do planeta ao centro da lua: $312 \cdot 10^{3}$ km.
-Considere o instante em que o planeta, a lua e a estação estão alinhados, conforme a figura.

a) $2 \cdot 10^2$
b) $3 \cdot 10^5$
c) $4 \cdot 10^5$
d) $5 \cdot 10^4$

Comentário:

Como queremos que a força resultante seja nula, devemos ter:

$$F_P = F_{LUA}$$
$$\frac{G \cdot M_P \cdot m}{D^2} = \frac{G \cdot M_{LUA} \cdot m}{d^2}$$
$$\frac{M_P}{x^2} = \frac{M_{LUA}}{(312 \cdot 10^6 - x)^2}$$
$$\frac{25 \cdot 10^{20}}{x^2} = \frac{4 \cdot 10^{18}}{(312 \cdot 10^6 - x)^2}$$
$$\frac{5 \cdot 10}{x} = \frac{2}{312 \cdot 10^6 - x}$$
$$1{,}04 \cdot x = 312 \cdot 10^6$$
$$x = 300 \cdot 10^6$$
$$x = 3 \cdot 10^5 km$$

Gabarito: B

---

40. (EEAR 2015)

Uma partícula "X" deve estar em equilíbrio sob a ação de três forças coplanares e concorrentes de mesmo módulo e distribuídas de maneira a formar três ângulos. Os valores desses ângulos são, em gruas, iguais a

a) 120; 120 e 120.
b) 120; 150 e 90.
c) 150; 135 e 75.
d) 45; 45 e 270.

Comentário:

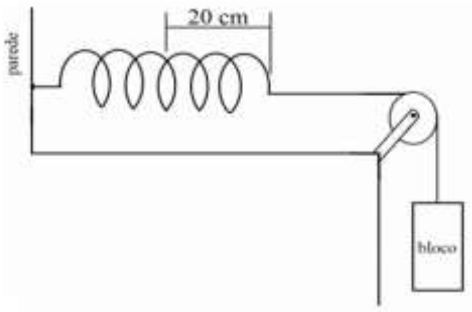
Pela simetria do problema, devemos ter ângulos iguais entre as forças. Por isso, o ângulo entre elas, deve ser de 120°.

Gabarito: A

---

41. (EEAR 2015)

Uma mola está presa à parede e ao bloco de massa igual a 10 kg. Quando o bloco é solto a mola distende-se 20cm e mantém-se em repouso, conforme a figura mostrada a seguir. Admitindo o módulo aceleração da gravidade igual a 10 m/s², os atritos desprezíveis e o fio inextensível, determine, em N/m, o valor da constante elástica da mola.



a) 5
b) 20
c) 200
d) 500

Comentário:

Do equilíbrio do bloco, temos que:

$$F_{ELA} = P_{BLOCO}$$
$$K \, . \, x = m \, . \, g$$
$$K \, . \, 20 \, . \, 10^{-2} = 10 \, . \, 10$$
$$K = 500 \; N/m$$

Gabarito: D

---

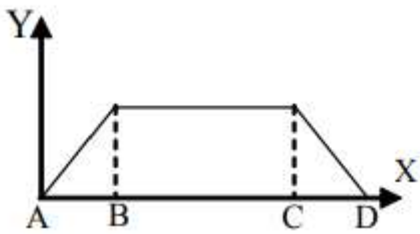
42. (EEAR 2015)

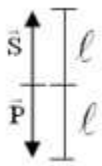
Sobre uma aeronave atuam duas forças na direção vertical e de sentidos opostos: o peso da aeronave ($\vec{P}$) (o módulo desse vetor considera o combustível, as cargas, as pessoas e a massa da aeronave) e a sustentação ($\vec{S}$). O gráfico a seguir relaciona a altitude (Y) e posição horizontal (X). Assinale, entre as alternativas aquela que melhor representa essas duas forças sobre a aeronave durante o deslocamento, horizontal, entre as posições B e C do gráfico.

Considere que

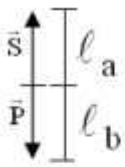
1- ℓ, ℓa e ℓb são módulos dos vetores e

2- ℓa é menor que ℓb.

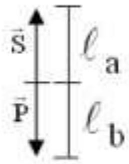




a)



b)



c)
d) $\vec{S}$ e $\vec{P}$ são nulos

Comentário:

Sabendo que na parte horizontal do gráfico, temos um equilíbrio. Dessa forma, devemos ter o vetor sustentação igual ao vetor peso o que encontramos corretamente na letra A.

Gabarito: A

---

43. (AFA 2000)

A partir da superfície da Terra, um foguete, sem propulsão, de massa m, é lançado verticalmente, com velocidade $\vec{v}_0$ e atinge uma altitude máxima igual ao raio R da Terra. Sendo M a massa da Terra e G a constante de gravitação universal, o módulo de $\vec{v}_0$ é dado por

a) $\sqrt{\frac{GM}{R}}$
b) $\sqrt{\frac{GM}{2R}}$
c) $\sqrt{\frac{GM}{3R}}$
d) $\sqrt{\frac{3GM}{2R}}$

Comentário:

Conservando a energia entre os pontos dados:

$$E_{MEC,A} = E_{MEC,B}$$
$$E_{C,B} + E_{P,A} = E_{C,B} + E_{P,B}$$
$$\frac{m \cdot v_0^2}{2} - \frac{G \cdot M \cdot m}{R} = -\frac{G \cdot M \cdot m}{2R}$$
$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{G \cdot M}{R} - \frac{G \cdot M}{2R}$$
$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{G \cdot M}{2R}$$
$$v_0^2 = \frac{G \cdot M}{R}$$
$$v_0 = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}}$$

Gabarito: A

---

44. (AFA 1999)

A altitude típica de um satélite de comunicação é da ordem de 36000 km e o raio da Terra é aproximadamente 6000 km. Designa-se por gO, a aceleração da gravidade nas vizinhanças da superfície terrestre e por gS, a aceleração gravitacional da Terra, na órbita do satélite. A partir dessas considerações, o valor da razão gO/gS é

a) 6
b) 7
c) 36

d) 49

Comentário:

Calculando o campo gravitacional a uma distância d, maior que o raio, do centro da terra:

$$P = F_G$$
$$m \cdot g = \frac{G \cdot M \cdot m}{d^2}$$
$$g = \frac{G \cdot M}{d^2}$$

Dessa forma, calculando o que foi pedido:

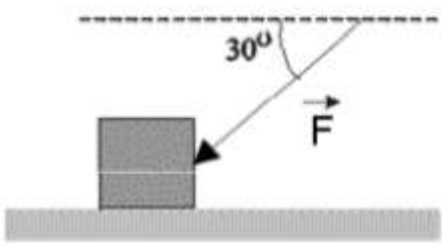
$$\frac{gO}{gS} = \frac{\frac{G \cdot M}{R^2}}{\frac{G \cdot M}{(d+R)^2}}$$
$$\frac{gO}{gS} = \frac{(d+R)^2}{R^2}$$
$$\frac{gO}{gS} = \left(\frac{36000 + 6000}{6000}\right)^2$$
$$\frac{gO}{gS} = 7^2$$
$$\frac{gO}{gS} = 49$$

Gabarito: D

---

45. (AFA 1999)

Um bloco de 20 kg é empurrado sobre um assoalho horizontal por uma força $\vec{F}$ que faz um ângulo de 30° com a horizontal, conforme mostra a figura abaixo. O coeficiente de atrito entre o bloco e o assoalho é 0,25. O valor da força $\vec{F}$, em newtons, necessária para colocar o bloco na iminência de deslizar é, aproximadamente,



a) 35,1
b) 46,2
c) 54,0
d) 68,0

Comentário:

Analisando o equilíbrio de forças, temos que:

Na Vertical:

$$P + F \cdot Sen30° = N$$

Onde F é o módulo de $\vec{F}$

Na Horizontal:

$$F \cdot Cos30° = F_{AT}$$
$$F \cdot Cos30° = \mu \cdot N$$

Substituindo N:

$$F\,.\,Cos30° = \mu\,.\,(P + F\,.\,Sen30°)$$
$$F\,.\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{4}\,.\,(P + F\,.\frac{1}{2})$$
$$F\,.\,2\,.\sqrt{3} = P + F\,.\,0{,}5$$
$$F\,.\left(2\,.\sqrt{3} - 0{,}5\right) = 20.\,10$$
$$F = 67{,}474\,N$$

Então, temos F aproximadamente:

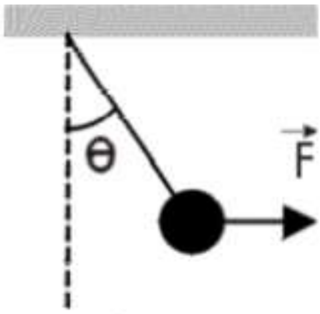
$$F = 68{,}0\,N$$

Gabarito: D

---

46. (AFA 1999)

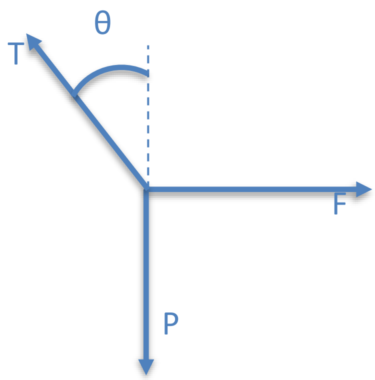
Uma esfera metálica de peso **P** está presa a uma das extremidades de um fio de massa desprezível, cuja extremidade oposta está ligada a um suporte fixo. Sabendo-se que o sistema está em equilíbrio, em uma posição na qual o fio forma com a vertical um ângulo θ, equilíbrio este conseguido pela ação de uma força horizontal **F** aplicada à esfera, pode-se afirmar que o módulo de tal força é



a) P tg ϑ
b) P/ tg ϑ
c) P cos ϑ
d) P/ cos ϑ

Comentário:

Analisando o equilíbrio de forças, temos que:



Na vertical:

$$T\,.\,Cos\theta = P$$

Na horizontal:

$$T\,.\,Sen\theta = F$$

Dessa forma, temos:

$$\frac{P}{Cos\theta} = \frac{F}{Sen\theta}$$

$$F = P\,.Tg\theta$$

Gabarito: A

---

47. (AFA 1999)

Pode-se afirmar que, quando a distância entre duas massas m_1 e m_2 é reduzida pela metade, a força de atração gravitacional entre elas é

a) duas vezes maior.
b) duas vezes menor.
c) quatro vezes maior.
d) quatro vezes menor.

Comentário:

Calculando a força de atração gravitacional inicial:

$$F = \frac{G\,.m_1\,.m_2}{D^2}$$

Calculando a força de atração gravitacional quando a distância é reduzida pela metade e relacionando com a força inicial:

$$F' = \frac{G\,.m_1\,.m_2}{d^2}$$

$$F' = \frac{G\,.m_1\,.m_2}{\frac{D^2}{4}}$$

$$F' = 4\,.\frac{G\,.m_1\,.m_2}{D^2}$$

$$F' = 4\,.F$$

Portanto, a força de atração gravitacional aumenta quatro vezes.

Gabarito: C

---

48. (AFA 1999)

De acordo com Johannes Kepler (1571-1630), "o quadrado do período de qualquer planeta é proporcional ao cubo do semi-eixo maior de sua órbita". Com respeito à órbita da Terra em relação ao Sol, sabe-se que o período é de um ano e o semi-eixo maior é 15 x 10^{10} metros. A partir dessas informações, pode-se afirmar que a ordem de grandeza da constante de proporcionalidade, em s^2/m^3, é

a) 10^{-12}
b) 10^{-15}
c) 10^{-19}
d) 10^{-23}

Comentário:

Do enunciado, temos que:

$$R = 15\,.10^{10}\ m\ e\ T = 1\ ano = 365\,.24\,.60\,.60\ s$$

$$T^2 = K\,.R^3$$

Logo:

$$K = \frac{(365\,.24\,.60^2)^2}{(15\,.10^{10})^3}$$

$$K = \frac{5^2.73^2.2^6.3^2.2^2.3^2.10^2.2^2.3^2.10^2}{3^3.5^3.10^{30}}$$
$$K = \frac{73^2.2^6.2^2.3.10^2.2^3.3^2.10^2}{10.10^{30}}$$
$$K = \frac{73^2.2^{11}.3^3.10^4}{10^{31}}$$
$$K = 5{,}329.10^3\ .2{,}048\ .10^3\ .2{,}7\ .10\ .10^{-27}$$
$$K = 2{,}946\ .10\ .10^{-20}$$
$$K = 2{,}946\ .10^{-19}$$

Com isso, temos que a ordem de grandeza de K é:

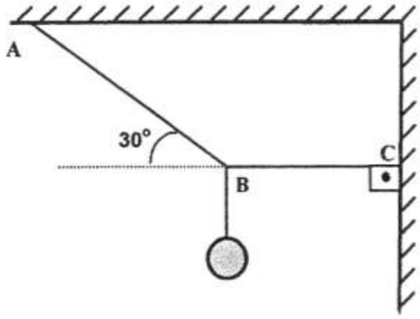
$$O.G.K = 10^{-19}$$

Gabarito: C

---

49. (AFA 2002)

Um corpo é sustentado por duas cordas inextensíveis, conforme a figura.

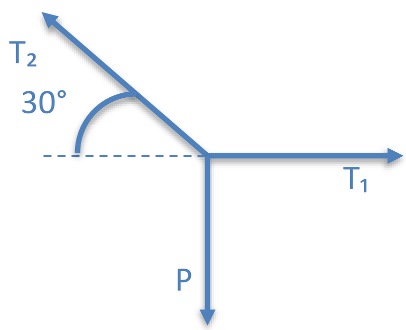


Sabendo-se que a intensidade da tração na corda **AB** é de 80 N, a intensidade de tração na corda **BC** será

a) $60\ N$.
b) $40\ N$.
c) $40\sqrt{3}\ N$.
d) $60\sqrt{3}\ N$.

Comentário:

Analisando as forças do nó B:



Do enunciado, temos que:

$$T_2 = 80\ N$$

Do equilíbrio, temos:

$$T_2 \,.\, Cos30° = T_1$$

$$80\,.\frac{\sqrt{3}}{2} = T_1$$

$$T_1 = \; 40\,.\sqrt{3}\,N$$

Gabarito: C

---

50. (AFA 2002)

Considere a Terra um planeta de raio **R** estacionário no espaço. A razão entre os períodos de dois satélites, de mesma massa, em órbitas circulares de altura **R** e **3R**, respectivamente, é

a) $\frac{1}{2}$

b) $\frac{3}{4}$

c) $\frac{\sqrt{2}}{4}$

d) $\frac{\sqrt{3}}{2}$

Comentário:

Sabendo pela 3ª Lei de Kepler que a razão período ao quadrado sobre raio ao cubo é constante para objetos que orbitam o mesmo corpo:

$$\frac{{T_1}^2}{{R_1}^3} = \frac{{T_2}^2}{{R_2}^3}$$

$$(\frac{T_1}{T_2})^2 = (\frac{R_1}{R_2})^3$$

$$(\frac{T_1}{T_2})^2 = (\frac{R+R}{R+3R})^3$$

$$(\frac{T_1}{T_2})^2 = (\frac{2}{4})^3$$

$$(\frac{T_1}{T_2})^2 = \frac{1}{8}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

$$\boxed{\frac{T_1}{T_2} = \frac{\sqrt{2}}{4}}$$

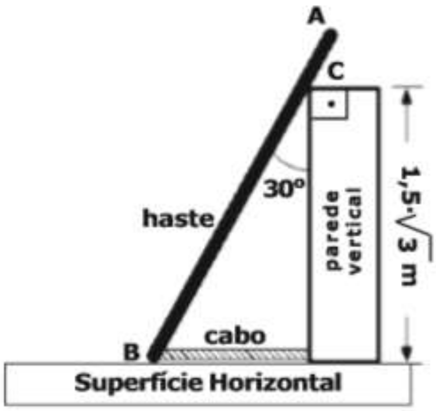
Gabarito: C

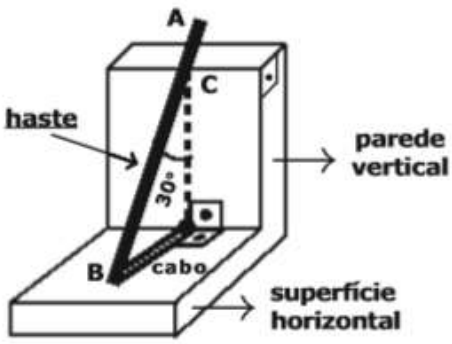
---

51. (ESPCEX 2017)

Uma haste AB rígida, homogênea com 4 m de comprimento e 20 N de peso, encontra-se apoiada no ponto C de uma parede vertical, de altura $1{,}5 \cdot \sqrt{3}$ m, formando um ângulo de 30° com ela, conforme representado nos desenhos abaixo. Para evitar o escorregamento da haste, um cabo horizontal ideal encontra-se fixo à extremidade da barra no ponto B e a outra extremidade do cabo, fixa à parede vertical. Desprezando todas as forças de atrito e considerando que a haste se encontra em equilíbrio estático, a força de tração no cabo é

igual a: Dados: $sen\ 30° = \cos 60° = 0{,}5$ e $sen\ 60° = \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$;





Desenhos Ilustrativos Fora de Escala

$a)\ \frac{7}{3}\sqrt{3}\ N$

$b)\ \frac{8}{3}\sqrt{3}\ N$

$c)\ \frac{10}{3}\sqrt{3}\ N$

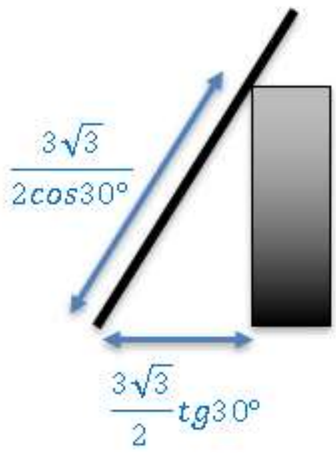
$d)\ 6\sqrt{3}\ N$

$e)\ \frac{20}{3}\sqrt{3}\ N$

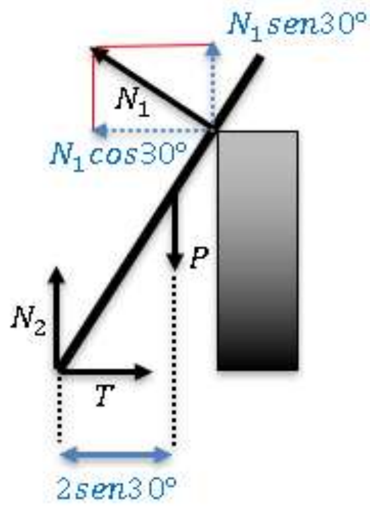
Comentário:

De acordo com o enunciado, a barra está em equilíbrio estático, portanto podemos escrever equações de equilíbrio em qualquer eixo de interesse e ter equações de torque nulo em qualquer ponto da barra.

Redesenhando o esquema para sabermos as distâncias, temos:



Veja que as forças que atuam na barra são as seguintes:



Portanto, realizando torque em relação ao ponto B do enunciado, temos:

$$Px\ (2sen30°) = N_1 x (\frac{3\sqrt{3}}{2cos30°})$$

$$20 = 3N_1 \qquad N_1 = \frac{20}{3};$$

Realizando o equilíbrio de forças no eixo horizontal, temos:

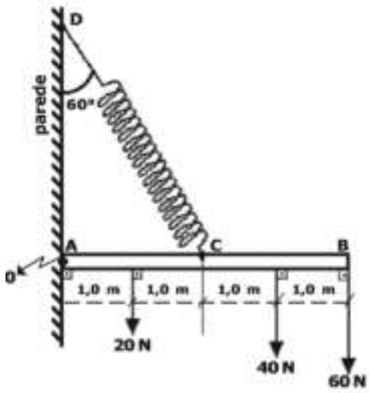
$$T = N_1 cos30° = \frac{20}{3}\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\boxed{T = \frac{10\sqrt{3}}{3}}$$

Gabarito: C

52. (ESPCEX 2018)

O ponto C de uma haste homogênea AB, de seção reta uniforme com massa desprezível, está preso, através de uma mola ideal, ao ponto D de uma parede vertical. A extremidade A da haste está articulada em O. A haste sustenta pesos de 20 N, 40 N e 60 N e está em equilíbrio estático, na horizontal, conforme representado no desenho abaixo. Sabendo que a deformação na mola é de 10 cm, então o valor da constante elástica da mola é:



$a)$ 1900 N/m

$b)$ 2400 N/m

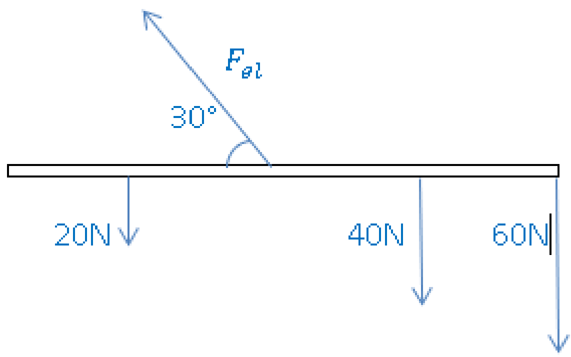
$c)$ 3800 N/m

$d)$ 4300 N/m

$e)$ 7600 N/m

Comentário:

O diagrama de forças na barra ficará da seguinte maneira:



Pela lei de Hooke, sabemos que a força elástica é dada por:

$$F_{el} = k \cdot \Delta x$$

Para que a barra esteja em equilíbrio, é necessário que o torque, em relação ao ponto O, no sentido horário seja igual ao do sentido anti-horário:

$$\tau_1 = (20\ N) \cdot (1\ m) + (40\ N) \cdot (3\ m) + (60\ N) \cdot (4\ m), \text{ sentido horário}$$

$$\tau_2 = F_{el} \cdot sen(30°) \cdot (2\ m) = k \cdot (0{,}1\ m) \cdot 0{,}5 \cdot (2\ m), \text{ sentido anti-horário}$$

Assim, temos que:

$$\tau_1 = \tau_2$$

$$20 + 120 + 240 = k \cdot 0{,}1$$

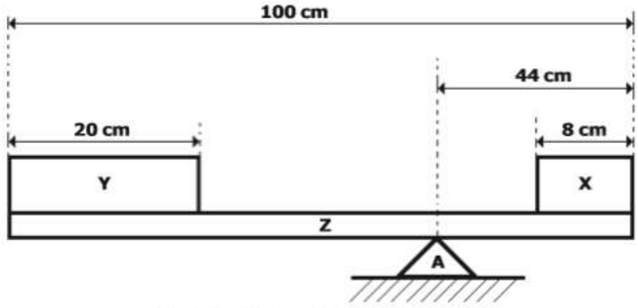
$$\boxed{\boldsymbol{k = 3800\ N/m}}$$

Gabarito: C

---

53. (ESPCX 2019)

Uma viga rígida homogênea Z com 100 cm de comprimento e 10 N de peso está apoiada no suporte A, em equilíbrio estático. Os blocos X e Y são homogêneos, sendo que o peso do bloco Y é de 20 N, conforme o desenho abaixo. O peso do bloco X é



Desenho Ilustrativo-Fora de Escala

$a)$ 10,0 N.

$b)$ 16,5 N.

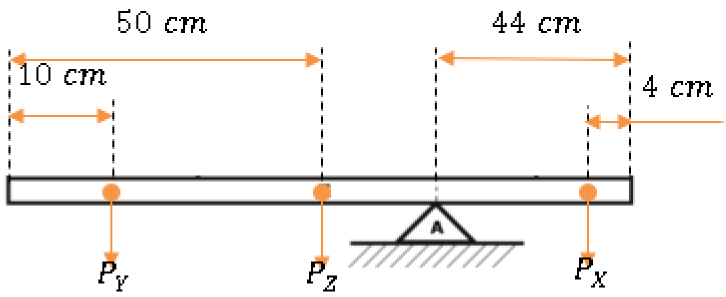
$c)$ 18,0 N.

$d)$ 14,5 N.

$e)$ 24,5 N.

Comentário:

Inicialmente, vamos simplificar o desenho colocando as forças peso nos devidos centro de massa:



Como a barra está em equilíbrio, temos que o somatório dos torques do lado esquerdo do apoio é igual ao somatório dos torques do lado direito do apoio. Desse modo:

$$P_Y \cdot 46 + P_Z \cdot 6 = P_X \cdot 40$$

$$20 \cdot 46 + 10 \cdot 6 = P_X \cdot 40$$

$$P_X = \frac{20 \cdot 46 + 10 \cdot 6}{40} = 24{,}5\ N$$

$$\boxed{P_X = 24{,}5\ N}$$

Gabarito: E

---

54. (ESPCEX 2010)

O campo gravitacional da Terra, em determinado ponto do espaço, imprime a um objeto de massa de 1 kg a aceleração de 5 m/s². A aceleração que esse campo imprime a um outro objeto de massa de 3 kg, nesse mesmo ponto, é de:

a) 0,6 m/s²

b) 1 m/s²

c) 3 m/s²

d) 5 m/s²

e) 15 m/s²

Comentário:

A aceleração da gravidade criada por um corpo independe da massa do corpo.

Gabarito: D

---

55. (ESPCEX 2011)

Consideramos que o planeta Marte possui um décimo da massa da Terra e um raio igual à metade do raio do nosso planeta. Se o módulo da força gravitacional sobre um astronauta na superfície da Terra é igual a 700 N, na superfície de Marte seria igual a:

a) 700 N

b) 280 N

c) 140 N

d) 70 N

e) 17,5 N

Comentário:

A constante gravitacional é constante para os dois planetas:

$$F = \frac{G \cdot M \cdot m}{R^2}$$

$$\frac{F \cdot R^2}{M} = constante$$

$$\frac{700 \cdot R^2}{M} = \frac{F \cdot (R/2)^2}{\frac{M}{10}}$$

$$\frac{700 \cdot R^2}{M} = \frac{10}{4}\frac{F \cdot R^2}{M}$$

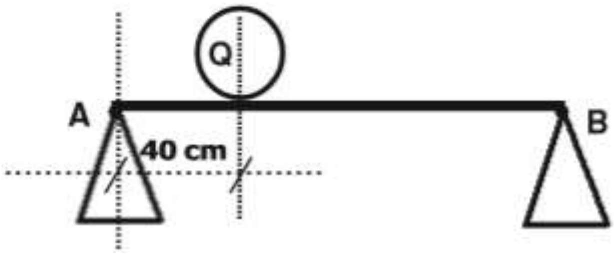
$$\boxed{F = 280\ N}$$

Gabarito: B

---

56. (ESPCEX 2012)

Uma barra homogênea de peso igual a 50 N está em repouso na horizontal. Ela está apoiada em seus extremos nos pontos A e B, que estão distanciados de 2 m. Uma esfera Q de peso 80 N é colocada sobre a barra, a uma distância de 40 cm do ponto A, conforme representado no desenho abaixo:



A intensidade da força de reação do apoio sobre a barra no ponto B é de

a) 32 N

b) 41 N

c) 75 N

d) 82 N

e) 130 N

Comentário:

Equilíbrio rotacional da barra, considerando o polo como sendo o ponto A.

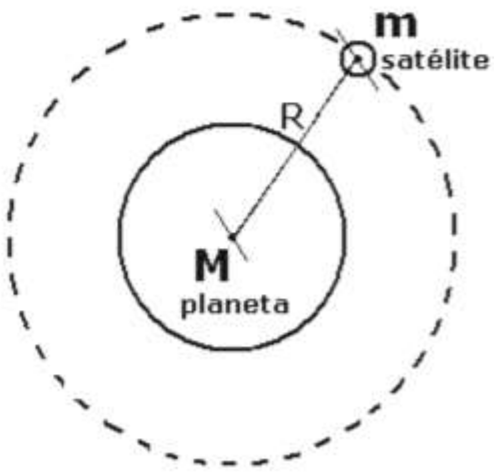
$$80.40 + 50.100 - 200.N = 0$$

$$\boxed{N = 82\ N}$$

Gabarito: D

57. (ESPCEX 2015 - Adaptada)

Um satélite esférico, homogêneo e de massa m, gira com velocidade angular constante em torno de um planeta esférico, homogêneo e de massa M, em uma órbita circular de raio R e período T, conforme figura abaixo. Considerando G a constante de gravitação universal, a massa do planeta em função de R, T e G é:



Comentário:

O planeta sofre ação da força gravitacional (formulada anteriormente).

$$F_G = \frac{G \cdot M \cdot m}{D^2}$$

Como a distância entre os corpos vale R, temos:

$$F_G = \frac{G \cdot M \cdot m}{R^2}$$

Essa força gravitacional atua como resultante centrípeta do movimento circular.

$$F_G = \frac{G \cdot M \cdot m}{R^2} = Rcpt = \frac{mv^2}{R}$$

A resultante centrípeta pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$Rcpt = \frac{mv^2}{R} = \frac{m \cdot (\omega \cdot R)^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot R = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot R}{T^2}$$

$$Rcpt = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot R}{T^2}$$

Assim, temos:

$$F_G = Rcpt$$

$$\frac{G \cdot M \cdot m}{R^2} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot R}{T^2}$$

Ajeitando os termos:

$$\boxed{\frac{T^2}{R^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M}}$$

---

58. (CN – 2019)

Classifique com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmativas abaixo e, em seguida, marque a opção que apresenta a sequência correta.

( ) Um satélite em órbita em torno da Terra possui massa, no entanto, não possui peso.

( ) Uma nave espacial no espaço, livre de atrito e de toda e qualquer força de atração ou repulsão, permanecerá sempre em repouso ou em movimento.

( ) É necessário que um corpo esteja sob a ação de uma força resultante diferente de zero para permanecer em movimento.

( ) Sol e Terra se atraem com forças gravitacionais de intensidades diferentes.

( ) Peso e normal constituem um par ação-reação.

( ) Peso e massa são grandezas físicas vetoriais.

( ) A energia mecânica de um sistema, que é a soma da energia cinética com as potenciais, é sempre conservada.

$a)$ $(F)(V)(F)(F)(V)(V)(V)$

b) $(F)(V)(V)(V)(F)(F)(V)$

$c)$ $(V)(V)(V)(V)(F)(F)(V)$

$d)$ $(V)(F)(F)(F)(V)(F)(F)$

$e)$ $(F)(V)(F)(F)(F)(F)(F)$

Comentário:

(A) Um satélite em órbita ainda sofre a força de atração pela Terra, que é o peso do satélite.

(V) Uma nave que não está sob influência de qualquer força resultante, de fato ou ficará em repouso ou em movimento.

(F) Um corpo pode permanecer em movimento retilíneo uniforme sem a existência de força alguma.

(F) A força de atração entre o Sol e a Terra é a mesma em módulo(intensidade), tendo somente sentido oposto, para o Sol e para a Terra.

(F) Peso e normal estão relacionadas com um mesmo corpo, ação e reação constituem um par de forças em que uma o corpo A realiza em B e outra o corpo B realiza em A, corpos diferentes.

(F) O peso é uma grandeza vetorial, apresenta intensidade, direção e sentido, já a massa é uma grandeza escalar, não apresenta direção e sentido.

(F) Qualquer meio externo tanto de dissipar energia, por exemplo uma força de atrito, como algum agente que adiciona energia ao sistema varia a energia mecânica total.

Gabarito: E

---

59. (DESAFIO – ESPCEX 2021)

A gravidade na superfície de um planeta vale g. Determine a gravidade em ponto a uma profundidade de metade do raio do planeta.

a) g

b) g/10

c) g/3

d) g/4

e) g/2

Comentário:

A gravidade na superfície do planeta é dada por:

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

Para pontos internos, temos:

$$g_{dentro} = \frac{G \cdot M}{R^3} \cdot x$$

$$g_{dentro} = \frac{G \cdot M}{R^3} \cdot \frac{R}{2}$$

$$\boxed{g_{dentro} = g/2}$$

Gabarito: E

---

60. (DESAFIO – ESPCEX 2021)

Dois satélites (1) e (2) orbitam um planeta com trajetórias circulares, cujos raios se relacionam com $R_1 = 4R_2$. Se o período do satélite (2) é de 50 dias, quantos dias demoram para o satélite (1) dar um quarto de volta?

a) 50

b) 100

c) 200

d) 250

e) 400

Comentário:

Podemos utilizar a terceira lei de Kepler:

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3}$$

$$\frac{T_1^2}{64R_2^3} = \frac{50^2}{R_2^3}$$

$$T_1 = 400\ dias$$

Porem, queremos um quarto de volta:

$$\boxed{t = 100\ dias}$$

Gabarito: B

Considerações Finais

Querido aluno(a),

Se você está com certo receio em algum tópico, reveja toda a teoria e depois refaça os exercícios propostos. Uma valiosa dica é fazer a lista inteira e só depois olhar o gabarito com a resolução. Com isso, você se forçará a ter uma maior atenção na feitura de questões e, portanto, aumentará sua concentração no momento de prova.

Se as dúvidas persistirem, não se esqueça de acessar o Fórum de Dúvidas! Responderei suas dúvidas o mais rápido possível!

FALE COMIGO

Você também pode me encontrar nas redes sociais! 😊

Conte comigo,

Vinícius Fulconi

@viniciusfulconi

vinicius.fulconi

Referências

[1] Tópicos da física 1: Volume 1 – Ricardo Helou Doca, Gualter José Biscuola, Newton Villas Boas – 21. Ed – São Paulo : Saraiva, 2012.

[2] IIT JEE Problems: Cengage.