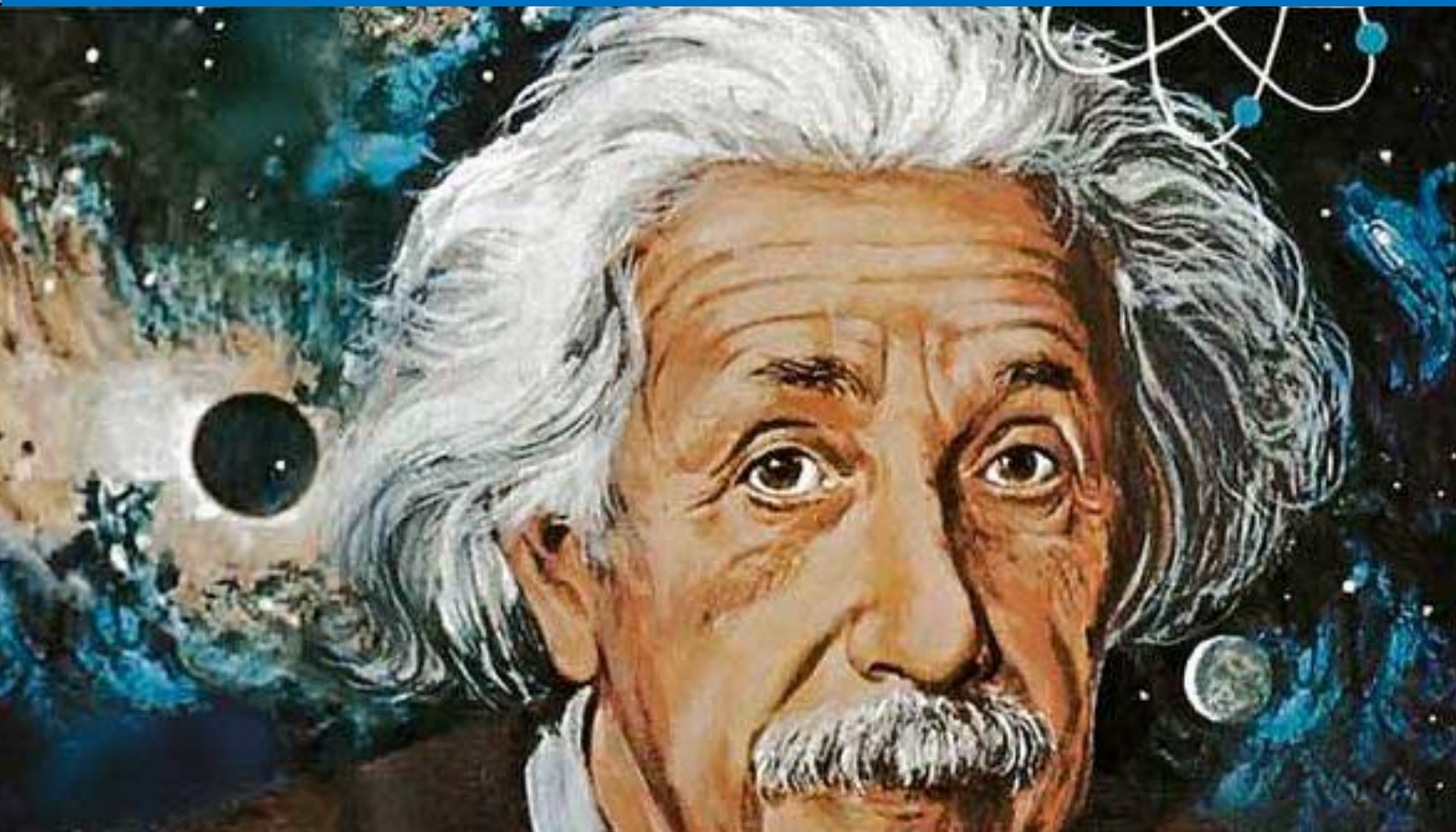




COLEÇÃO ESCOLAS MILITARES



FÍSICA
FÍSICA MODERNA

ALBERT EINSTEIN

Índice

01. Teoria da relatividade restrita	3
02. Efeito fotoelétrico	19
03. Modelo atômico de Bohr	32
04. Dualidade onda-partícula	38
05. Princípio da incerteza de Heisenberg	39
06. Testes de física moderna	43
07. Gabarito	46



01. Teoria da relatividade restrita

1. Teoria da relatividade restrita

RELATIVIDADE CLÁSSICA DE GALILEU	RELATIVIDADE DE EINSTEIN
As leis da Mecânica são as mesmas para todos os referenciais inerciais.	As leis da Física são as mesmas para todos os referenciais inerciais.
É impossível medir a velocidade de um referencial inercial através de experiências realizadas dentro dele, ou seja, toda velocidade é relativa. Logo, a velocidade não tem limites.	Existe sim uma velocidade que tem a mesma medida para qualquer referencial inercial é a velocidade da luz no vácuo. Sendo esta o limite das velocidades.
Massa, comprimento e intervalo de tempo são grandezas absolutas.	Massa, comprimento e intervalo de tempo são grandezas relativas.

Em 1905, Albert Einstein publicou na revista alemã Anais da Física, um artigo intitulado Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento, que pode ser considerado o artigo científico mais importante da história da Física Moderna. Nele, Einstein lançou uma ousada teoria, baseada em dois postulados:

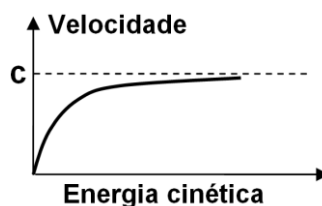
2. Postulados einsteinianos

O princípio da relatividade: As leis da física são as mesmas em todos os referenciais inerciais

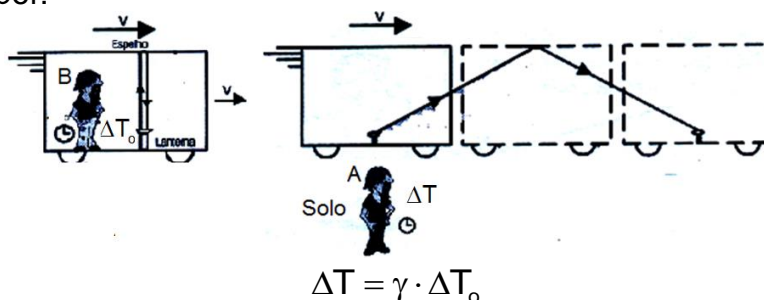
O princípio da constância da velocidade da luz: A velocidade da luz no espaço livre tem o mesmo valor c em todos os referenciais inerciais.

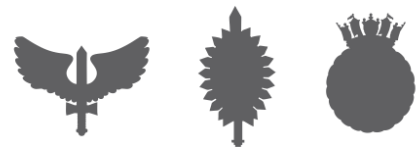
3. Consequências dos postulados einsteinianos

3.1 É impossível acelerar uma partícula até uma velocidade maior que c , qualquer que seja a quantidade de energia cinética fornecida a ela.



3.2 Relatividade do tempo: quando dois observadores medem o tempo decorrido entre dois eventos, nem sempre eles concordarão com a medida do outro. É possível que o tempo para um deles passe mais rápido do que para o outro. Para o referencial inercial que está parado em relação ao local dos eventos o tempo medido por ele é denominado **tempo próprio** (ΔT_0) e para o referencial inercial que está em movimento com velocidade v em relação com ao local dos eventos o tempo medido por ele é o **tempo dilatado** (ΔT). Sendo que a relação entre esses tempos é dada por:



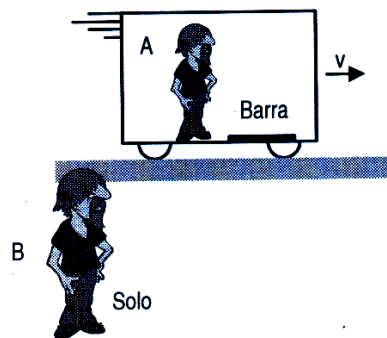


Atenção!

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Fator de correção ou fator de Lorentz

3.3 Relatividade do comprimento: o comprimento de um corpo depende do referencial inercial em que é medido. Quando dois observadores medem o comprimento de um corpo, nem sempre eles concordarão com a medida do outro. Para o referencial inercial que está parado em relação ao corpo no qual ele pretende medir o comprimento, o comprimento medido por ele é denominado **comprimento próprio (L_0)** e para o referencial inercial que está em movimento com velocidade v em relação com ao mesmo corpo o comprimento medido por ele é a **contração espacial (L)**. Sendo que a relação entre esses comprimentos é dada por:

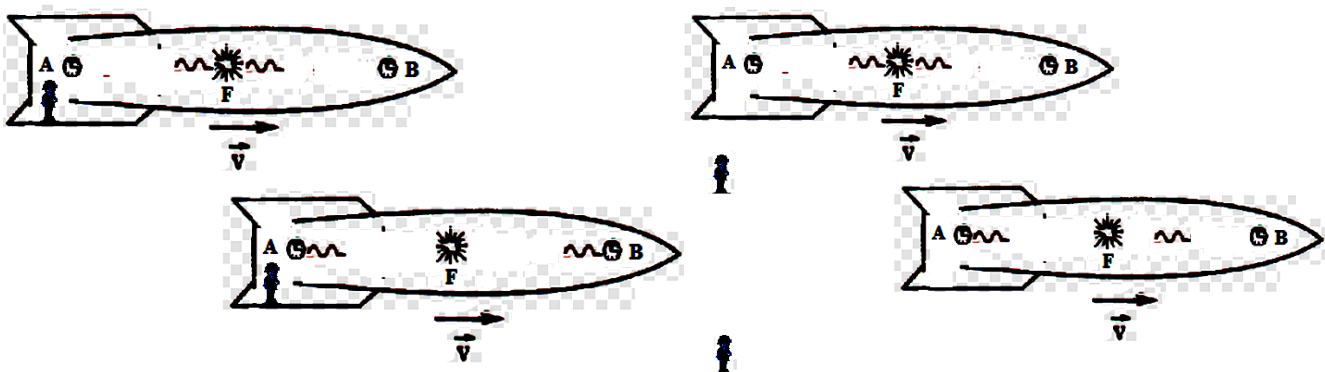


$$L = \frac{L_0}{\gamma}$$

Atenção!

É importante ressaltar que a contração espacial só acontece **na direção do movimento**.

3.4 A simultaneidade é relativa: Para a Teoria da Relatividade Restrita, dois eventos podem ocorrer simultaneamente para um observador e ocorrer em tempos diferentes para outro observador que está em movimento em relação ao primeiro.



3.5 Massa relativística Quando um corpo entra em movimento com velocidade v a sua massa m passa a ser chamada de **massa relativística**. Sendo que a massa relativística do corpo compara com sua massa quando está em repouso m_0 é dada por:

$$m = \gamma \cdot m_0$$



Atenção!

É importante ressaltar que o que aumenta é a **inércia** do corpo é não a quantidade de partículas que constituem o corpo.

3.6 Força relativística é dada por

$$F = \gamma^3 \cdot m_0 \cdot a$$

De acordo com a equação, temos:

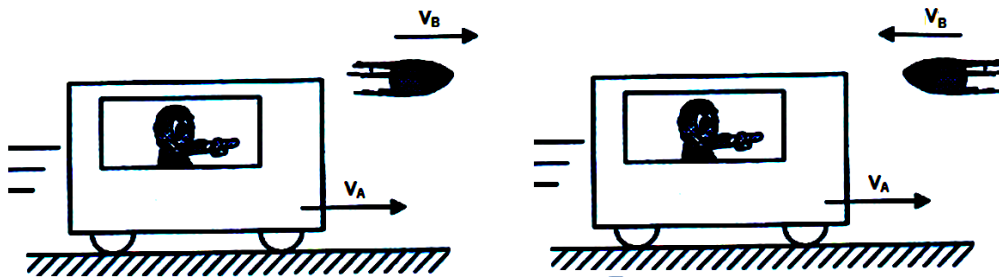
Para $F = \text{cte}$ quanto $\uparrow v$ e $\downarrow a$. Logo, se $v \rightarrow c$ e $a \rightarrow 0$

3.7 Quantidade de movimento linear relativístico: a quantidade de movimento Q de uma partícula de massa de repouso m_0 e que se desloca com uma velocidade v deve ser dado por:

$$Q = \gamma \cdot m_0 \cdot v$$

3.8 Energia relativística: a variação de energia cinética sofrida por um corpo é determinada por $\Delta E_C = \Delta m \cdot c^2$. Logo, a Energia total pode ser determinada por $E = E_0 + \Delta E_C$. A energia de repouso é dada por $E_0 = m_0 \cdot c^2$ e a energia relativística total $E = m \cdot c^2$ e consequentemente $E = \gamma \cdot E_0$. (**equivalência massa-energia**)

3.9 Composição relativística de velocidades: a velocidade de uma partícula **A** em relação a uma partícula **B** é dada por:



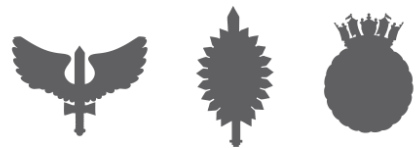
$$v_{AB} = \frac{v_A \pm v_B}{1 \pm \frac{v_A \cdot v_B}{c^2}}$$

3.10 Relação entre a energia total, a quantidade de movimento e a energia de repouso: a manipulação das equações fornece uma relação útil entre a energia total, a quantidade de movimento e a energia de repouso.

$$E^2 = E_0^2 + (Q \cdot c)^2$$

Atenção!

O **efeito Doppler da luz** só passou a ter uma explicação satisfatória a partir da teoria da relatividade einsteiniana. Logo, também é uma das consequências da TRR.



01. Em uma discussão sobre a teoria da relatividade considera-se o seguinte experimento de pensamento: dois foguetes em movimento retilíneo uniforme, ao passarem um extremamente próximo do outro, uma luz de advertência é emitida em direção a eles. Dois alunos João e Pedro, têm pontos de vistas diferentes sobre a questão: como dois observadores, um em cada foguete irá avaliar a velocidade da luz. Pedro argumenta que ambos devem medir a mesma velocidade da luz em quanto João defende que o observador do foguete mais veloz irá medir uma velocidade maior.

Com base nesses argumentos analise as afirmações abaixo:

I – O argumento de Pedro é consistente com a Relatividade Restrita de Einstein.

II – O argumento de João é consistente com a Relatividade Clássica de Galileu.

III – Tanto o argumento de João e quanto o de Pedro são consistentes com a Relatividade Restrita de Einstein.

Marque a alternativa correta.

- a) apenas a afirmação I está correta.
- b) apenas a afirmação II está correta.
- c) apenas a afirmação III está correta.
- d) apenas as afirmações I e II estão corretas.
- e) apenas as afirmações I e III estão corretas.

02. Na Amazônia usa-se muito carvão como fonte de energia. Por outro lado em determinadas regiões com escassez de recursos energéticos, a energia nuclear tem sido a única opção, apesar dos riscos ambientais. Na ilha do Marajó, estima-se que a produção anual de carvão é da ordem de 100 toneladas. O poder calorífico do carvão é da ordem de 27MJ/kg. Para produzir esta mesma quantidade de energia, utilizando combustível nuclear é necessário converter integralmente em energia uma massa, em kg. de:

- a) $3,0 \cdot 10^{-5}$
- b) $9,0 \cdot 10^{-3}$
- c) $3,0 \cdot 10$
- d) $9,0 \cdot 10$
- e) $9,0 \cdot 10^3$

03. O principal processo de produção de energia na superfície do Sol resulta da fusão de átomos de hidrogênio para formar átomos de hélio. De uma forma bem simplificada, esse processo pode ser descrito como a fusão de quatro átomos de hidrogênio ($m_H = 1.67 \cdot 10^{-27}$ kg) para formar um átomo de hélio ($m_{He} = 6,65 \cdot 10^{-27}$ kg).

Suponha que ocorram 10^{38} reações desse tipo a cada segundo.

Com base nesses argumentos analise as afirmações abaixo:

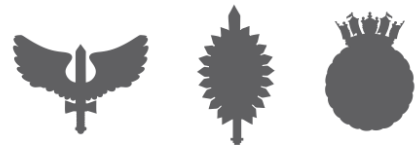
I - Essas reações podem produzir energia porque durante a fusão nuclear os átomos envolvidos nessas reações perdem massa que se transforma em energia.

II - A quantidade de energia liberada a cada segundo é de $2,7 \cdot 10^{26}$ J.

III – O processo de produção de energia acima está relacionado a uma das consequências dos postulados einsteinianos o da diminuição da massa.

Marque a alternativa correta.

- a) apenas a afirmação I está correta.
- b) apenas a afirmação II está correta.
- c) apenas a afirmação III está correta.
- d) apenas as afirmações I e II estão corretas.
- e) apenas as afirmações I e III estão corretas.



04. O efeito do movimento sobre o tempo já foi bastante usado em filmes de ficção científica, com em O planeta dos macacos. Se em relação a um observador na Terra a nave percorreu em linha reta, com velocidade constante de $80\%c$ (c é a velocidade a luz no vácuo), 40 anos-luz. Com base nesses argumentos analise as afirmações abaixo:

- I - Em relação ao observador na Terra, o tempo de duração da viagem 50 anos.
- II - Em relação aos tripulantes, o espaço percorrido pela nave foi de 24 anos-luz.
- III - Em relação aos tripulantes, o tempo de duração da viagem foi de 30 anos.

Marque a alternativa correta.

- a) apenas a afirmação I está correta.
- b) apenas as afirmações I e III estão corretas.
- c) apenas as afirmações II e III estão corretas.
- d) apenas as afirmações I e II estão corretas.
- e) todas as afirmações estão corretas.

05. A longa vida do múon

Múons são partículas elementares originárias dos raios cósmicos, que por sua vez são partículas de origem extraterrestre. Os múons tem velocidade aproximadamente igual à da luz no vácuo, $2,98 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$. e "vivem" em média durante $2,0 \cdot 10^{-6} \text{ s}$. Isso significa que, depois desse ínfimo intervalo de tempo, os múons decaem, ou se desintegram, transformando-se em outra partícula. Considere, então, um múon é produzido a uma altitude de 4800 m acima do nível do mar e observa-se, experimentalmente, que este chega a alcançar o nível do mar.

Com base nesses argumentos analise as afirmações abaixo:

- I - Com base na física newtoniana o múon não deveria alcançar o nível do mar.
- II - Do ponto de vista de um referencial fixo no múon ele chega devido à contração espacial.
- III - Do ponto de vista do observador na superfície da Terra o múon chega devido à dilatação temporal.

Marque a alternativa correta.

- a) apenas a afirmação I está correta.
- b) apenas as afirmações I e III estão corretas.
- c) apenas as afirmações II e III estão corretas.
- d) apenas as afirmações I e II estão corretas.
- e) todas as afirmações estão corretas.

06. O ano de 2005 foi declarado a Ano Internacional da Física, em comemoração aos 100 anos da Teoria da Relatividade cujos resultados incluem a famosa relação $E = \Delta m \cdot c^2$. Num reator nuclear, a energia provem da fusão do Urânio. Cada núcleo de Urânio ao sofrer fissão, divide-se em núcleos mais leves, e uma pequena parte Δm de sua massa inicial se transforma em energia. A usina de Angra II tem uma potência elétrica de cerca de 1350 MW, que é obtida a partir da fissão de Urânio-235. Para produzir tal potência, devem ser gerados 4000 MW na forma de calor Q . Em relação a Usina de Angra II analise as afirmações baixo:

- I - A quantidade de calor Q , produzida em um dia ($9,0 \cdot 10^4 \text{ s}$), é de $3,6 \cdot 10^{14} \text{ J}$.
- II - A quantidade de massa Δm que se transforma em energia na forma de calor, a cada dia é de $4 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$.
- III - A massa M_U de Urânio-235 que sofre fissão em um dia, supondo que a massa Δm , que se transforma em energia, seja aproximadamente $8,0 \cdot 10^{-4}$ da massa M_U , é de 5 Kg.

Marque a alternativa correta.

- a) apenas a afirmação I está correta.
- b) apenas as afirmações I e III estão corretas.
- c) apenas as afirmações II e III estão corretas.
- d) apenas as afirmações I e II estão corretas.
- e) todas as afirmações estão corretas.



07. De acordo com a concepção einsteiniana, se um objeto passar a se mover muito rapidamente em relação a um observador, este observará que aquele.

- a) terá sua massa aumentada e sua densidade diminuída.
- b) transformará massa em energia e, por esse motivo, seu volume diminuirá.
- c) aumentará sua densidade em proporção maior do que sua inércia crescerá.
- d) terá suas dimensões aumentadas na mesma proporção em que sua massa também aumentará.
- e) terá sua massa constante e densidade também.

08. A velocidade de uma partícula, cuja energia cinética é igual à energia de repouso, é.

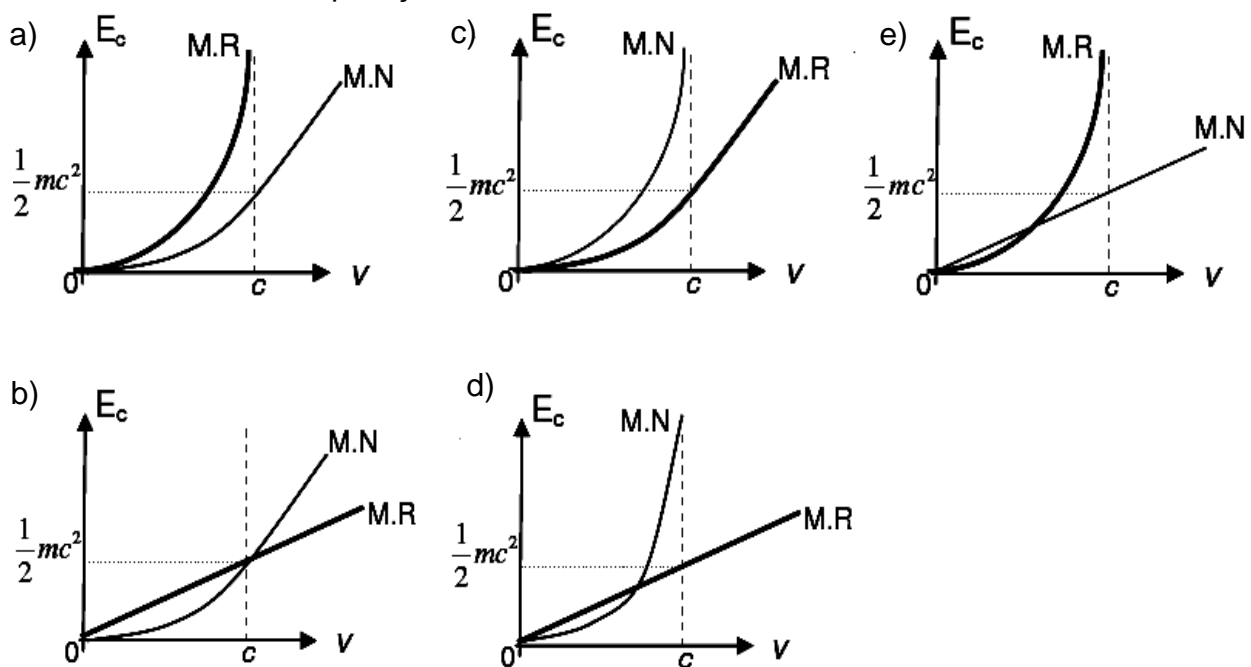
- a) $\frac{1}{2}c$
- b) $\frac{\sqrt{2}}{2}c$
- c) $\frac{3}{4}c$
- d) $\sqrt{3}c$
- e) $\frac{\sqrt{3}}{2}c$

09. A Física moderna é o estudo da Física desenvolvido no final do século XIX e início do século XX. Em particular, é o estudo da Teoria da Relatividade Restrita.

Assinale alternativa incorreta em relação às contribuições da Física moderna.

- a) Demonstra limitações da Física Newtoniana na escala microscópica.
- b) Afirma que as leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.
- c) Comprova que a velocidade da luz é diferente para quaisquer observadores em referenciais inerciais.
- d) Demonstra que a massa de um corpo depende de sua velocidade.
- e) O intervalo de tempo de ocorrência de um determinado evento é função da velocidade do referencial inercial que pretende medi-lo.

10. Admita que você deseje comparar através de um gráfico, como a energia cinética E_c de uma partícula, varia em função da velocidade v , usando os fundamentos da mecânica newtoniana (M.N) e os fundamentos da mecânica relativística (M.R). Designando por c a velocidade da luz no vácuo e por m , a massa da partícula quando em repouso, o gráfico abaixo que corretamente ilustra esta comparação é o





11. O ano de 2005 será o **ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA**, pois estaremos completando 100 anos de importantes publicações realizadas por Albert Einstein. O texto abaixo representa um possível diálogo entre dois cientistas, em algum momento, nas primeiras décadas do século XX:

Z - Não posso concordar que a velocidade da luz seja a mesma para qualquer referencial. Se estivermos caminhando a 5 km/h em um trem que se desloca com velocidade de 100 km/h em relação ao solo, nossa velocidade em relação ao solo será de 105 km/h. Se acendermos uma lanterna no trem, a velocidade da luz desta lanterna em relação ao solo será de $c + 100$ km/h.

B - O nobre colega está supondo que a equação para comparar velocidades em referenciais diferentes seja $v' = v_0 + v$. Eu defendo que a velocidade da luz no vácuo é a mesma em qualquer referencial com velocidade constante e que a forma para comparar velocidades é que deve ser modificada.

Z - Não diga também que as medidas de intervalos de tempo serão diferentes em cada sistema. Isto é um absurdo!

B - Mas é claro que as medidas de intervalos de tempo podem ser diferentes em diferentes sistemas de referência.

Z - Com isto você está querendo dizer que tudo é relativo!

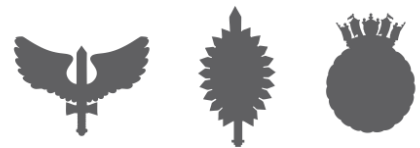
B - Não! Não estou afirmando que tudo é relativo! A velocidade da luz no vácuo será a mesma para qualquer observador inercial. As grandezas observadas poderão ser diferentes, mas as leis da Física deverão ser as mesmas para qualquer observador inercial."

Com o que você sabe sobre teoria da relatividade e considerando o diálogo acima apresentado, assinale a alternativa **INCORRETA**.

- O cientista Z está defendendo as ideias da mecânica newtoniana, que não podem ser aplicadas a objetos que se movem com velocidades próximas à velocidade da luz.
- O cientista Z aceita que objetos podem se mover com velocidades acima da velocidade da luz no vácuo, pois a mecânica newtoniana não coloca um limite superior para a velocidade de qualquer objeto.
- O cientista B defende ideias teoricamente corretas sobre a teoria da relatividade restrita, mas que não têm nenhuma comprovação experimental.
- De acordo com a teoria da relatividade, o cientista B está correto ao dizer que as medidas de intervalos de tempo dependem do referencial.
- De acordo com a teoria da relatividade, o cientista B está correto ao afirmar que as leis da Física são as mesmas para cada observador.

12. Assinale a alternativa **CORRETA**:

- A Teoria da Relatividade não limita a velocidade que uma partícula pode adquirir.
- Tanto a Mecânica Clássica como a Teoria da Relatividade asseguram que a massa de uma partícula não varia com a velocidade.
- Pela Teoria da Relatividade podemos afirmar que a luz se propaga no vácuo com velocidade constante $c = 300.000$ km/s, independentemente da velocidade da fonte luminosa ou da velocidade do observador; então é possível concluir que a luz se propaga em todos os meios com velocidade constante e igual a c .
- A Teoria da Relatividade permite concluir que quanto maior for a velocidade de uma partícula, mais fácil será aumentá-la, ou seja, quanto maior for a velocidade, menor será a força necessária para produzir uma mesma aceleração.
- A Mecânica Clássica não impõe limitação para o valor da velocidade que uma partícula pode adquirir, pois, enquanto atuar uma força sobre ela haverá uma aceleração e sua velocidade poderá crescer indefinidamente.



13. Paradoxo dos gêmeos. No ano de 2000. Dois gêmeos idênticos: Francisco e João tinham cada um 20 anos. João foi colocado em uma nave espacial para fazer uma viagem até uma estrela próxima da Terra, situada na constelação do Centauro, a uma distancia de 20 anos-luz. Determine qual a idade de João e de Francisco quando João retornar a Terra. Considere que durante toda a viagem a velocidade da nave foi de $0,8c$.

14. Paradoxo dos gêmeos

Maria e Joana são duas irmãs gêmeas com 20 anos de idade cada. Joana ganha uma passagem para uma viagem de ida e volta a estrela alfa que fica distante 4 anos-luz da Terra, medida por um referencial na Terra. Se a velocidade da tripulação com uma tripulação é de 80% da velocidade da luz no vácuo. Desprezando todas as possíveis acelerações da nave e levando em consideração a relatividade einsteiniana. Quando Joana retornar podemos afirmar que:

- Joana encontrará sua irmã Maria mais nova 4 anos.
- Joana encontrará sua irmã Maria mais velha 4 anos.
- Joana encontrará sua irmã Maria mais nova 2 anos.
- Joana encontrará sua irmã Maria mais velha 2 anos.
- Joana encontrará sua irmã Maria com a mesma idade.

15. A Física Moderna rompe com alguns conceitos clássicos, como o caráter absoluto do tempo, da Física Newtoniana. Na visão relativística:

- o tempo independe do observador que realiza sua medida;
- o tempo é um conceito relativo que sofre contração com o aumento da velocidade;
- o tempo é um conceito relativo que sofre dilatação com o aumento da velocidade;
- o tempo é um conceito relativo, sendo impossível prever a sua dilatação ou a sua contração.
- o tempo pode dilatar ou contrair depende da velocidade.

16. Igor e Mateus são observadores inerciais. Igor é colocado em uma nave espacial que viaja com velocidade vetorial constante de módulo igual a 60% da velocidade da luz, em relação a Mateus que ficou na Terra. Se para Igor se passaram 4 anos. Quantos anos se passaram para Mateus de acordo com a teoria da relatividade especial?

- 5
- 6
- 7
- 8
- 10

17. A teoria da Relatividade Especial prediz que existem situações nas quais dois eventos que acontecem em instantes diferentes, para um observador em um dado referencial inercial. Podem acontecer no mesmo instante, para outro observador que está em outro referencial inercial. Ou seja. a noção de simultaneidade é relativa e não absoluta. A relatividade da simultaneidade é consequência do fato de que

- a teoria da Relatividade Especial só é válida para velocidades pequenas em comparação com a velocidade da luz.
- a velocidade de propagação da luz no vácuo depende do sistema de referência inercial em relação ao qual ela é medida.
- a teoria da Relatividade Especial não é válida para sistemas de referência inerciais.
- a velocidade de propagação da luz no vácuo não depende do sistema de referência inercial em relação ao qual ela é medida.



18. Nos dias atuais há um sistema de navegação de alta precisão que depende de satélites artificiais em órbita em torno da Terra. Para que não haja erros significativos nas posições fornecidas por esses satélites é necessário corrigir relativisticamente o intervalo de tempo medido pelo relógio a bordo de cada um desses satélites. A teoria da relatividade especial prevê que, se não for feito esse tipo de correção, um relógio a bordo não marcará o mesmo intervalo de tempo que outro relógio em repouso na superfície da Terra, mesmo sabendo-se que ambos os relógios estão sempre em perfeitas condições de funcionamento e foi sincronizado antes de o satélite ser lançado. Se não for feita a correção relativística para o tempo medido pelo relógio de bordo.

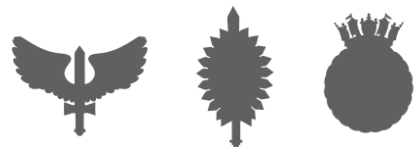
- ele se adiantará em relação ao relógio em terra enquanto ele for acelerado em relação à Terra.
- ele ficará cada vez mais adiantado em relação ao relógio em terra.
- ele se atrasará em relação ao relógio em terra durante metade de sua órbita e se adiantará durante a outra metade da órbita.
- ele ficará cada vez mais atrasado em relação ao relógio em terra.
- ele ficará cada vez mais adiantado em relação a qualquer referencial.

19. Segundo se conta, desde a adolescência Einstein refletia sobre algumas questões para as quais as respostas dadas pela física da sua época não o satisfaziam. Uma delas, conhecida como "o espelho de Einstein", era a seguinte: se uma pessoa pudesse viajar com a velocidade da luz, segurando um espelho a sua frente, não poderia ver a sua imagem, pois a luz que emergisse da pessoa nunca atingiria o espelho. "Para Einstein, essa era uma situação tão estranha que deveria haver algum princípio ou lei física ainda desconhecida que a impedisse" de ocorrer. Mais tarde, a Teoria da Relatividade Restrita simulada pelo próprio Einstein mostrou que essa situação seria:

- Impossível, porque a velocidade da luz que emerge da pessoa e se reflete no espelho não depende da velocidade da pessoa, nem da velocidade do espelho.
- Impossível, porque a luz refletida pelo espelho, jamais poderia retornar ao observador, estando no mesmo referencial.
- impossível, porque estando à velocidade da luz, a distância entre a pessoa e o espelho se reduziria a zero, tornando os dois corpos indistinguíveis entre si.
- possível, porque a pessoa e o espelho estariam num mesmo referencial e, nesse caso, seriam válidas as leis da física clássica que admitem essa situação.
- possível, porque a luz é composta de partículas, os fótons, que nesse caso permanecem em repouso em relação à pessoa e, portanto, nunca poderiam atingir o espelho.

20. Suponha que uma espaçonave viaje com velocidade $v = 0.8c$, onde c é a velocidade da luz. Supondo que se possa desprezar os tempos de aceleração e desaceleração da nave durante uma jornada de ida e volta que leva 12 anos, medidos por um astronauta a bordo, pode-se afirmar que um observador que permaneceu na Terra terá envelhecido, em anos:

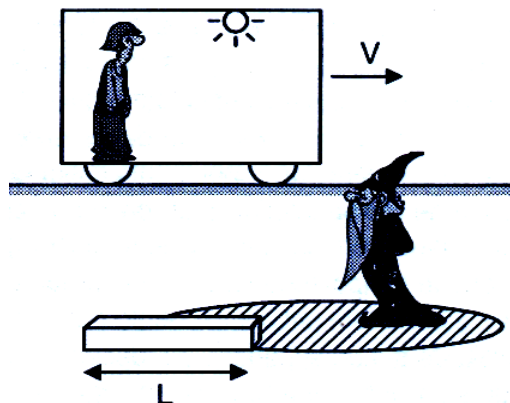
- 9,6
- 12
- 15
- 20
- 10



21. Um acelerador linear é um dispositivo utilizado no tratamento de diversos tipos de cânceres. Ele é usado para atingir um tumor com elétrons ou raios X. O hospital Ophir Loyola, em Belém-PA, dispõe de dois desses aceleradores e um terceiro está em fase de implantação. No hospital Ophir Loyola, a energia dos fótons de raios X emitidos pelo acelerador é de 6 MeV, já as energias dos elétrons estão compreendidas entre 5 MeV e 16 MeV. Acerca de fótons de raios X e elétrons, é correto afirmar que:

- a) a massa de repouso do fóton de raios X é maior que a do elétron.
- b) a carga elétrica do fóton de raios X é igual a do elétron.
- c) para a energia de 6 MeV, a frequência do fóton de raios X é igual à do elétron.
- d) para a energia de 6 MeV, os comprimentos de onda do fóton de raios X e do elétron são iguais.
- e) para qualquer valor de energia, a velocidade do fóton de raios X é maior que a do elétron.

22. Um aprendiz viaja num trem que se desloca em MRU e mede, usando o seu relógio, um intervalo de tempo ΔT entre o acender e o apagar de uma lâmpada instalada no teto do trem onde ele se encontra. Olhando pela janela, vê um mago parado no solo ao lado de uma barra metálica, que o aprendiz avalia ter um comprimento L .

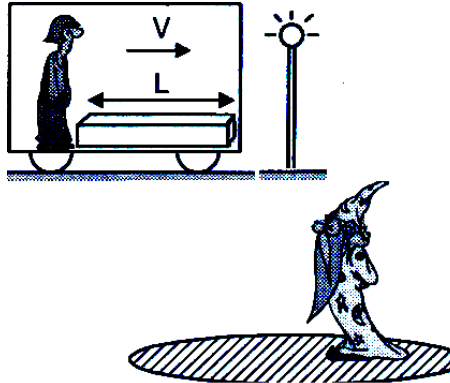


Considerando os efeitos relativísticos, pode-se afirmar que:

- a) o mago mede um intervalo de tempo superior a ΔT decorrido entre o acender e o apagar da lâmpada, e avalia um comprimento maior que L ;
- b) o mago mede um intervalo de tempo inferior a ΔT decorrido entre o acender e o apagar da lâmpada, e avalia um comprimento maior que L ;
- c) o mago mede um intervalo de tempo inferior a ΔT decorrido entre o acender e o apagar da lâmpada, e avalia um comprimento menor que L ;
- d) o mago mede um intervalo de tempo superior a ΔT decorrido entre o acender e o apagar da lâmpada, e avalia um comprimento menor que L ;
- e) o mago mede um intervalo de tempo superior a ΔT decorrido entre o acender e o apagar da lâmpada, e avalia um comprimento igual a L .



23. Um aprendiz viaja num trem que se desloca em MRU e mede, usando o seu relógio, um intervalo de tempo ΔT entre o acender e o apagar de uma lâmpada de um poste da rua, e avalia o comprimento de uma barra que está fixa ao solo do trem como sendo L . Fora do trem, parado em relação à plataforma, existe um mago que observa tudo.



Considerando os efeitos relativísticos, pode-se afirmar que:

- o mago mede um intervalo de tempo superior a ΔT decorrido entre o acender e o apagar da lâmpada, e avalia um comprimento maior que L ;
- o mago mede um intervalo de tempo inferior a ΔT decorrido entre o acender e o apagar da lâmpada, e avalia um comprimento maior que L ;
- o mago mede um intervalo de tempo inferior a ΔT decorrido entre o acender e o apagar da lâmpada, e avalia um comprimento menor que L ;
- o mago mede um intervalo de tempo superior a ΔT decorrido entre o acender e o apagar da lâmpada, e avalia um comprimento menor que L ;
- o mago mede um intervalo de tempo superior a ΔT decorrido entre o acender e o apagar da lâmpada, e avalia um comprimento igual a L .

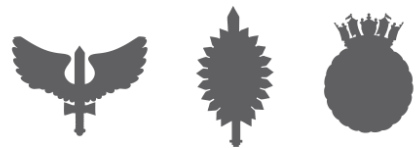
24. Um aprendiz viaja no interior de um trem que se desloca em MRU com velocidade de 60% da velocidade da luz no vácuo c em relação à terra e avalia em 1,2 m o comprimento de uma barra metálica fixa ao solo.

Para o mago, parado em relação à barra, esta tem um comprimento:

- 20 cm maior
- 20 cm menor
- 30 cm maior
- 30 cm menor
- 50 cm maior

25. Raul e Renato são dois irmãos gêmeos que têm 10 anos de idade e são idênticos. Certo dia, Raul partiu de casa numa nave espacial viajando a uma velocidade de 80% da velocidade da luz no vácuo c em relação à terra e fez uma viagem que durou 12 anos, ida e volta, medido no relógio da nave. Assim, quando Raul retorna a casa, entra na sala, senta ao lado de seu irmão no sofá e percebe que o irmão está:

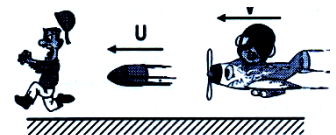
- 8 aos mais novo
- 8 aos mais velho
- 6 aos mais novo
- 6 aos mais velho
- 12 aos mais novo



26. Partículas subatômicas chamadas de mésons têm vidas médias de apenas $2,2 \mu\text{s}$ e se desintegram após esse tempo, dando origem a outras partículas. Viajando a uma velocidade $v = 0,998c$, mésons originam-se nas altas camadas atmosféricas (a 10.500 m de altitude) devem percorrer, durante seu tempo de vida média, apenas uma distância aproximadamente 660 m antes de se desintegrar. Assim, não há como percorrermos a distância de 10.500 m que os separa do solo antes de se desintegrarem. Dessa forma, é de se esperar que os mésons nunca sejam detectados no solo terrestre. Curiosamente, os cientistas detectam grandes quantidades de mésons nas proximidades do solo. A explicação desse fato só é possível com a teoria da relatividade restrita de Einstein, que propõe que:

- a) o tempo de vida média do méson é maior no referencial do próprio méson.
- b) o referencial no solo mede o tempo próprio.
- c) o referencial no solo mede a dilatação espacial.
- d) o referencial no solo mede a dilatação temporal.
- e) o referencial no méson mede a dilatação espacial.

27. Um sereno descascador de batatas observa, atentamente, o zumbum no pátio do quartel. Segundo ele, o avião AJAX estava se movendo a uma incrível velocidade $v = 0,5c$, em relação ao solo, ao encalço de um super projétil com velocidade $u = 0,8c$, em relação ao solo, onde c é a velocidade da luz no vácuo.



De acordo com as relatividades de Galileu e de Einstein, respectivamente, o piloto do avião vê o projétil se afastando dele com uma velocidade relativa de:

- a) $0,3c$ e $0,1c$
- b) $0,3c$ e $0,4c$
- c) $0,3c$ e $0,5c$
- d) $0,2c$ e $0,3c$
- e) $0,2c$ e $0,2c$



28. Segundo a mecânica relativística, se uma pessoa de massa 60 kg pudesse se mover a 80% da velocidade da luz c apresentaria uma massa

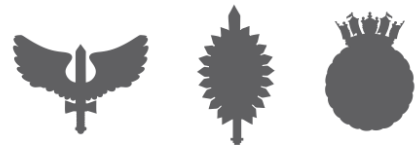
- a) 80 kg
- b) 90 kg
- c) 100 kg
- d) 110 kg
- e) 120 kg

29. Um elétron é impulsionado por um acelerador de partículas a partir do repouso até atingir uma energia relativística final igual a $2,5 \text{ Mev}$. A energia de repouso do elétrons é $E_0 = 0,5 \text{ Mev}$. A sua energia cinética final, ao atingir a velocidade final, vale:

- a) $1,0 \text{ Mev}$
- b) $1,5 \text{ Mev}$
- c) $2,0 \text{ Mev}$
- d) $2,5 \text{ Mev}$
- e) $3,0 \text{ Mev}$

30. Um elétron é impulsionado por um acelerador de partículas a partir do repouso até atingir uma velocidade $v = 0,6c$. Se a energia de repouso do elétrons é $E_0 = 0,5 \text{ Mev}$. A sua energia relativística e a sua energia cinética, ao atingir aquela velocidade, valem, respectivamente:

- a) $0,625 \text{ Mev}$ e $0,125 \text{ Mev}$
- b) $0,625 \text{ Mev}$ e $0,225 \text{ Mev}$
- c) $0,475 \text{ Mev}$ e $0,325 \text{ Mev}$
- d) $0,525 \text{ Mev}$ e $0,125 \text{ Mev}$
- e) $0,725 \text{ Mev}$ e $0,525 \text{ Mev}$



31. A energia cinética de um elétron relativístico é N vezes a sua energia de repouso. Então, o

valor de N, para que a razão $\frac{v}{c} = \sqrt{\frac{15}{16}}$, é:

- a) 1
b) 2
c) 3
d) 4
e) 5

32. Quando você aquece 9 litros de água ($c = 4000 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$) de 0°C a 100°C , de acordo com a relatividade especial, a massa de repouso dessa substância sofre um acréscimo de

- a) $2,0 \cdot 10^{-9} \text{ g}$
b) $3,0 \cdot 10^{-9} \text{ g}$
c) $4,0 \cdot 10^{-9} \text{ g}$
d) $5,0 \cdot 10^{-9} \text{ g}$
e) $6,0 \cdot 10^{-9} \text{ g}$

33. A reação do hidrogênio com oxigênio para formar água é exotérmica, ou seja, libera energia térmica. Para cada mol de água formada é liberada uma energia de 63 kcal. Se 1 cal vale aproximadamente 4 J, então, essa energia liberada corresponde a uma perda de massa, por parte dos reagentes de, aproximadamente

- a) $2,8 \cdot 10^{-9} \text{ g}$
b) $2,8 \cdot 10^{-10} \text{ g}$
c) $3,8 \cdot 10^{-9} \text{ g}$
d) $3,8 \cdot 10^{-10} \text{ g}$
e) $4,8 \cdot 10^{-9} \text{ g}$

34. Partículas subatômicas chamadas de mésons têm vidas médias de apenas $2,2 \mu\text{s}$ e se desintegram após esse tempo, dando origem a outras partículas. Viajando a uma velocidade $v = 0,998c$, mésons originam-se nas altas camadas atmosféricas (a 10.500 m de altitude) devem percorrer, durante seu tempo de vida média, apenas uma distância aproximadamente 660 m antes de se desintegrar. Assim, não há como percorrerem a distância de 10.500 m que os separa do solo antes de se desintegrarem. Dessa forma, é de se esperar que os mésons nunca sejam detectados no solo terrestre. Curiosamente, os cientistas detectam grandes quantidades de mésons nas proximidades do solo. A explicação desse fato só é possível com a teoria da relatividade restrita de Einstein, que propõe que:

- a) o tempo de vida média do méson é maior no referencial do próprio méson.
b) o referencial no solo mede o tempo próprio.
c) o referencial no solo mede a dilatação espacial.
d) o referencial no méson mede a contração espacial.
e) o referencial no méson mede a contração temporal.

35. Diogo e Lucas são dois irmãos gêmeos que têm 10 anos de idade e são idênticos. Certo dia, Diogo partiu de casa numa nave espacial viajando a uma velocidade de 60% da velocidade da luz no vácuo c em relação à terra e fez uma viagem que durou 20 anos, ida e volta, medido no relógio da nave. Assim, quando Diogo retorna a casa, entra na sala, senta ao lado de seu irmão no sofá e percebe que o irmão está:

- a) 5 anos mais novo
b) 8 anos mais novo
c) 6 anos mais novo
d) 5 anos mais velho
e) 8 anos mais velho

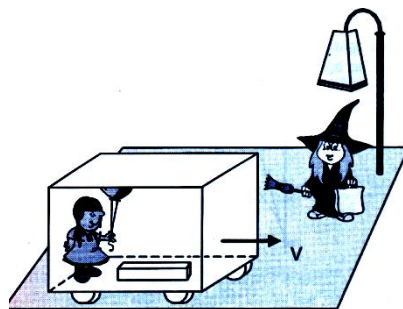


36. Um aprendiz viaja no interior de um trem que se desloca em MRU com velocidade de 60% da velocidade da luz no vácuo c em relação à terra e avalia em 1,2 m o comprimento de uma barra metálica no piso do trem.

Para o mago, parado em relação à barra, esta tem um comprimento:

- a) 24 cm maior
- b) 24 cm menor
- c) 36 cm maior
- d) 36 cm menor
- e) 18 cm maior

37. A figura mostra Sara com sua vassourinha observando um trem passar a uma velocidade v constante. No interior do trem, Larissa segura os balões anti-stress que ganhou de dona Clara e observa uma barra de ferro fixada ao piso do trem. Observando a luz piscante do poste, Sara percebe a luz piscar com uma frequência de 10 piscadas por segundo, ao passo que Larissa, do interior do trem percebe 6 piscadas por segundo.



Se, observando a barra que se encontra no interior do trem, Sara mede seu comprimento como $L = 24$ cm, para essa mesma barra, Larissa medirá um comprimento

- a) 16 cm maior
- b) 12 cm menor
- c) 96 cm maior
- d) 40 cm menor
- e) 18 cm maior

38. Seja V_0 o volume de um cubo repouso de um cubo. Citado cubo move-se à velocidade $v = 0,5c$ numa direção paralela a uma de suas faces. A relação entre o volume do cubo em movimento e o volume do cubo em repouso vale:

- a) 1
- b) $\sin 30^\circ$
- c) $\cos 30^\circ$
- d) $\cos 45^\circ$
- e) $\text{tg } 30^\circ$

39. Segundo a mecânica relativística, se uma pessoa de massa 80 kg pudesse se mover a 60% da velocidade da luz c apresentaria uma massa

- a) 80 kg
- b) 90 kg
- c) 100 kg
- d) 110 kg
- e) 120 kg



40. Dois fótons, cada um com velocidade c (velocidade da luz no vácuo), são lançados um contra o outro durante uma experiência em laboratório. Do ponto de vista relativístico, a velocidade com que um fóton se aproxima do outro é:

- a) $0,5c$
- b) $0,8c$
- c) c
- d) $2c$
- e) $1,2c$

41. Um fóton de luz é lançado com velocidade c contra um elétron que se propaga com velocidade $0,8c$. Do ponto de vista relativístico, a velocidade com que um fóton se aproxima do elétron é:

- a) $0,2c$
- b) $0,8c$
- c) c
- d) $1,6c$
- e) $1,8c$

42. Um elétron é impulsionado por um acelerador de partículas a partir do repouso até atingir uma energia relativística final igual a $3,5$ Mev. A energia de repouso do elétrons é $E_0 = 0,5$ Mev. A sua energia cinética final, ao atingir a velocidade final, vale:

- a) $1,5$ Mev
- b) $2,0$ Mev
- c) $3,0$ Mev
- d) $4,0$ Mev
- e) $4,5$ Mev

43. Um elétron é impulsionado por um acelerador de partículas a partir do repouso até atingir uma velocidade $v = 0,8c$. Se a energia de repouso do elétron é $E_0 = 0,5$ Mev. A sua energia relativística e a sua energia cinética, ao atingir aquela velocidade, valem, respectivamente:

- a) $0,833$ Mev e $0,333$ Mev
- b) $0,333$ Mev e $0,833$ Mev
- c) $0,633$ Mev e $0,133$ Mev
- d) $0,733$ Mev e $0,233$ Mev
- e) $0,633$ Mev e $0,533$ Mev

44. Suponha que o pãozinho de 80 g em repouso fosse transformado em energia elétrica para acender uma lâmpada de 100 W. De acordo com a relatividade especial, durante quanto tempo essa lâmpada ficaria acesa?

- a) $7,2 \cdot 10^{13}$ s
- b) $4,3 \cdot 10^{11}$ s
- c) $3,2 \cdot 10^9$ s
- d) $2,7 \cdot 10^7$ s
- e) $8,7 \cdot 10^{15}$ s



45. A energia solar provém de uma reação nuclear denominada de fusão nuclear. Nessa reação, isótopos de hidrogênio se fundem produzindo um núcleo de hélio. A massa do núcleo de hélio, porém, é ligeiramente menor que a soma das massas dos núcleos de hidrogênio, essa perda de massa corresponde à energia liberada pelo Sol. Se a potência irradiada pelo Sol é de $4 \cdot 10^{26}$ W, um ano dura aproximadamente $3,2 \cdot 10^7$ s e a massa do Sol vale $2 \cdot 10^{30}$ kg, o Sol ainda existirá durante:

- a) 14 mil anos
- b) 14 milhões de anos
- c) 14 bilhões de anos
- d) 14 trilhões de anos
- e) 140 mil anos

46. Uma fábrica de produtos metalúrgicos do Distrito Industrial de Ananindeua consome, por mês, cerca de $2 \cdot 10^6$ kWh de energia elétrica. Suponha que essa fábrica possui uma usina capaz de converter diretamente massa em energia. Nesse caso, a massa necessária para suprir a energia requerida pela durante um mês, é, em gramas:

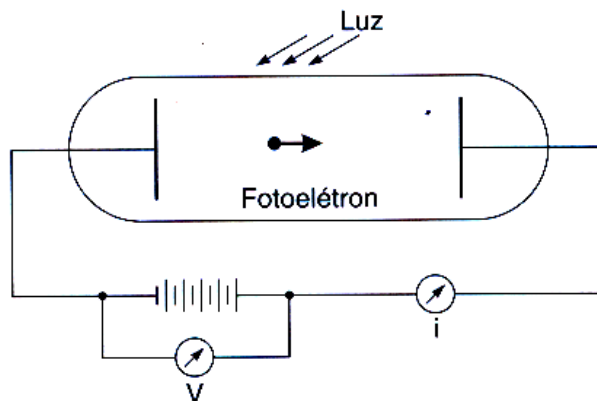
- a) 0,08
- b) 0,8
- c) 8
- d) 80
- e) 800



02. Efeito fotoelétrico

1. Efeito fotoelétrico

Em 1887, Heinrich Hertz tentando comprovar experimentalmente a validade da teoria eletromagnética de Maxwell observou que **a luz ultravioleta arrancava elétrons da superfície metálica** dos eletrodos. **Hertz estava assim descobrindo o efeito fotoelétrico que hoje em dia é empregado para converter um sinal luminoso numa corrente elétrica.**



As investigações posteriores do efeito, devidas principalmente a Phillip Lenard (1899), revelaram uma série de características intrigantes, contraditórias ao que seria esperado pela física clássica.

Lenard concluiu experimentalmente que:

- I – O efeito fotoelétrico só ocorre a partir de uma determinada frequência f_{\min}**
- II – A partir do momento em que o fenômeno começa a acontecer, a quantidade de elétrons retirados da placa metálica é proporcional à intensidade da luz incidente.**
- III – Para outras frequências abaixo do valor f_{\min} o efeito inexistente qualquer que seja a intensidade da luz incidente.**

Lenard verificou que todas as suas descobertas experimentais não eram explicadas satisfatoriamente pela física clássica.

Em 1905, Albert Einstein usou a teoria da quantização de energia, proposta em 14 de Dezembro de 1900 por Max Planck, para explicar o efeito fotoelétrico.

Nas palavras de Einstein, **“A ideia mais simples é que a luz ao atingir o metal transfere para cada elétron um quantum de energia e com essa energia adicional o elétron tende a deixar o metal”**.

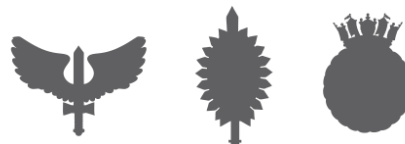
Os elétrons mais próximos da superfície deixam o metal energia cinética máxima $E_{C_{\max}}$ igual a:

$$E_{C_{\max}} = hf - \phi$$

Equação fotoelétrica de Einstein

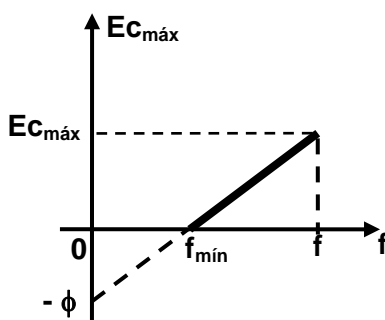
Onde $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ é a constante de Planck, f é a frequência da luz e ϕ é a energia mínima que o elétron precisa para deixar o metal, também conhecida como função trabalho do metal que depende do tipo de metal.

O físico americano Robert Andrews Millikan não acreditou na explicação de Einstein, e passou os dez anos seguintes fazendo uma série de experiências com o objetivo de demonstrar que a predição de Einstein era incorreta. O resultado foi que, nas palavras de Millikan, **“...contra todas as minhas expectativas, vi-me obrigado em 1915 a afirmar sua completa verificação experimental, embora nada tivesse de razoável, uma vez que parecia violar o que conhecíamos sobre a interferência da luz”**.



2. Análise gráfica do efeito fotoelétrico

$$E_{c_{máx}} = hf - \phi \quad \therefore \quad y = a.x - b$$



O nome “fóton” para um “quantum de luz” só apareceu em 1926, num trabalho de Lewis. **A intensidade da luz é proporcional à energia total que ela transporta, e por conseguinte ao número de fótons, o que explica por que a fotocorrente é diretamente proporcional a intensidade da luz.**

Em 1921, Einstein recebeu o prêmio Nobel pela teoria do efeito fotoelétrico.

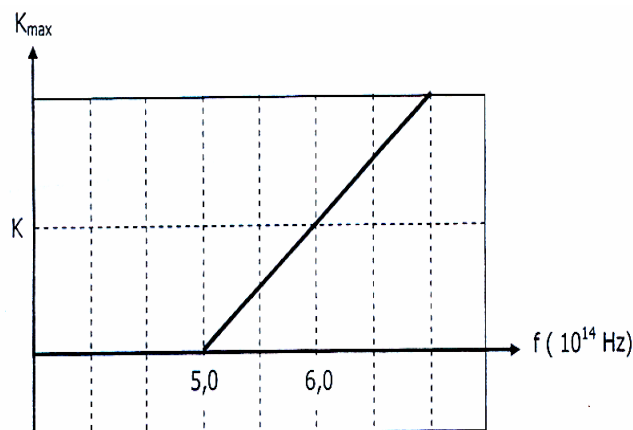


01. No efeito fotoelétrico, um elétron em um átomo absorve a energia de um fóton incidente e é ejetado do átomo. A energia mínima necessária para cada material ejetar um elétron neste efeito é chamada de função trabalho do material. O elétron é ejetado com uma energia igual à do fóton incidente menos o valor da função trabalho do material. Na tabela abaixo, estão listados vários materiais com suas respectivas funções trabalho, dadas em elétron-volt (eV). Suponha que um laser na faixa do ultravioleta, com comprimento de onda igual a 248 nm, incida sobre a superfície de cada um dos materiais listados na tabela. Considere o produto da constante de Planck pela velocidade da luz, $hc=1240 \text{ nm}\cdot\text{eV}$. Nestas condições, ocorrerá o efeito fotoelétrico:

ELEMENTO	FUNÇÃO TRABALHO (eV)
Sódio	2,20
Magnésio	3,68
Alumínio	4,08
Selênio	5,11
Platina	6,35

- a) somente no Sódio.
- b) somente no Sódio e Magnésio.
- c) somente no Sódio, Magnésio e Alumínio.
- d) somente no Sódio, Magnésio, Alumínio e Selênio.
- e) em todos os materiais da tabela.

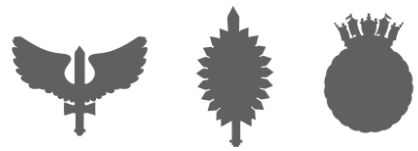
02. O ano de 2005 foi proclamado pela Assembleia Geral das Nações Unidas como O Ano Mundial da Física, com a finalidade de relevar a importância dessa ciência para o planeta e de celebrar o centenário do "annus mirabilis" em que Einstein publicou os trabalhos sobre o Movimento Browniano, o Efeito Fotoelétrico e a Teoria da Relatividade Especial, que marcaram profunda e significativamente o conhecimento acerca do micro e do macrocosmo e a consequente geração de tecnologias.



Constante de Planck = $6,6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

A respeito da lei de Planck e do efeito fotoelétrico de Einstein lei as afirmações abaixo:

- I - Para aumentar a velocidade do fotoelétron devemos aumentar a frequência ou diminuir o comprimento de onda e diminuir a função trabalho.
- II - Quantum que dizer menor quantidade que se pode medir e quanta é o plural de quantum.
- III - Todos os fotoelétrons deixam o metal com a mesma energia cinética.
- IV - o valor do K indicado no gráfico é $6,6 \cdot 10^{-20} \text{ J}$.



- a) apenas as afirmações II, III e IV estão corretas.
- b) apenas as afirmações I, II e IV estão corretas.
- c) apenas as afirmações I e III estão corretas.
- d) apenas as afirmações I, II e IV estão corretas.
- e) todas estão corretas.

03. As células fotoelétricas são dispositivos que possuem um comportamento semelhante aos LDR, pois, também dependem da interação com a energia luminosa. Estas células Porém constituem um perfeito exemplo de aplicação do Efeito Fotoelétrico, pois, possuem uma placa (cátodo) que quando iluminada por um feixe de luz emite elétrons que são atraídos por outra placa o anodo. Esse fenômeno gera uma corrente elétrica que interfere em um circuito paralelo de função específica como no caso dos alarmes contra ladrão. Quando o feixe de luz é interrompido (pelo ladrão), a célula libera o acionamento do circuito paralelo disparando o alarme Considerando que o catodo é feito de sólido metálica cuja função de trabalho é de 2,28 eV, analise as afirmativas a seguir

Dados:

- O produto da Constante de Planck (h) pela velocidade da luz (c) vale $1,24 \cdot 10^{-6}$ eV.m
- Comprimento de onda na faixa do visível 4000 Angstrom a 7000 Angstrom
- 1 Angstrom = 10^{-10} m

I - Na faixa do visível, somente algumas ondas possuirão comprimento de onda adequado para arrancar elétrons da placa.

II - Na faixa de onda dos raios X os elétrons ejetados possuirão maior energia cinética do que os ejetado, na faixa de onda do visível.

III - Na faixa de onda do infravermelho haverá maior probabilidade dos elétrons serem ejetados da placa

IV - Na faixa de onda do visível a corrente elétrica produzida é maior que a corrente produzida na faixa de onda do ultravioleta.

- a) apenas as afirmações II, III e IV estão corretas.
- b) apenas as afirmações I, II e IV estão corretas.
- c) apenas as afirmações I e II estão corretas.
- d) apenas as afirmações I, II e III estão corretas.
- e) todas estão corretas.

04. Analise as afirmações abaixo:

I - O efeito fotoelétrico é consequência do comportamento ondulatório da luz.

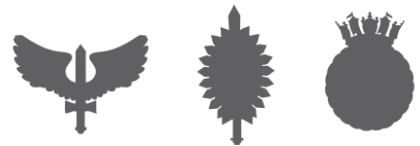
II - A difração e a interferência são fenômenos que somente podem ser explicados satisfatoriamente por meio do comportamento ondulatório da luz.

III - O efeito fotoelétrico somente pode ser explicado satisfatoriamente quando consideramos a luz formada por partículas, os fótons.

IV- A luz, em certas interações com a matéria, comporta-se como uma onda eletromagnética; em outras interações ela se comporta como partícula, como os fótons no efeito fotoelétrico.

V - Devido à alta frequência da luz violeta, o “fóton violeta” é mais energético do que o “fóton vermelho”.

- a) apenas as afirmações II, III, IV e V estão corretas.
- b) apenas as afirmações I, II e IV estão corretas.
- c) apenas as afirmações I e III estão corretas.
- d) apenas as afirmações II, III e V estão corretas.
- e) todas estão corretas.

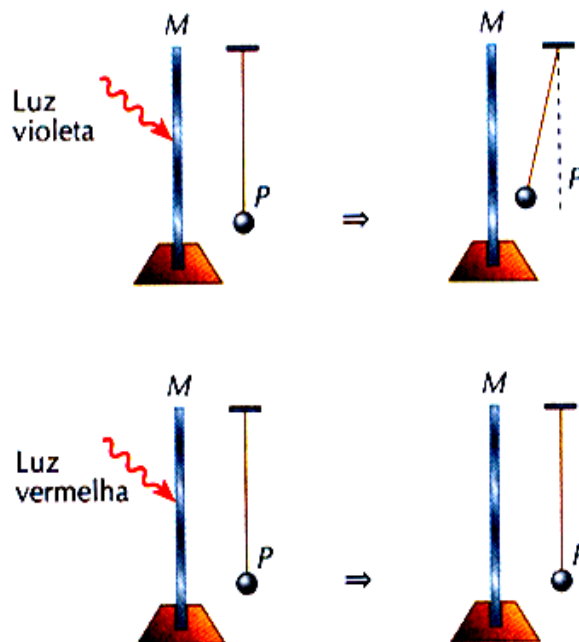


05. Em um laboratório são fornecidas a um estudante duas lâmpadas de luz monocromática. Uma emite luz com comprimento de onda correspondente ao vermelho ($\lambda \cong 6,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$) e com potência de 150 W. A outra lâmpada emite luz com comprimento de onda correspondente ao violeta ($\lambda \cong 3,9 \cdot 10^{-7} \text{ m}$) e cuja potência é de 15 W. O estudante deve realizar uma experiência sobre o efeito fotoelétrico. Inicialmente ele ilumina uma placa de lítio metálico com a lâmpada de 150 W e, em seguida, ilumina a mesma placa com a lâmpada de 15 W. A frequência limite do lítio metálico é aproximadamente $6,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.

Sobre esses fenômenos, é incorreto afirmar:

- Ao iluminar a placa de lítio com a lâmpada de 15 W, elétrons são ejetados da superfície metálica.
- Com a lâmpada de luz vermelha os elétrons não serão ejetados da superfície metálica.
- Se o estudante iluminasse a superfície de lítio metálico com uma lâmpada de 5 W de luz monocromática, com comprimento de onda de $4,6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ (luz azul), os elétrons seriam ejetados da superfície metálica do lítio.
- Se o estudante utilizasse uma lâmpada de luz violeta de 60 W, a quantidade de elétrons ejetados da superfície do lítio seria quatro vezes maior que a obtida com a lâmpada de 15 W.
- A energia cinética dos elétrons ejetados, obtida com a lâmpada de luz vermelha de 150 W, é dez vezes maior que a obtida com a lâmpada de luz violeta de 15 W.

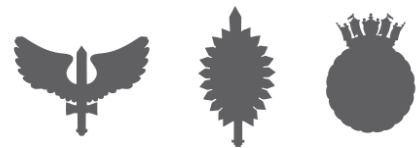
06. Dispõe-se de uma placa metálica M, e de uma esferinha metálica P, muito leve, suspensa por um fio isolante, ambas inicialmente neutras e isoladas. Um feixe de luz violeta incide sobre a placa e, logo em seguida, a bolinha é atraída. Repetindo-se a operação com luz vermelha, isso não ocorre.



As figuras abaixo ilustram o desenrolar dos fenômenos.

Sobre esses fenômenos, é correto afirmar:

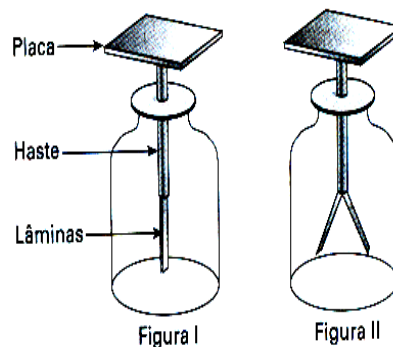
- A intensidade da luz vermelha foi menor que aquela da luz violeta.
- A placa M, ao ser iluminada pelo feixe violeta, ficou eletrizada negativamente.
- A massa das partículas luminosas do feixe violeta é maior do que a do feixe vermelho.
- O fóton de luz violeta tem maior energia que o fóton de luz vermelha.
- Aumentando-se o tempo de iluminação da placa M com luz vermelha, ela passaria a atrair a esferinha P.



07. Com relação ao efeito fotoelétrico é incorreto afirmar:

- A ocorrência desse efeito depende da frequência e não da intensidade da radiação utilizada.
- É possível que esse efeito ocorra com luz azul fraca e não ocorra com luz vermelha intensa.
- A velocidade com que um elétron é ejetado depende da frequência da radiação usada, mas não de sua intensidade.
- Supondo que o fenômeno ocorre numa determinada região de uma placa metálica, o número de elétrons extraídos depende da intensidade da luz utilizada.
- Para uma determinada radiação incidente, a velocidade dos elétrons ejetados não depende do metal usado na experiência.

08. O eletroscópio é um aparelho utilizado para detectar cargas elétricas. Ele é constituído de uma placa metálica, que é ligada a duas lâminas metálicas finas por uma haste condutora elétrica. As duas lâminas podem se movimentar, afastando-se ou aproximando-se uma da outra.



A Figura I mostra um eletroscópio eletricamente descarregado e a Figura II, o mesmo eletroscópio carregado.

Com base nessas informações analise as afirmações abaixo:

- As lâminas de um eletroscópio se separam quando ele está carregado devido elas terem carga de mesmo tipo.
- As lâminas se afastam quando luz branca incide sobre a placa devido ao efeito fotoelétrico.
- As lâminas não se movem quando luz monocromática vermelha incide sobre a placa por causa da intensidade dessa luz.

Marque a alternativa correta.

- apenas a afirmação I está correta.
- apenas as afirmações I e III estão corretas.
- apenas as afirmações II e III estão corretas.
- apenas as afirmações I e II estão corretas.
- todas as afirmações estão corretas.

09. Com relação ao efeito fotoelétrico é incorreto afirmar:

- Em uma célula fotoelétrica, a velocidade dos fotoelétrons emitidos aumenta, quando diminuimos o comprimento de onda da radiação luminosa utilizada para provocar o fenômeno.
- Em uma célula fotoelétrica, a velocidade dos fotoelétrons emitidos aumenta, quando aumentamos a frequência da radiação luminosa utilizada para provocar o fenômeno.
- Em uma célula fotoelétrica, a velocidade dos fotoelétrons emitidos será maior, se utilizarmos, para provocar o fenômeno, luz vermelha forte, em vez de empregarmos luz violeta fraca.
- Numa célula fotoelétrica, a energia cinética dos elétrons arrancados da superfície do metal não depende da intensidade da luz incidente.
- A emissão de fotoelétrons por uma placa fotossensível se pode ocorrer, quando a luz incidente tem menor comprimento de onda do que certo comprimento de onda crítico e característico para cada metal.



10. Numa experiência de Efeito Fotoelétrico, um metal **A** começa a emitir elétrons quando a luz incidente tem comprimento de onda máximo de 5.000 angstroms. Um outro metal **B** exibe o mesmo fenômeno, somente quando a luz incidente tem comprimento de onda máximo de 5.500 angstroms.

I - A função trabalho é a energia mínima que o elétron precisa para deixar o metal.

II - Ao incidirmos, sobre ambos os metais, luz de comprimento de onda $\lambda = 4.000$ angstroms, os elétrons emitidos pelo metal B são mais energéticos que os do metal A.

III - O metal **A** tem função trabalho menor do que o metal **B**.

Marque a alternativa correta.

- a) apenas a afirmação I está correta.
- b) apenas a afirmação II está correta.
- c) apenas a afirmação III está correta.
- d) apenas as afirmações I e II estão corretas.
- e) apenas as afirmações I e III estão corretas.

11. Sendo $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s a constante de Planck, pode-se afirmar que a energia transportada por fóton de luz, de frequência $5 \cdot 10^{14}$ Hz, é de aproximadamente:

- a) $2,3 \cdot 10^{-18}$ J
- b) $5,32 \cdot 10^{-15}$ J
- c) $3,31 \cdot 10^{-19}$ J
- d) $8,42 \cdot 10^{-18}$ J
- e) $6,62 \cdot 10^{-18}$ J

12. Qual das explicações lhe parece correta para o efeito fotoelétrico?

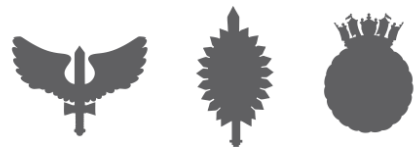
- a) Choque elástico entre partículas leves e núcleos.
- b) Produção de raios X, quando há choque de elétrons em uma placa de metal.
- c) Produção de luz por modificação energética de um sistema atômico.
- d) Arrancar elétrons de uma substância por incidência de radiação eletromagnética.
- e) Nenhum dos fenômenos acima.

13. Assinale a alternativa que preenche-" corretamente a lacuna do parágrafo abaixo.o ano de 1900 pode ser considerado o marco inicial de uma revolução ocorrida na Física do século XX. Naquele ano, Max Planck apresentou um artigo à Sociedade Alemã de Física, introduzindo a ideia da ----- da energia, da qual Einstein se valeu para, em 1905, desenvolver sua teoria sobre o efeito fotoelétrico.

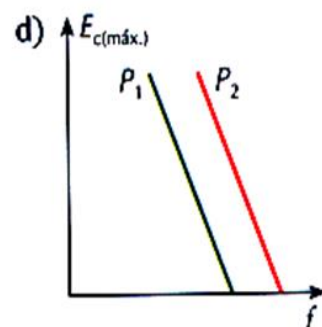
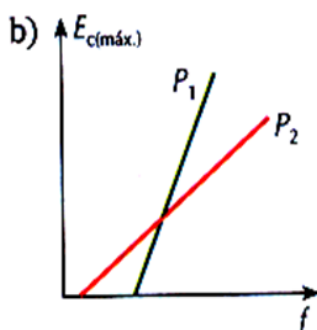
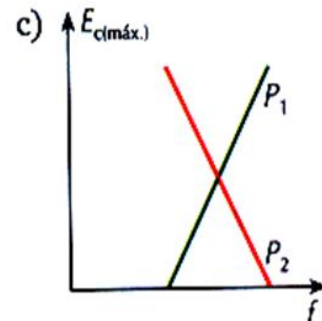
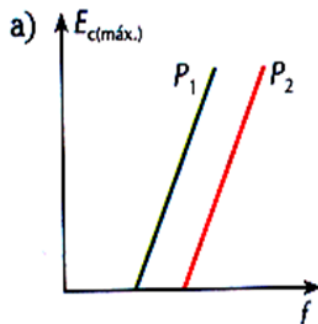
- a) conservação.
- b) conversão.
- c) quantização.
- d) propagação.
- e) transformação.

14. Quando a luz incide sobre a superfície de uma placa metálica, é possível que elétrons sejam arrancados dessa placa, processo conhecido como efeito fotoelétrico. Para que um elétron escape da superfície do metal, devido a esse efeito, a energia do fóton incidente deve ser, pelo menos, igual a uma energia mínima, chamada função trabalho ϕ , uma grandeza característica de cada material. A energia de cada fóton da luz incidente é igual ao produto $h \cdot f$, onde h é a constante de Planck e f é a frequência da luz incidente. Quando a energia do fóton incidente é maior que ϕ , a energia restante é transformada em energia cinética do elétron. Dessa forma, a energia cinética máxima do elétron arrancado é dada por:

$$E_{C_{\text{máx}}} = h \cdot f - \phi$$



Considere o experimento no qual um feixe de luz que contém fótons com energias associadas a um grande intervalo de frequências incide sobre duas placas, P_1 , e P_2 , constituídas de metais diferentes. Para esse experimento pode-se afirmar que o gráfico representando a energia cinética máxima dos elétrons emitidos, em função das frequências que compõem a luz incidente, é:



15. A emissão de fotoelétrons por um determinado metal exige que:

- a luz incidente tenha uma frequência maior que um determinado valor.
- a luz incidente tenha um comprimento de onda superior a um determinado valor.
- a temperatura do metal esteja próxima à de sua temperatura de fusão.
- a luz incidente tenha intensidade, superior a um valor determinado.
- o metal não esteja ligado a Terra.

16. As afirmativas abaixo referem-se ao efeito fotoelétrico:

I - quando se aumenta apenas a intensidade da luz na superfície fotoelétrica, o número de elétrons emitidos por unidade de tempo aumenta.

II - é necessária uma energia mínima dos fótons da luz incidente, para arrancar os elétrons do metal que constitui uma fotocélula.

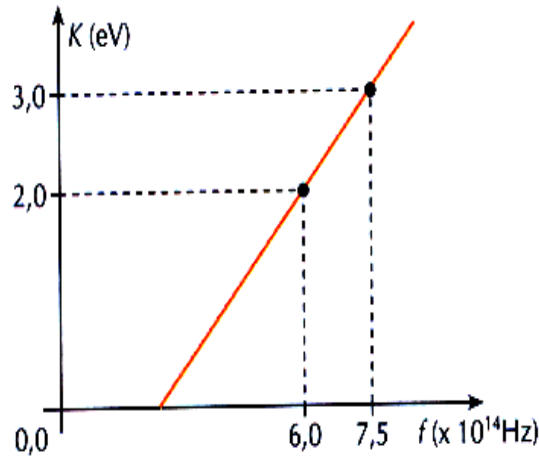
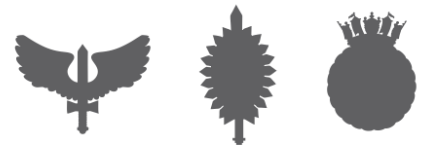
III - o efeito fotoelétrico parte do pressuposto de que a energia da luz é quantizada.

IV - quanto maior o comprimento de onda da luz, tanto menor a energia do fóton.

Pode-se afirmar que:

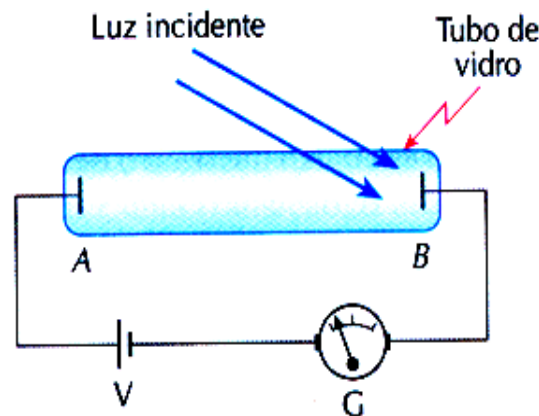
- apenas I e IV são verdadeiras.
- todas são verdadeiras.
- apenas I e III são verdadeiras.
- apenas III e IV são verdadeiras.
- todas são falsas.

17. O gráfico mostrado ao lado resultou de uma experiência na qual a superfície metálica de uma célula fotoelétrica foi iluminada, separadamente, por duas fontes de luz monocromática distintas de frequências $f_1 = 6,0 \cdot 10^{14}$ Hz e $f_2 = 7,5 \cdot 10^{14}$ Hz, respectivamente. As energias cinéticas máximas, $K_1 = 2,0$ eV e $K_2 = 3,0$ eV dos elétrons arrancados do metal, pelos dois tipos de luz, estão indicadas no gráfico. A função trabalho dessa célula fotoelétrica é, em eV:



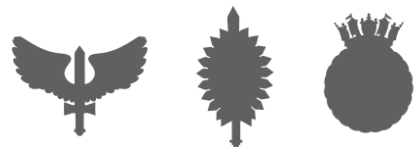
- a) 1,3
- b) 1,8
- c) 2,3
- d) 1,6
- e) 2,0

18. No esquema da figura abaixo, está representado o arranjo experimental para observar o efeito fotoelétrico. A luz incidente entra no tubo de vidro sem ar em seu interior e ilumina a placa B. As placas metálicas A e B estão conectadas à bateria V. O amperímetro G pode registrar a intensidade da corrente que percorre o circuito.



Podemos variar a intensidade e a frequência da luz incidente na placa B. No início da experiência, usando luz de baixa frequência, a corrente no amperímetro é nula. Nesse caso, podemos afirmar que:

- a) aumentando suficientemente a intensidade da luz, surgirá uma corrente no amperímetro;
- b) aumentando suficientemente o tempo de incidência da luz, surgirá uma corrente no amperímetro;
- c) desligando a bateria V e conectando-a novamente ao circuito com a polaridade invertida, surgirá uma corrente no amperímetro;
- d) aumentando suficientemente a frequência da luz, surgirá uma corrente no amperímetro.



19. Um tubo de raios X acelera elétrons com uma ddp de U volts. Ao atingirem a placa metálica do tubo, esses elétrons excitam os átomos do metal, o qual emite fótons de raios X. Sejam: λ o comprimento de onda do fóton emitido; c a velocidade da luz no vácuo; e a carga do elétron e h a constante de Planck. Supondo que toda a energia cinética do elétron seja absorvida, o comprimento mínimo de onda dos fótons emitidos é:

- a) $\lambda = \frac{cU}{eh}$
- b) $\lambda = \frac{ceh}{U}$
- c) $\lambda = \frac{eU}{ch}$
- d) $\lambda = \frac{cUh}{e}$
- e) $\lambda = \frac{ch}{eU}$

20. De acordo com a teoria da relatividade de Einstein, a energia total de uma partícula satisfaz a equação $E^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4$, onde p é a quantidade de movimento linear da partícula, m_0 é sua massa de repouso e c é a velocidade da luz no vácuo. Ainda de acordo com Einstein, uma luz de frequência pode ser tratada como sendo constituída de fótons, partículas com massa de repouso nula e com energia $E = h.f$, onde h é a constante de Planck. Com base nessas informações, você pode concluir que a quantidade de movimento linear p de um fóton é:

- a) $p = hc$
- b) $p = \frac{hc}{f}$
- c) $p = \frac{1}{hc}$
- d) $p = \frac{hf}{c}$
- e) $p = \frac{cf}{h}$

21. Incide-se luz num material fotoelétrico e não se observa a emissão de elétrons. Para que ocorra a emissão de elétrons do mesmo material basta que se aumente(m):

- a) a intensidade da luz.
- b) a frequência da luz.
- c) o comprimento de onda da luz.
- d) a intensidade e a frequência da luz.
- e) a intensidade e o comprimento de onda da luz.

22. A energia, em elétron-volt, de um fóton da luz verde do mercúrio, cujo comprimento de onda é 5461 Å no vácuo, vale, em eV (constante de Planck = $4,14 \cdot 10^{-15}$ eVs):

- a) 1,50
- b) 4,75
- c) 2,28
- d) 6,50
- e) 3,55



23. Para remover um elétron de um metal, necessita-se de 4,2 eV de energia. Quando fótons de luz ultravioleta atingem o metal, elétrons com energia cinética de 1,5 eV são liberados. A energia dos fótons incidentes é em eV:

- a) 4,2.
- b) 1,5.
- c) 11,5 a 4,2.
- d) 5,7.
- e) 1,5 a 5,7.

24. A função trabalho de certo material é 4,2 eV. O comprimento de onda, em Å, da luz capaz de produzir efeito fotoelétrico, tendo os fotoelétrons emitidos energia cinética de 2,0 eV, é aproximadamente (constante de Planck = $4,14 \cdot 10^{-15}$ eVs)::

- a) 2000.
- b) 100.
- c) 1000.
- d) 0,2.
- e) 200.

25. Selecione a alternativa que apresenta as palavras que completam corretamente as lacunas, pela ordem, no seguinte texto relacionado com o efeito fotoelétrico. O efeito fotoelétrico, isto é, a emissão de por metais sob a ação da luz, é um experimento dentro de um contexto físico extremamente rico, incluindo a oportunidade de pensar sobre o funcionamento do equipamento que leva à evidência experimental relacionada com a emissão e a energia dessas partículas, bem como a oportunidade de entender a inadequacidade da visão clássica do fenômeno. Em 1905, ao analisar esse efeito, Einstein fez a suposição revolucionária de que a luz, até então considerada como um fenômeno ondulatório, poderia também ser concebida como constituída por conteúdos energéticos que obedecem a uma distribuição, os quanta de luz, mais tarde denominados

- a) fótons - contínua - fótons
- b) fótons - contínua - elétrons
- c) elétrons - contínua - fótons
- d) elétrons - discreta - elétrons
- e) elétrons - discreta - fótons

26. "De acordo com a teoria formulada em 1900 pelo físico alemão Max Planck, a matéria emite ou absorve energia eletromagnética de maneira emitindo ou absorvendo, cuja energia é proporcional à da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia." Assinale a alternativa que, pela ordem, preenche corretamente as lacunas:

- a) contínua - quanta - amplitude
- b) descontínua - prótons - frequência
- c) descontínua - fótons - frequência
- d) contínua - elétrons - intensidade
- e) contínua - nêutrons - amplitude



27. No efeito fotoelétrico ocorre a variação da quantidade de elétrons emitidos por unidade de tempo e da sua energia quando há variação de certas grandezas características da luz incidente na fotocélula. Associe as variações descritas na coluna da direita com as grandezas da luz incidente, mencionadas na coluna da esquerda.

- | | | |
|----------------|-----|--|
| 1. Frequência | () | variação da energia dos elétrons emitidos |
| 2. Velocidade | () | variação do número de elétrons emitidos por unidade de tempo |
| 3. Intensidade | () | |

A relação numérica, de cima para baixo, da coluna da direita, que estabelece a sequência de associações corretas é:

- a) 1 - 2
- b) 1 - 3
- c) 2 - 1
- d) 2 - 3
- e) 3 - 1

28. O professor João estava realizando testes com uma célula fotoelétrica que utiliza placas de sódio. Para a radiação luminosa incidente, ainda não havia corrente elétrica no circuito. Para que haja corrente elétrica no circuito João deve:

- I – aumentar a intensidade da luz incidente.
- II – aumentar a frequência da luz incidente.
- III – substituir de sódio por uma placa de um outro metal com menor função trabalho.

Pode-se afirmar que:

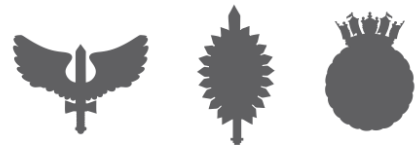
- a) apenas a I está incorreta
- b) apenas a II está incorreta
- c) apenas a III está incorreta
- d) apenas a II está correta
- e) todas estão corretas.

29. O professor Carlos estava realizando testes com uma célula fotoelétrica que utiliza placa de sódio. Para a radiação luminosa incidente, já havia corrente elétrica no circuito. Ao aumentar a intensidade luminosa incidente sobre a placa, certamente deve ocorrer um aumento apenas do (a):

- a) da energia cinética dos fotoelétrons emitidos;
- b) da intensidade de corrente no circuito;
- c) da intensidade de corrente no circuito e da energia cinética dos fotoelétrons emitidos;
- d) na função trabalho do metal.
- e) na energia portada pelos fótons incidentes.

30. O professor Pedro estava realizando testes com uma célula fotoelétrica que utilizava placas de potássio. Para a radiação luminosa azul, já havia corrente elétrica no circuito. Alterando-se a cor da luz azul incidente para luz violeta, sem alterar a intensidade da radiação, ocorrerá aumento apenas do (a):

- a) comprimento de onda da luz;
- b) energia dos fótons da luz incidente;
- c) comprimento de onda da luz e energia dos fótons de luz incidentes;
- d) energia dos fótons de luz incidentes e energia dos fotoelétrons.
- e) função trabalho do metal e energia dos fótons de luz incidentes.



31. Deseja-se ejetar fotoelétrons de uma superfície metálica polida de sódio utilizando-se radiação eletromagnética no espectro visível. Determine qual dos feixes a seguir será mais indicado para essa finalidade:

- a) um feixe de luz vermelha de intensidade $I = 400 \text{ mW/m}^2$
- b) um feixe de luz verde de intensidade $I = 150 \text{ mW/m}^2$
- c) um feixe de luz laranja de intensidade $I = 400 \text{ mW/m}^2$
- d) um feixe de luz verde de intensidade $I = 300 \text{ mW/m}^2$
- e) um feixe de luz azul de intensidade $I = 150 \text{ mW/m}^2$

32. Julgue as afirmações acerca de conceitos relacionados com a Física Moderna:

I - Quando atinge uma superfície metálica, radiação luminosa cede energia aos elétrons do metal fazendo com que eles sejam emitidos da superfície metálica. Esse fenômeno é conhecido como Efeito Compton.

II - Uma consequência da Teoria da Relatividade Restrita é a equivalência massa expressa pela equação $E = m \cdot c^2$, representa a energia, m a massa de c a velocidade da luz no vácuo. Daí se conclui que um corpo parado possui uma energia de repouso E pelo fato de possuir massa.

III - A Física Clássica não consegue descrever com êxito o Efeito Fotoelétrico, fenômeno que só pode ser explicado se for assumido que a luz apresenta propriedade de partícula.

IV - Para a Teoria da Relatividade Restrita, dois

eventos podem ocorrer simultaneamente para um observador e ocorrer em tempos diferentes para outro observador que está em movimento em relação ao primeiro.

Estão corretas apenas

- a) I e IV.
- b) II e III.
- c) I, II e III.
- d) I, III e IV.
- e) II, III e IV.



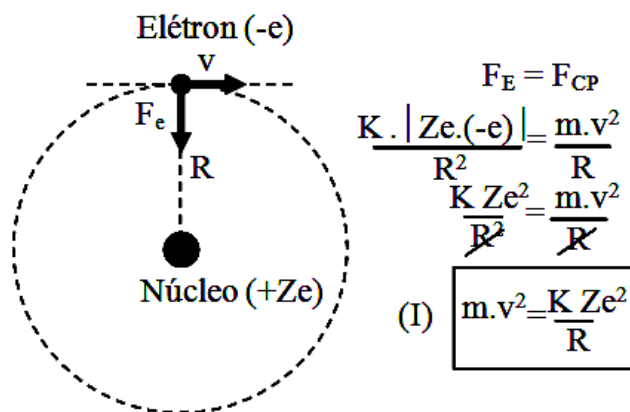
03. Modelo atômico de Bohr

1. Modelo atômico de Bohr

Em 1912, Nils Bohr, percebendo que a teoria clássica não poderia explicar a estabilidade do átomo em seu estado normal, com o elétron orbitando ao redor do núcleo sem emitir energia, resolveu criar quatro postulados para explicar essa estabilidade.

Bohr concluiu que:

1. Um elétron em um átomo se move em órbita circular em torno do núcleo sob influência da atração coulombiana entre o elétron e o núcleo, obedecendo às leis da mecânica clássica.



2. Em vez da infinidade de órbitas que seriam possíveis segundo a mecânica clássica, um elétron só pode se mover em uma órbita na qual seu momento angular orbital mvR é um múltiplo inteiro N de $h/2\pi$.

$$mvR = \frac{Nh}{2\pi}$$

$$(II) \quad v = \frac{Nh}{2\pi mR}$$

Substituir II em I

$$m \left[\frac{Nh}{2\pi mR} \right]^2 = \frac{K Ze^2}{R}$$

$$m \frac{N^2 h^2}{4\pi^2 m^2 R^2} = \frac{K Ze^2}{R}$$

$$R = \frac{N^2 h^2}{4\pi^2 m K Z e^2}$$

Dados:

$$Z = 1$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$\pi^2 = 10$$

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

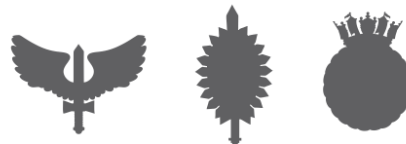
$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$$

$$R = 5,3 \cdot 10^{-11} N^2 \text{ (metro)}$$

$$R = 0,53 N^2 \text{ (Angstrom)}$$

Onde, N é o número quântico:

$$N = 1, 2, 3, \dots$$



3. Apesar de estar constantemente acelerado, um elétron que se move em uma dessas órbitas possíveis não emite radiação eletromagnética. Portanto sua energia total E permanece constante.

Elétron (-e)

Núcleo (+Ze)

$R = 5,3 \cdot 10^{-11} N^2$ (metro)

$K = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ e $Z = 1$

$$E = E_p + E_c$$

$$E = \frac{K \cdot e \cdot (-e)}{R} + \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$E = -\frac{K \cdot Ze^2}{R} + \frac{K \cdot Ze^2}{2R}$$

$$E = -\frac{K \cdot Ze^2}{2R}$$

$$E = -\frac{21,7 \cdot 10^{-19} \text{ (Joule)}}{N^2}$$

$$E = -\frac{13,6 \text{ (elétron-volt)}}{N^2}$$

4. Todo átomo ao passar de um estado estacionário(órbita) para outro, emite ou absorve um quantum $h \cdot f$ de energia igual ao módulo da diferença entre as energias $|\Delta E|$ correspondentes aos dois estados.

Átomo sendo excitado

Átomo se excitando

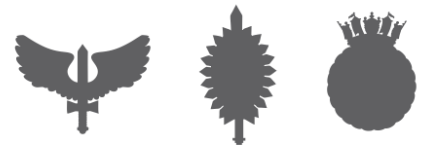
Átomo se desexcitando

$$E_{\text{absorvida}} = E_{\text{emitida}} = \Delta E = h \cdot f$$



É importante lembrar que quando o átomo se excita o elétron faz apenas uma transição. Enquanto que na desexcitação ele pode fazer uma ou várias transições. Sendo que em cada transição ele libera ou absorve um quantum de energia.

Com essa descoberta Bohr recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1922.



01. Um Espectrômetro consiste, basicamente, de um prisma que decompõe a luz emitida pelas diversas substâncias, formando um espectro definido para cada uma delas, que permite identificar os elementos químicos que a constituem. A luz branca possui um espectro contínuo, que varia desde o vermelho até o violeta. Além do espectro contínuo, existem dois tipos de espectros discretos, chamados de Espectro de Emissão e Espectro de Absorção. Veja a descrição de cada um:

I - No Espectro de Emissão, a luz emitida por um gás aquecido passa através de um Espectrômetro e são obtidas linhas espectrais discretas e definidas, como pode ser visto esquematicamente na figura IV.

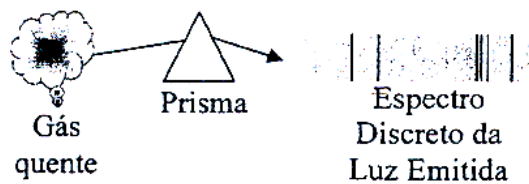


Figura IV

II - No Espectro de Absorção, faz-se a luz emitida por uma lâmpada passar através de um gás frio e deste por um Espectrômetro, obtendo-se o espectro contínuo, característico da luz branca, com algumas linhas de cores ausentes, como pode ser visto esquematicamente na Figura V.

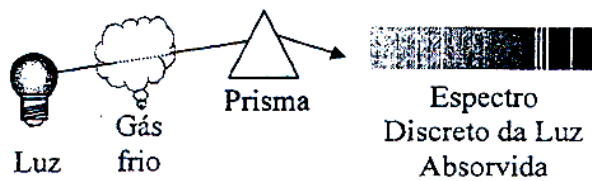
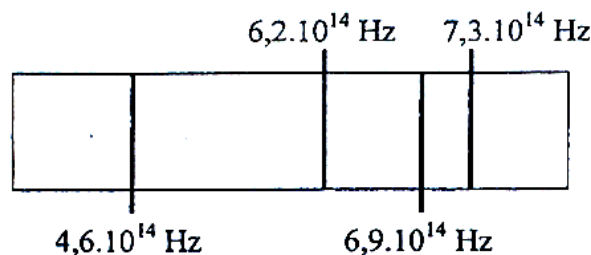


Figura V

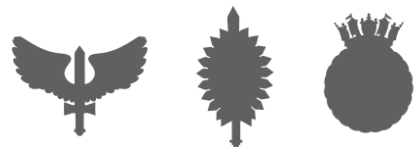
Nestas condições:

- Explique o Espectro de Emissão baseado no Modelo Atômico de Bohr.
- Explique o Espectro de Absorção baseado no Modelo Atômico de Bohr.
- Admitindo o Espectro de Emissão para o átomo de Hidrogênio, cujas linhas e suas respectivas frequências são dadas, aproximadamente; pela figura abaixo, mostre se é possível uma transição com uma diferença de energia $\Delta E = 2,56 \text{ eV}$, para o Hidrogênio. Use $h = 4,13 \cdot 10^{-15} \text{ eV.s}$.



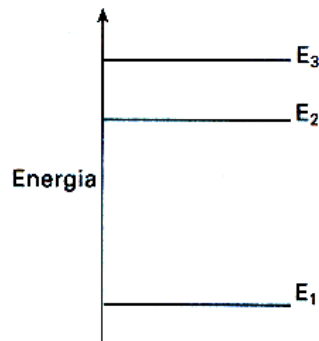
02. Em uma lâmpada fluorescente, o mercúrio emite radiação de comprimentos de onda 254 nm e 367 nm.

Indique, qual destas duas radiações tem fótons de maior energia. Justifique fisicamente sua resposta.



03. A figura ao lado mostra, esquematicamente, os níveis de energia permitidos para elétrons de um certo elemento químico. Quando esse elemento emite radiação, são observados três comprimentos de onda diferentes, λ_A , λ_B e λ_C .

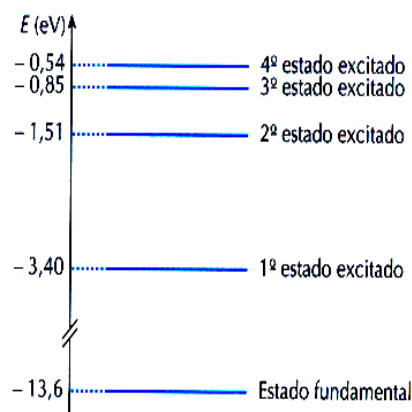
1. Com base na figura, explique a origem da radiação correspondente aos comprimentos de onda λ_A , λ_B e λ_C .
2. Considere que $\lambda_A < \lambda_B < \lambda_C$. Sendo h a constante de Planck e c a velocidade da luz, determine uma expressão para o comprimento de onda λ_A .



04. Dois fótons, cujas energias são, respectivamente, 9,25 eV e 12,75 eV, incidem sobre um átomo de hidrogênio que está no estado fundamental.

Na figura a baixo, estão representadas as energias de cinco estados possíveis do átomo de hidrogênio. Raciocine apenas em termos da unidade elétron-volt (eV). Não é preciso transformar as energias para joule.

- a) Apenas um desses dois fótons incidentes poderá ser absorvido pelo átomo de hidrogênio no estado fundamental. Determine qual dos dois fótons pode ser absorvido nesse caso. Justifique.
- b) Quando o átomo de hidrogênio, no estado fundamental, absorver um desses fótons, ele ficará num estado excitado. Explique para qual estado excitado irá o átomo nesse caso.



05. Elétrons, em alta velocidade, emitem radiação e perdem energia cinética ao colidirem com as paredes de um tubo de vidro. Considere três colisões em que são emitidas radiações nas cores verde, azul e vermelha. A sequência de cores das radiações em ordem crescente da energia cinética perdida pelo elétron que a produziu é:

- a) verde, vermelho e azul.
- b) azul, vermelho e verde.
- c) azul, verde e vermelho.
- d) vermelho, azul e verde.
- e) vermelho, verde e azul.



06. A iluminação pública urbana foi um dos assuntos debatidos pelos candidatos, no segundo turno, à Prefeitura Municipal de Belém. Um dos candidatos prometeu que trocava as lâmpadas de vapor de mercúrio pelas de vapor de sódio.

Analise as afirmativas seguintes a respeito dos dois tipos de lâmpadas.

I - Embora as duas lâmpadas apresentem coloração diferente, suas radiações luminosas possuem o mesmo comprimento de onda.

II - A diferença na emissão de luz pelos dois tipos de lâmpadas ocorre porque os diferentes vapores, quando submetidos à tensão elétrica, produzem radiações de frequências diferentes.

III - A energia associada a um fóton, nas duas radiações, é a mesma, portanto a utilização de um ou outro tipo de lâmpada não altera o consumo de energia elétrica.

Está(ão) correta(s) apenas a(s) afirmação(ões)

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



04. Dualidade onda partícula

1. Hipótese de Louis de Broglie

Em 1924, o físico francês Louis de Broglie, que estava preparando sua tese de doutoramento, sugeriu uma série de ideias especulativas, baseadas nos resultados até então obtidos para fótons, na teoria de Bohr, no efeito fotoelétrico e no efeito Compton.

De Broglie propôs o **princípio da dualidade onda-partícula**.

Na natureza tanto as radiações eletromagnéticas quanto a matéria têm natureza dual, ou seja, ora se comportam como onda, ora se comportam como partículas, nunca as duas coisas ao mesmo tempo. Com isso, de Broglie postulou que **o comprimento de onda associado a partículas (não-relativísticas)** de quantidade de movimento $Q = m.v$, seria calculado analogamente pela equação que determina a quantidade de movimento dos fótons $Q = \frac{h}{\lambda}$, **Logo, temos:**

$$\lambda = \frac{h}{mv} \text{ (matéria)}$$

que se chama **comprimento de onda de de Broglie** da partícula. Se formos analisar a equação

$\lambda = \frac{h}{mv}$ para a matéria do ponto de vista macroscópico prevalece o **caráter corpuscular**.

Mas, se formos analisar do ponto de vista microscópico com velocidades próximas da luz prevalece o **caráter ondulatório**.

Em 1927 os físicos americanos Davisson e Germer detectaram em laboratório a difração dos elétrons numa estrutura cristalina de um metal. Essa experiência só veio comprovar o que previa Louis de Broglie a respeito do caráter ondulatório da matéria. Por isso, Louis de Broglie, foi agraciado, em 1929, com o Prêmio Nobel pela sua descoberta da natureza ondulatória da matéria.

Atenção!

O comportamento ondulatório da matéria só deve ser mencionado no caso de partículas que apresentem um comprimento de onda que seja possível ser medido experimentalmente. Como por exemplo, o comprimento de onda que estão dentro da faixa das ondas eletromagnéticas.



05. Princípio da incerteza de Heisenberg

1. Princípio da incerteza de Heisenberg

Em 1927, o físico Werner Heisenberg formulou o Princípio da Incerteza, segundo o qual não é possível determinar simultaneamente com precisão a posição e a velocidade de um elétron. Se fizermos uma medida muito precisa da posição, teremos uma imprecisão grande na velocidade (e vice-versa).



01. Amanda, apaixonada por História da Ciência, ficou surpresa ao ouvir de um colega de turma o seguinte relato: J. J. Thomson recebeu o prêmio Nobel de Física, em 1906, pela descoberta da partícula elétron. Curiosamente, seu filho, G. P. Thomson recebeu o prêmio Nobel de Física, em 1937, por seu importante trabalho experimental sobre difração de elétrons por cristais. Ou seja, enquanto um verificou aspectos de partícula para o elétron, o outro percebeu a natureza ondulatória do elétron. Nesse relato, de conteúdo incomum para a maioria das pessoas, Amanda teve a lucidez de perceber que o aspecto ondulatório do elétron era uma comprovação experimental da teoria das ondas de matéria, proposta por Louis de Broglie, em 1924. Ou seja, o relato do colega de Amanda estava apoiado num fato bem estabelecido em Física, que é o seguinte:

- a) O princípio da superposição, bastante usado em toda a Física, diz que aspectos de onda e de partícula se complementam um ao outro e podem se superpor num mesmo experimento.
- b) O princípio da incerteza de Heisenberg afirma que uma entidade física exhibe ao mesmo tempo suas características de onda e de partícula.
- c) A teoria da relatividade de Einstein afirma ser tudo relativo: assim, dependendo da situação, características de onda e de partícula podem ser exibidas simultaneamente.
- d) Aspectos de onda e de partícula se complementam um ao outro, mas não podem ser observados simultaneamente num mesmo experimento.

02. Conceitos e princípios físicos estão fortemente inseridos em nossa cultura. Isto se reflete em diversas composições musicais.

Quanta
Plural de quantum
Quando quase não há
Quantidade que se medir
Qualidade que se expressar
Fragmento infinitésimo
Quase que apenas mental
Quantum granulado no mel
Quantum ondulado no sal...

Gilberto Gil

Com base na análise do texto acima e nos princípios físicos a eles relacionados. Analise as afirmações abaixo:

I - O significado físico da frase “Quando quase não há quantidade que se medir...” é o quantum?

II - Considere que a retina humana pode ser sensibilizada a partir de um quantum de energia luminosa de frequência $6 \cdot 10^{14}$ Hz. Se $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Js, então 10^{18} desses quanta teriam energia igual à energia gasta para levantar um lápis de massa 33 g, do chão ao topo de uma mesa de 1,2 m de altura.

III - O princípio físico que está poeticamente no trecho abaixo é dualidade onda-partícula.

“Quantum granulado no mel
Quantum ondulado no sal”

Marque a alternativa correta.

- a) apenas a afirmação I está correta.
- b) apenas as afirmações I e III estão corretas.
- c) apenas as afirmações II e III estão corretas.
- d) apenas as afirmações I e II estão corretas.
- e) todas as afirmações estão corretas.



03. A quantidade de movimento linear do fóton, no vácuo, é tanto maior quanto menor for

- a) a sua massa
- b) a sua aceleração
- c) a sua frequência
- d) o seu comprimento de onda
- e) a sua energia

04. Dobrando-se a energia cinética de um elétron não-relativístico, o comprimento de onda original de sua função de onda fica multiplicado por:

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

05. Qual o comprimento de onda de de Broglie de uma bola de beisebol de massa 150 g arremessada com velocidade de 40 m/s? Dado: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js

- a) $1,1 \cdot 10^{-34}$ m
- b) $6,8 \cdot 10^{-30}$ m
- c) $6,8 \cdot 10^{-36}$ m
- d) $3,2 \cdot 10^{-31}$ m
- e) $4,3 \cdot 10^{-29}$ m

06. Qual o comprimento de onda de de Broglie de um elétron não-relativístico que tem energia cinética de 120 eV? Dados: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J e $m = 9 \cdot 10^{-31}$ kg

- a) $1,2 \cdot 10^{-10}$ m
- b) $1,8 \cdot 10^{-6}$ m
- c) $3,1 \cdot 10^{-14}$ m
- d) $3,4 \cdot 10^{-8}$ m
- e) $2,1 \cdot 10^{-12}$ m

07. A quantidade de movimento linear do fóton, no vácuo, é tanto maior quanto

- a) menor a sua massa
- b) menor a sua aceleração
- c) maior a sua frequência
- d) maior o seu comprimento de onda
- e) menor a sua energia

08. Quadruplicando-se a energia cinética de um elétron não-relativístico, o comprimento de onda original de sua função de onda fica multiplicado por:

- a) $1/\sqrt{2}$
- b) $1/2$
- c) $1/4$
- d) $\sqrt{2}$
- e) e



09. O comprimento de onda de de Broglie de um elétron não-relativístico de massa m e carga q , após ter sido acelerado por uma diferença de potencial U , vale::

- a) $\frac{h}{\sqrt{2mqU}}$
- b) $\frac{h}{\sqrt{3mqU}}$
- c) $\frac{h}{m\sqrt{2qU}}$
- d) $\frac{h}{m\sqrt{3qU}}$
- e) $\frac{hq}{\sqrt{2mU}}$

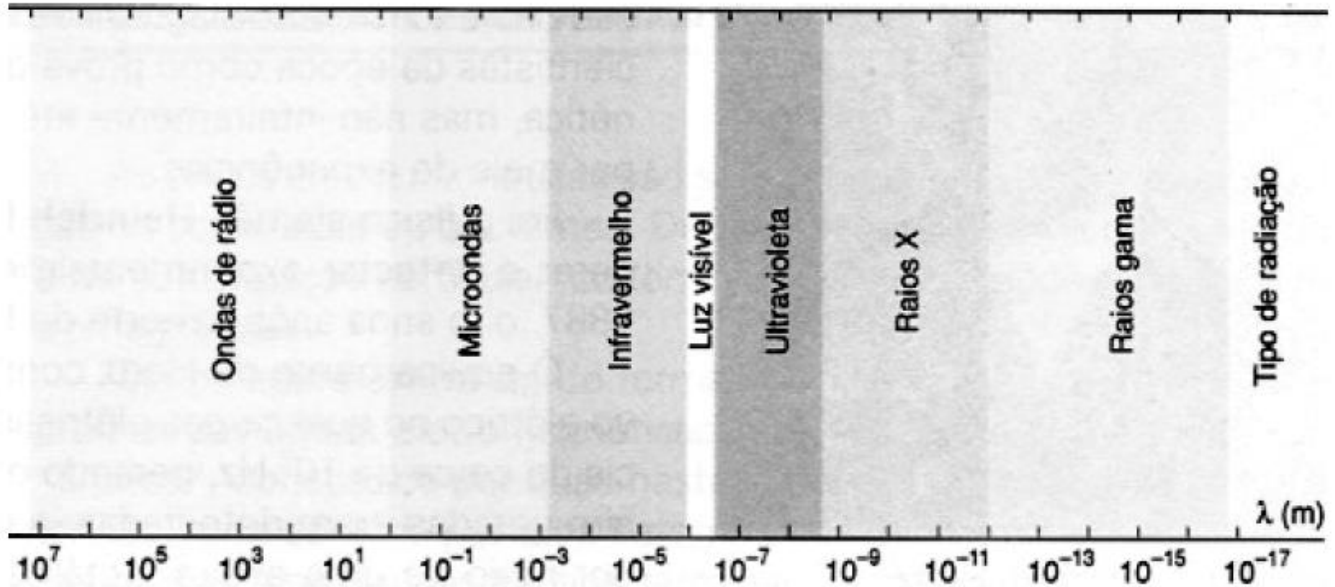
10. Qual o comprimento de onda de de Broglie de uma de uma vaca de massa 400 Kg correndo no pasto com velocidade de 3,6 km/h? Dado: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js

- a) $1,6 \cdot 10^{-36}$ m
- b) $3,2 \cdot 10^{-32}$ m
- c) $4,7 \cdot 10^{-28}$ m
- d) $2,6 \cdot 10^{-34}$ m
- e) $4,1 \cdot 10^{-20}$ m



06. Testes de física moderna

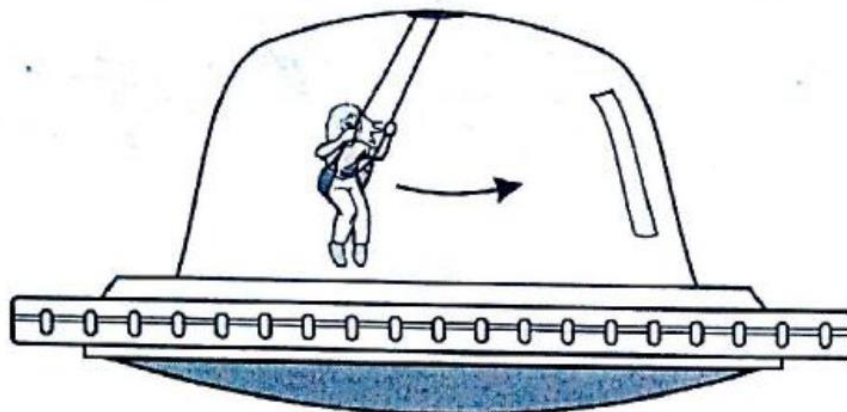
01. (AFA) O elétron do átomo de hidrogênio ao passar do primeiro estado estacionário excitado, $n = 2$, para o estado fundamental, $n = 1$, emite um fóton.



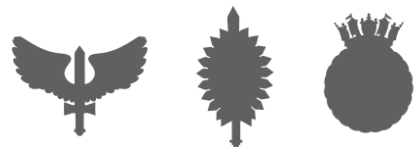
Tendo em vista o diagrama da figura abaixo, que apresenta de maneira aproximada, os comprimentos de onda das diversas radiações, componentes do espectro eletromagnético, pode-se concluir que o comprimento de onda desses fótons emitidos corresponde a uma radiação na região do(s)

- a) raios gamas.
- b) raios X.
- c) infravermelho.
- d) Ultravioleta.

02. (AFA) Uma garota de nome Julieta se encontra em uma nave espacial brincando em um balanço que oscila com período igual a T_0 , medido no interior da nave, como mostra a figura abaixo.



A nave de Julieta passa paralelamente com velocidade de $0,5c$, em que c é a velocidade da luz, por uma plataforma espacial, em relação à qual, o astronauta Romeu se encontra parado.



Durante essa passagem, Romeu mede o período de oscilação do balanço como sendo T e o comprimento da nave, na direção do movimento, como sendo L .

Nessas condições, o período T , medido por Romeu, e o comprimento da nave, medido por Julieta, são respectivamente

- a) $\frac{2}{3}T_0\sqrt{3}$ e $\frac{2}{3}L\sqrt{3}$
- b) $\frac{2}{3}T_0\sqrt{3}$ e $\frac{L\sqrt{3}}{2}$
- c) $\frac{T_0\sqrt{3}}{2}$ e $\frac{2}{3}L\sqrt{3}$
- d) $\frac{T_0\sqrt{3}}{2}$ e $\frac{L\sqrt{3}}{2}$

03. (AFA) Rios X são produzidos em tubos de vácuo nos quais elétrons são acelerados por uma ddp de 40000 V e, em seguida, submetidos a uma intensa desaceleração ao colidir com um alvo metálico. Assim, um valor possível para o comprimento de onda, em angstroms, desses raios X é,

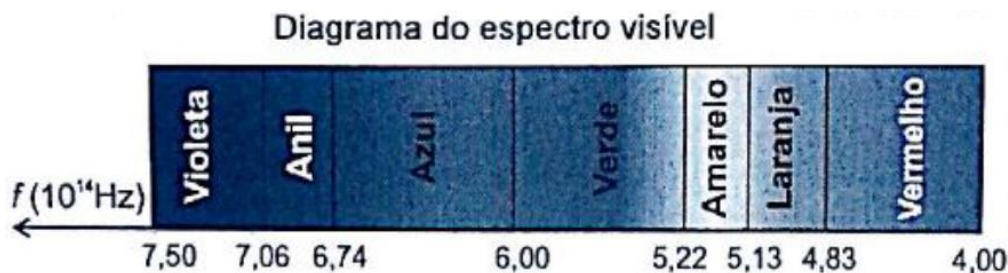
- a) 0,35
- b) 0,20
- c) 0,25
- d) 0,15

04. (AFA) Para a construção de uma célula fotoelétrica, que será utilizada na abertura e fechamento automático de uma porta, um pesquisador dispõe de quatro metais, cujas funções trabalho ω estão listadas na tabela abaixo.

Metal	ω (eV)
Platina	6,4
Prata	4,7
Chumbo	4,1
Sódio	2,3

Sendo que essa célula deverá ser projetada para funcionar com luz visível, poderá(ão) usando(s) somente o(s) metal(is)

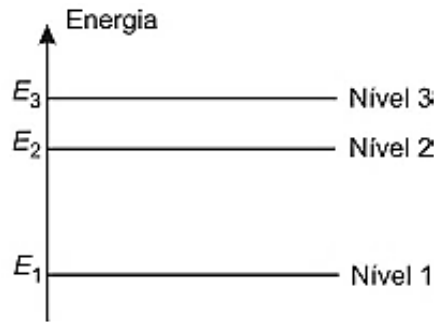
Dados: $h = 4,1 \cdot 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$



- a) platina
- b) sódio
- c) chumbo e prata
- d) chumbo e sódio



05. (AFA) O diagrama a seguir mostra os níveis de energia permitidos para elétrons de um certo elemento químico.

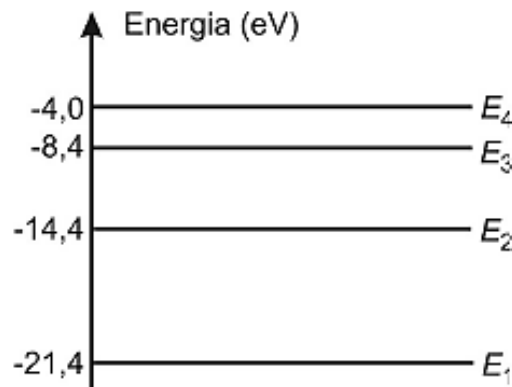


Durante a emissão de radiação por este elemento, são observados três comprimentos de onda:

λ_A , λ_B e λ_C . Sabendo-se que $\lambda_A < \lambda_B < \lambda_C$, pode-se afirmar que $\frac{\lambda_A}{\lambda_C}$ é igual a:

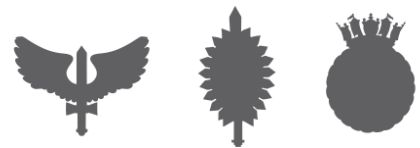
- a) $\frac{E_3}{E_1}$
- b) $\frac{E_3 - E_2}{E_3}$
- c) $\frac{E_3 - E_2}{E_3 - E_1}$
- d) $\frac{E_2}{E_1}$

06. (AFA) O diagrama abaixo ilustra os níveis de energia ocupados por elétrons de um elemento químico A.



Dentro das possibilidades apresentadas nas alternativas abaixo, a energia que poderia restar a um elétron com energia de $12,0$ eV, após colidir com um átomo de A, seria de, em eV:

- a) 0
- b) 1,0
- c) 5,0
- d) 5,4



07. Gabarito

01. Teoria da relatividade restrita

01. d 02. a 03. d 04. e 05. e 06. e 07. c 08. e 09. c 10. a 11. c 12. e

13. Francisco tem 70 anos e João tem 50 anos

14. b 15. c 16. a 17. d 18. d 19. a 20. d 21. e 22. a 23. c 24. c 25. b
 26. d 27. c 28. c 29. c 30. a 31. c 32. c 33. a 34. d 35. b 36. b 37. a
 38. c 39. c 40. c 41. c 42. c 43. a 44. a 45. c 46. a

02. Efeito fotoelétrico

01. c 02. d 03. c 04. a 05. e 06. d 07. e 08. d 09. c 10. d 11. c 12. d
 13. c 14. a 15. a 16. b 17. e 18. d 19. e 20. d 21. b 22. c 23. d 24. a
 25. e 26. c 27. b 28. a 29. b 30. d 31. e 32. e

03. Modelo atômico de Bohr

01.

a) Quando o gás é aquecido cada elétron, dos átomos do gás, absorve um quantum de energia (hf) e com isso salta para o nível energético mais elevado e ao retornar libera em cada transição uma radiação eletromagnética de determinada frequência.

b) A luz da lâmpada ao atravessar o gás frio tem algumas de suas radiações, de determinada frequência, absorvidas pelos elétrons dos átomos do gás, que com isso saltam para níveis energéticos mais elevados.

c) Ocorreu esta transição, porque a frequência emitida é $6,2 \cdot 10^{14}$ Hz que está presente no espectro de emissão dado.

02. 254 nm

03.

$$1. \begin{cases} \lambda_A \Rightarrow \text{Transição } E_3 \rightarrow E_1 \\ \lambda_B \Rightarrow \text{Transição } E_2 \rightarrow E_1 \\ \lambda_C \Rightarrow \text{Transição } E_3 \rightarrow E_2 \end{cases}$$

$$2. \lambda_A = \frac{hc}{E_3 - E_1}$$

04.

a) O fóton absorvido foi o de energia igual a 12,75 eV

b) Irá para o 3º estado excitado

05. e

06. a

04. Dualidade onda-partícula

01. d 02. e 03. d 04. a 05. a 06. a 07. c 08. b 09. a 10. a

06. Testes de revisão

01. c 02. a 03. a 04. b 05. c 06. c



Para comprar as resoluções dos testes através de videoaulas acesse:
www.cursomaxwell.com.br