

Lista de exercícios 20

1. Explique o experimento de Michaelson-Morley para determinação da velocidade da luz no vácuo.

2. (UFRJ-RJ) O conceito de éter surgiu na Grécia antiga, significando uma espécie de fluido sutil e rarefeito que preenchia o espaço e envolvia a Terra. Esse conceito evoluiu para representar um referencial privilegiado, a partir do qual se poderia descrever toda a Física, inclusive seria o meio material no qual se propagariam as ondas eletromagnéticas (a luz). No entanto, as experiências de Michaelson-Morley, realizadas em 1887, mostraram a inconsistência desse conceito, uma vez que seus resultados implicavam que ou a Terra estava sempre estacionária em relação ao éter ou a noção de que o éter representava um sistema de referência absoluto era errônea, devendo, portanto, ser rejeitada.

As inconsistências do conceito de éter levaram Einstein a elaborar a teoria de que a velocidade da luz

- a) é constante para qualquer observador e dependente de qualquer movimento da fonte ou do observador.
- b) é constante para qualquer observador e independente de qualquer movimento da fonte ou do observador.
- c) é constante e dependente do observador, porém independente de qualquer movimento relativo da fonte.
- d) é constante e independente do observador, porém dependente de qualquer movimento relativo da fonte.

3. (UFRN 2009) O conceito de éter surgiu na Grécia antiga, significando uma espécie de fluido sutil e rarefeito que preenchia o espaço e envolvia a Terra. Esse conceito evoluiu para representar um referencial privilegiado, a partir do qual se poderia descrever toda a Física, inclusive seria o meio material no qual se propagariam as ondas eletromagnéticas (a luz). No entanto, as experiências de Michaelson-Morley, realizadas em 1887, mostraram a inconsistência desse conceito, uma vez que seus resultados implicavam que ou a Terra estava sempre estacionária em relação ao éter ou a noção de que o éter representava um sistema de referência absoluto era errônea, devendo, portanto, ser rejeitada.

As inconsistências do conceito de éter levaram Einstein a elaborar a teoria de que a velocidade da luz

- a) é constante para qualquer observador e dependente de qualquer movimento da fonte ou do observador.
- b) é constante para qualquer observador e independente de qualquer movimento da fonte ou do observador.
- c) é constante e dependente do observador, porém independente de qualquer movimento relativo da fonte.
- d) é constante e independente do observador, porém dependente de qualquer movimento relativo da fonte.

4. (UFRN) Raios cósmicos são partículas que bombardeiam continuamente a Terra. Eles são compostos, principalmente, de partículas alfa, prótons e neutrinos. Um neutrino vindo do espaço se desloca em relação à Terra com velocidade da luz igual a c .

Para um foguete que se desloca com velocidade v em relação à Terra, em direção ao neutrino, esta partícula terá velocidade igual a:

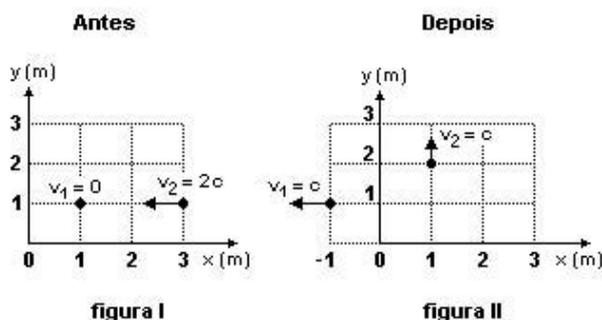
- a) $v - c$
- b) $v + c$
- c) c
- d) v

5. (UFRN 2013) Quando olhamos para o céu noturno, vemos uma grande quantidade de estrelas, muitas das quais se encontram a dezenas e até a centenas de anos-luz de distância da Terra. Na verdade, estamos observando as estrelas como elas eram há dezenas, centenas ou até milhares de anos, e algumas delas podem nem mais existir atualmente.

Esse fato ocorre porque

- a) a velocidade da luz no vácuo é infinita e não depende do movimento relativo entre fontes e observadores.
- b) a velocidade da luz no vácuo, apesar de ser muito grande, é finita e depende do movimento relativo entre fontes e observadores.
- c) a velocidade da luz no vácuo, apesar de ser muito grande, é finita e não depende do movimento relativo entre fontes e observadores.
- d) a velocidade da luz no vácuo é infinita e depende do movimento relativo entre fontes e observadores.

6. (UFRN) Crizzoleta Puzzle, estudante de Física, idealizou a seguinte experiência: Numa colisão entre dois nêutrons, são realizadas medidas simultâneas e exatas da posição e da velocidade de cada um dos nêutrons. Em sua idealização, essas medidas são efetuadas em dois instantes: antes da colisão (figura I) e depois da colisão (figura II). A letra c , que aparece nas duas figuras, representa a velocidade da luz no vácuo, e v_1 e v_2 representam, respectivamente, as velocidades dos nêutrons 1 e 2.



Analisando a experiência proposta, verificamos, à luz da Física Moderna, que a referida estudante violou

- a) o princípio da incerteza de Heisenberg, a lei de conservação do momento linear e a lei de Coulomb.
- b) o princípio da incerteza de Heisenberg, um postulado da teoria da relatividade especial de Einstein e a lei de conservação do momento linear.
- c) um postulado da teoria da relatividade especial de Einstein, a lei de conservação da carga elétrica e a lei de conservação do momento linear.

d) um postulado da teoria da relatividade especial de Einstein, a lei de Coulomb e a lei de conservação da carga elétrica.

7. (UFRGS 2018) Dilatação temporal e contração espacial são conceitos que decorrem da
- Teoria Especial da Relatividade.
 - Termodinâmica.
 - Mecânica Newtoniana.
 - Teoria Atômica de Bohr.
 - Mecânica Quântica.

8. (UFPE) Um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial a uma velocidade constante $v = 0,8c$, onde c é a velocidade da luz no vácuo. No referencial da espaçonave, o tempo transcorrido entre o lançamento e a chegada na estação espacial foi de 12 meses. Qual o tempo transcorrido no referencial da Terra, em meses?

9. (UEPB) A relatividade proposta por Galileu e Newton na Física Clássica é reinterpretada pela Teoria da Relatividade Restrita, proposta por Albert Einstein (1879-1955) em 1905, que é revolucionária porque mudou as idéias sobre o espaço e o tempo, uma vez que a anterior era aplicada somente a referenciais inerciais. Em 1915, Einstein propôs a Teoria Geral da Relatividade válida para todos os referenciais (inerciais e não inerciais). Ainda acerca do assunto tratado no texto, resolva a seguinte situação-problema: Considere uma situação “fictícia”, que se configura como uma exemplificação da relatividade do tempo. Um grupo de astronautas decide viajar numa nave espacial, ficando em missão durante seis anos, medidos no relógio da nave. Quando retornam a Terra, verifica-se que aqui se passaram alguns anos.

Considerando que c é a velocidade da luz no vácuo e que a velocidade média da nave é $0,8c$, é correto afirmar que, ao retornarem a Terra, se passaram:

- 20 anos
- 10 anos
- 30 anos
- 12 anos

10. (UFG-GO) Segundo a Teoria da Relatividade Restrita de Albert Einstein, o tempo transcorre de maneira diferente para observadores com velocidades diferentes. Isso significa que, para um observador em um referencial fixo, transcorre um intervalo de tempo Δt entre dois eventos, enquanto para um observador em um referencial que viaja com uma velocidade constante v , em relação ao referencial anterior, o intervalo de tempo entre os mesmos eventos será $\Delta t'$. Os dois intervalos de tempo estão relacionados por:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Com esta teoria surge o paradoxo dos gêmeos: para o piloto de uma espaçonave que realizou uma viagem espacial, com uma velocidade constante de $0,8c$, transcorreram 18 anos até o seu retorno à Terra.

Para o gêmeo que ficou na Terra, calcule quanto tempo durou a viagem do seu irmão, o piloto.

11. (Vunesp-2005) Instituído pela Organização das Nações Unidas, 2005 é o Ano Mundial da Física, em que se comemora o centenário dos trabalhos revolucionários publicados por Albert Einstein, o mais importante cientista do século XX (segundo a revista norte-americana Time). Na teoria da relatividade especial de Einstein, objetos que se movem com velocidade v em relação a um referencial inercial têm o tempo dilatado por um fator γ , para um observador em repouso nesse referencial. A tabela mostra valores de γ para diversos módulos da velocidade v , representados em múltiplos da velocidade da luz, c (ou $3 \cdot 10^8$ m/s).

v	γ
$0,000c$	$1,000$
$0,100c$	$1,005$
$0,200c$	$1,021$
$0,400c$	$1,091$
$0,600c$	$1,250$
$0,800c$	$1,667$
$0,900c$	$2,294$
$0,998c$	$15,82$
$0,999c$	$22,37$
c	∞

Segundo este modelo, pede-se:

- qual a velocidade, em m/s, que deve ser atingida pelo objeto para que a dilatação do tempo seja de apenas 0,5%? Comente como este resultado explica por que as pessoas não percebem os efeitos da dilatação do tempo no seu dia-a-dia.
- Se para o objeto passaram-se 10 minutos, quantos minutos se passaram para um observador no referencial inercial que vê o objeto se movimentando à velocidade de $0,600c$?

12. (UFSC) Assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S):

- A Teoria da Relatividade não limita a velocidade que uma partícula pode adquirir.
- 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.
- A Teoria da Relatividade afirma que a velocidade da luz não depende do sistema de referência.
- 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 $c=300.000\text{km/s}$, 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.

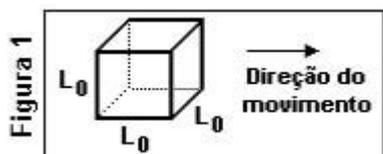
13. (UFRN) Bastante envolvida com seus estudos para a prova do vestibular, Sílvia selecionou o seguinte texto sobre Teoria da Relatividade para mostrar à sua colega Tereza:

À luz da Teoria da Relatividade Especial, as medidas de comprimento, massa e tempo não são absolutas quando realizadas por observadores em referenciais inerciais diferentes. Conceitos inovadores como massa relativística, contração de Lorentz e dilatação temporal desafiam o senso comum. Um

resultado dessa teoria é que as dimensões de um objeto são máximas quando medidas em repouso em relação ao observador. Quando o objeto se move com velocidade V , em relação ao observador, o resultado da medida de sua dimensão paralela à direção do movimento é menor do que o valor obtido quando em repouso. As suas dimensões perpendiculares à direção do movimento, no entanto, não são afetadas.

Depois de ler esse texto para Tereza, Sílvia pegou um cubo de lado L^3 que estava sobre a mesa e fez a seguinte questão para ela:

Como seria a forma desse cubo se ele estivesse se movendo, com velocidade relativística constante, conforme direção indicada na figura 1?



A resposta correta de Tereza a essa pergunta foi:

- a)
- b)
- c)
- d)

14. (UFRGS-RS) De acordo com a teoria da relatividade, quando objetos se movem através do espaço-tempo com velocidades da ordem da velocidade da luz, as medidas de espaço e tempo sofrem alterações. A expressão da contração espacial é dada por:

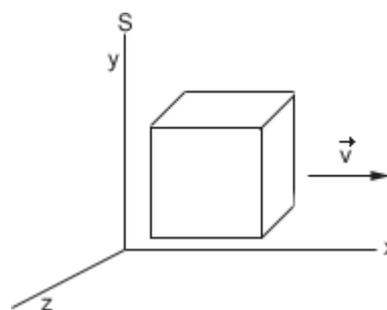
$$L = L_0 \cdot \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

em que v é a velocidade relativa entre o objeto observado e o observador, c é a velocidade de propagação da luz no vácuo, L é o comprimento medido para o objeto em movimento e L_0 é o comprimento medido para o objeto em repouso. A distância Sol – Terra para um observador fixo na Terra é $L_0 = 1,5 \times 10^{11}$ m. Para um nêutron com velocidade $v = 0,6c$, essa distância é de:

- a) $1,2 \cdot 10^{10}$ m
- b) $7,5 \cdot 10^{10}$ m
- c) $1,0 \cdot 10^{11}$ m
- d) $1,2 \cdot 10^{11}$ m
- e) $1,5 \cdot 10^{11}$ m

15. Um carro se desloca com velocidade constante em relação ao solo. Seu comprimento próprio é de 5,0 m. Um observador em repouso no solo avalia o comprimento do carro em 4,0 m. Qual é a velocidade v do carro em função da velocidade de propagação da luz no vácuo (c)?

16. (UFC-CE) A figura a seguir mostra uma nave espacial em forma de cubo que se move no referencial S, ao longo do eixo x, com velocidade $v = 0,8c$ (c é a velocidade da luz no vácuo). O volume da nave, medido por um astronauta em repouso dentro dela, é V_0 .



Calcule o volume da nave medido por um observador em repouso no referencial S.

17. (UFRN) 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.

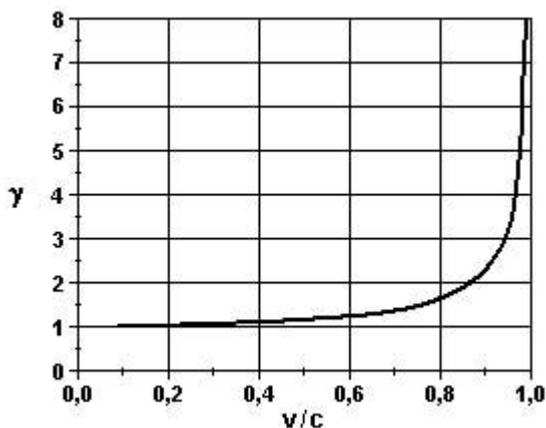
Nesse relato, de conteúdo incomum para a maioria das pessoas, Amanda teve a lucidez de perceber que o aspecto ondulatório do elétron era uma comprovação experimental da teoria das ondas de matéria, proposta por Louis de Broglie, em 1924. Ou seja, o relato do colega de Amanda estava apoiado num fato bem 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 exibe 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.

18. (UFRN) André está parado com relação a um referencial inercial, e Regina está parada com relação a outro referencial inercial, que se move com velocidade (vetorial) constante em relação ao primeiro. O módulo dessa velocidade é v . André e Regina vão medir o intervalo de tempo entre dois eventos que ocorrem no local onde esta se encontra. (Por exemplo, o intervalo de tempo transcorrido entre o instante em que um pulso de luz é emitido por uma lanterna na mão de Regina e o instante em que esse pulso volta à lanterna, após ser refletido por um espelho.)

A teoria da relatividade restrita nos diz que, nesse caso, o intervalo de tempo medido por André ($\Delta t_{\text{ANDRÉ}}$) está relacionado ao intervalo de tempo medido por Regina (Δt_{REGINA}) através da expressão: $\Delta t_{\text{ANDRÉ}} = \gamma \cdot \Delta t_{\text{REGINA}}$. Nessa relação, a letra gama (γ) denota o fator de Lorentz.

O gráfico abaixo representa a relação entre γ e v/c , na qual c é a velocidade da luz no vácuo.



Imagine que, realizadas as medidas e comparados os resultados, fosse constatado que $\Delta t_{\text{ANDRÉ}} = 2\Delta t_{\text{REGINA}}$.

Usando essas informações, é possível estimar-se que, para se obter esse resultado, a velocidade v teria de ser aproximadamente

- a) 50% da velocidade da luz no vácuo.
- b) 87% da velocidade da luz no vácuo.
- c) 105% da velocidade da luz no vácuo.
- d) 20% da velocidade da luz no vácuo.

19. (UFRN) 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 esse 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 foram sincronizados antes de o satélite ser lançado.

Se não for feita a correção relativística para o tempo medido pelo relógio de bordo,

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

20. (UFC) De acordo com a teoria da relatividade, de Einstein, a energia total de uma partícula satisfaz a equação $E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$ (a quarta potência), onde p é a quantidade de movimento linear da partícula, m é sua massa de repouso e c é a velocidade da luz no vácuo. Ainda de acordo com Einstein, uma luz de frequência ν pode ser tratada como sendo constituída de fótons, partículas com massa de repouso nula e com energia $E = h\nu$, 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) $p = hc/\nu$
- c) $p = 1/hc$
- d) $p = h\nu/c$
- e) $p = c\nu/h$

21. (UFRN) O físico português João Magueijo, radicado na Inglaterra, argumenta que, para se construir uma teoria coerente da gravitação quântica, é necessário abandonarmos a teoria da relatividade restrita. Ele faz isso e calcula como fica, na sua teoria, a famosa equação de Einstein para a energia total de uma partícula, $E = mc^2$. Magueijo obtém a seguinte generalização para essa expressão:

$$E = \frac{m_0 c^2}{\left(1 + \frac{m_0 c^2}{E_p}\right)}$$

Nessa expressão, m é a massa relativística de uma partícula e pode ser escrita como:

$$E = \frac{m_0 c^2}{\left(1 + \frac{m_0 c^2}{E_p}\right)}$$

em que m_0 é a massa de repouso da partícula, v é a velocidade da partícula em relação ao referencial do observador, c é a velocidade da luz no vácuo e E_p é a energia de Planck. Pode-se afirmar que uma das principais diferenças entre essas duas equações para a energia total é que, na equação de Einstein,

- a) o valor de E depende do valor de v , ao passo que, na equação de Magueijo, não pode haver dependência entre tais valores.
- b) não há limite inferior para o valor de E , ao passo que, na equação de Magueijo, o valor mínimo que E pode atingir é E_p .
- c) o valor de E não depende do valor de v , ao passo que, na equação de Magueijo, pode haver dependência entre tais valores.
- d) não há limite superior para o valor de E , ao passo que, na equação de Magueijo, o valor máximo que E pode atingir é E_p .

22. (UEG) Antes mesmo de ter uma idéia mais correta do que é a luz, o homem percebeu que ela era capaz de percorrer muito depressa enormes distâncias. Tão depressa que levou Aristóteles - famoso pensador grego que viveu no século IV a.C. e cujas obras influenciaram todo o mundo ocidental até a Renascença - a admitir que a velocidade da luz seria infinita. GUIMARÃES, L. A.; BOA, M. F. "Termologia e óptica". São Paulo: Harbra, 1997. p. 177

Hoje sabe-se que a luz tem velocidade de aproximadamente 300000 km/s, que é uma velocidade muito grande, porém finita. A teoria moderna que admite a velocidade da luz constante em qualquer referencial e, portanto, torna elásticas as dimensões do espaço e do tempo é:

- a) a teoria da relatividade.
- b) a teoria da dualidade onda - partícula.
- c) a teoria atômica de Bohr.
- d) o princípio de Heisenberg.
- e) a lei da entropia.

23. (CEFET-CE) Em 2005, Ano Mundial da Física, comemora-se o centenário da Teoria da Relatividade de Albert Einstein. Entre outras conseqüências esta teoria poria fim à idéia do éter, meio material necessário, semelhantemente ao som, através do qual a luz se propagava. O jargão popular "tudo é relativo" certamente não se deve a ele, pois seus postulados estão fundamentados em algo absoluto: a velocidade da luz no vácuo - 300000 km/s.

Hoje sabe-se que:

- I. O som propaga-se no vácuo.
- II. A luz propaga-se no vácuo.

III. A velocidade da luz no vácuo é a velocidade limite do universo.

É (são) verdadeira(s):

- a) todas
- b) nenhuma
- c) somente II
- d) II e III
- e) somente III

24. (UFSC) 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 Mecânica Quântica e da Teoria da Relatividade Restrita. Assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S) em relação às contribuições da Física moderna.

- (01) Demonstra limitações da Física Newtoniana na escala microscópica.
- (02) Nega totalmente as aplicações das leis de Newton.
- (04) Explica o efeito fotoelétrico e o laser.
- (08) Afirma que as leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.
- (16) Comprova que a velocidade da luz é diferente para quaisquer observadores em referenciais inerciais.
- (32) Demonstra que a massa de um corpo independe de sua velocidade.

25. (FUVEST 2016) O elétron e sua antipartícula, o pósitron, possuem massas iguais e cargas opostas. Em uma reação em que o elétron e o pósitron, em repouso, se aniquilam, dois fótons de mesma energia são emitidos em sentidos opostos. A energia de cada fóton produzido é, em MeV, aproximadamente,

- a) 0,3
- b) 0,5
- c) 0,8
- d) 1,6
- e) 3,2

Note e adote:

Relação de Einstein entre energia (E) e massa (m): $E = mc^2$

Massa do elétron = 9×10^{-31} kg

Velocidade da luz $c = 3,0 \times 10^8$ m/s

1 eV = $1,6 \times 10^{-19}$ J

1 MeV = 10^6 eV

No processo de aniquilação, toda a massa das partículas é transformada em energia dos fótons.