



Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas 2023



Realização



Apoio



Prova Nível C – alunos(as) da 3ª série do Ensino Médio e 4ª série do Ensino Técnico

Nome do(a) aluno (a): _____

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO

- 1) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos(as) da 3ª série do Ensino Médio e 4ª série do Ensino Técnico. Ela contém **quinze (15) questões objetivas**.
- 2) Cada questão contém quatro alternativas das quais **apenas uma é correta**. Assinale a alternativa que julgar correta no **Cartão-Resposta**.
- 3) Leia atentamente as instruções no **Cartão-Resposta** antes de iniciar a prova.
- 4) A duração desta prova é de no máximo **três horas** devendo o aluno permanecer na sala por, no mínimo, **sessenta minutos**.

Física: da experiência à teoria e da teoria à experiência

Boa Prova!

C.1) Um aspecto importantíssimo para qualquer cientista experimental é buscar estratégias que minimizem os erros nas medidas, já que eles são inevitáveis. Nesse aspecto, os espelhos curvos nos proporcionam uma experiência única: a teoria adotada já incorpora tais estratégias. Na Antiguidade, Arquimedes tinha provado que o espelho parabólico tinha um foco principal, porém o espelho esférico tinha uma região focal principal, logo era um espelho menos confiável. Em 1840, o físico e matemático alemão Carl Gauss estabeleceu condições para que espelhos esféricos pudessem ser estigmáticos para todos os raios incidentes emitidos pelo objeto. A partir daí, os laboratórios passaram a trabalhar com espelhos esféricos gaussianos e cada vez mais a teoria sobre tais espelhos tornou-se a única sobre espelhos curvos. Aplique as relações da óptica gaussiana para determinar a altura da imagem de uma vela de 60 mm de altura colocada a 80 cm do vértice de um espelho esférico convexo gaussiano de raio de curvatura igual a 40 cm.

- a) 16 mm
- b) 12 mm
- c) 20 mm
- d) 15 mm

C.2) É comum os cientistas recorrerem a instrumentos para ultrapassar os limites dos sentidos humanos. Uma das primeiras vezes que o homem incorporou tal atitude ocorreu no século XVII, quando Robert Hooke, experimentando o microscópio composto que acabara de inventar, descobriu a célula. Atualmente, em qualquer laboratório de Biologia existe esse tipo de equipamento, cujo funcionamento foi compreendido durante os séculos seguintes. Digamos que um fino pedaço de pele humana (objeto) tenha sido colocado a 5 cm da objetiva (primeira lente) de um microscópio composto. Sabe-se que a imagem formada por essa objetiva fica a 4 cm da ocular (segunda lente), em uma posição entre as lentes. Sabendo que as distâncias focais da objetiva e da ocular medem 4 cm e 5 cm, respectivamente, use o conhecimento sobre lentes para calcular o módulo da ampliação linear transversal que esse microscópio está gerando nessa situação.

- a) 20
- b) 9
- c) 16
- d) 40

C.3) As bombas d'água manuais funcionam da mesma forma que a boca quando usam um canudo para “puxar” água de um nível mais baixo: suga-se o ar para reduzir a pressão na parte superior do tubo permitindo que a pressão atmosférica, agindo na água que está fora do tubo, empurre água para dentro desse pela parte inferior. Portanto, é o ar externo ao tubo que empurra a água para cima no lugar da bomba puxar a água. Essa explicação foi criada por Pascal, no século XVII, depois que Torricelli, através de uma montagem experimental, verificou que, se tirar todo o ar da parte superior do tubo, a pressão atmosférica consegue elevar uma coluna de mercúrio, chegando até uma altura de 76 cm caso a montagem esteja no nível do mar.

Com isso, foi possível explicar por que uma bomba de água manual não conseguia elevar água por dentro de um tubo de uma caixa d'água até o local da bomba se esta estivesse muito alta em relação à caixa d'água. Sabendo que a densidade do mercúrio é 13,6 vezes a densidade da água, qual a altura máxima que a pressão atmosférica ao nível do mar consegue elevar a água?

- Aproximadamente 9 m.
- Aproximadamente 10 m.
- Aproximadamente 11 m.
- Aproximadamente 12 m.

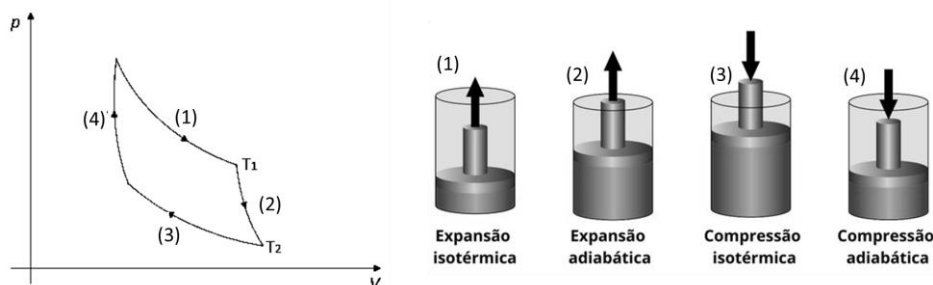


C.4) Nem toda grandeza possibilita uma medição direta como o comprimento. Nesses casos, unidades cujas definições dialoguem com a prática laboratorial favorecem as medições de suas grandezas. Um bom exemplo disso é a definição de caloria que Joseph Black ajudou a criar, em 1760: *caloria é o calor que 1 grama de água precisa para aumentar 1 °C*. Com base nisso, era possível definir a potência térmica de uma chama e medir a quantidade de calor que essa chama emitiria para qualquer corpo submetido a ela por um tempo específico. Usando essa definição, Black descobriu o calor latente de fusão do gelo (80 cal/g) e o calor específico do cobre (0,09 cal/g°C). Note que essa definição de caloria usou o grama, o grau Celsius e a água como referência. Se os cientistas do século XVIII definissem a caloria trocando o grama pelo quilograma, o Célsius pelo Fahrenheit e a água pelo cobre, de quanto seria o calor latente de fusão da água?

Dados: $0\text{ °C} \Leftrightarrow 32\text{ °F}$ e $100\text{ °C} \Leftrightarrow 212\text{ °F}$

- 1,6 cal/g.
- 2,0 cal/g
- 2,4 cal/g
- 3,0 cal/g

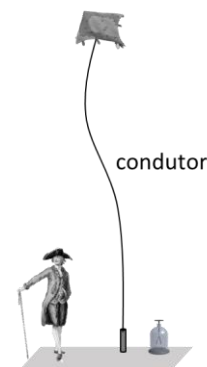
C.5) Em 1824, o engenheiro Sadi Carnot trouxe uma sugestão para um problema acerca da força motriz do fogo: “Quais as transformações que uma amostra gasosa deveria se submeter em um processo cíclico que convertesse em trabalho a maior quantidade do calor retirado de uma fonte quente?” Tal questionamento equivale a imaginar qual seria a forma que um motor deveria funcionar consumindo a menor quantidade de combustível, uma preocupação típica de um engenheiro, o qual procura aplicar a Física em busca de benefícios práticos. Mesmo sem intenção, ao criar esse ciclo, Carnot deu início a uma linha de pesquisa que resultou na criação da segunda lei da termodinâmica, umas das leis mais importantes das Ciências da Natureza.



Sobre o ciclo de Carnot, determine a alternativa verdadeira.

- Como o gás retorna à sua situação inicial, nesse ciclo, não existe perda de calor para o ambiente.
- Os calores trocados pelo gás e as fontes térmicas nas duas adiabáticas do ciclo de Carnot são opostos.
- Quanto maior a diferença nas temperaturas das fontes, menor será o rendimento desse ciclo.
- Se fosse possível atingir o zero absoluto, uma máquina de Carnot poderia atingir 100% de rendimento.

C.6) Em meados do século XVIII, os cientistas já tinham identificado dois tipos de eletricidade: a vítrea, manifestada pelo vidro quando atritado a um pano de algodão, e a resinosa, manifestada por resinas quando atritadas também a um pano de algodão. Tais eletricidades obedeciam à seguinte regra: os iguais se repelem e os diferentes se atraem. Benjamin Franklin, o criador do para-raios, viveu nesse período. O raio era visto como algo que fluía das nuvens para a Terra. Foi Franklin que comprovou a natureza elétrica desse fluido ao empinar uma pipa presa a uma extremidade de um fio condutor em um dia cheio de nuvens carregadas. A outra extremidade desse fio foi fixada a uma haste metálica fincada no solo (condutor), a qual conseguiu carregar por contato garrafas de Leyden e eletroscópio de folhas, além de emitir faíscas, fenômenos manifestados por geradores eletrostáticos quando carregados. Ao aproximar vidro carregado com eletricidade vítrea ao lado oposto às folhas de um eletroscópio carregado nessa experiência, as folhas abriam mais.



Para Franklin, a pipa e o fio capturaram uma porção de fluido elétrico da nuvem logo acima dele. Buscando relacionar esse suposto fluido elétrico aos tipos de eletricidade, Franklin criou a hipótese de que todos os corpos já possuem fluido elétrico em uma quantidade que os deixam inertes eletricamente (carga nula), estado natural dos corpos. Os tipos de eletricidade ativa se manifestavam quando, a partir do estado de carga nula, o corpo recebia fluido elétrico (carga elétrica positiva) ou o corpo perdia fluido elétrico (carga elétrica negativa). Com essa teoria, foi possível justificar por que os dois estados ativos se atraíam: o contato entre eles faria o excesso preencher a falta, levando a uma situação mais próxima do estado natural.

Apesar de ter criado a noção de carga elétrica positiva, negativa e nula, a interpretação de Franklin quanto ao que fluía não coincide com a atual, já que ele desconhecia a existência de prótons e elétrons. Ele também não tinha interpretado que a parte inferior da nuvem serviu de indutora para o conjunto pipa, fio condutor e barra metálica aterrados.

De acordo com o que foi apresentado, identifique a alternativa verdadeira.

- Para Franklin, a nuvem da experiência da pipa descrita acima estava eletrizada com carga elétrica negativa.
- A parte inferior da nuvem que eletrizou a barra metálica da experiência da pipa estava cheia de prótons em excesso.
- Na teoria do fluido elétrico concebida por Franklin, a eletricidade resinosa foi associada à carga elétrica positiva.
- Na linguagem atual, o sentido do movimento do suposto fluido elétrico tornou-se o sentido da corrente elétrica convencional.

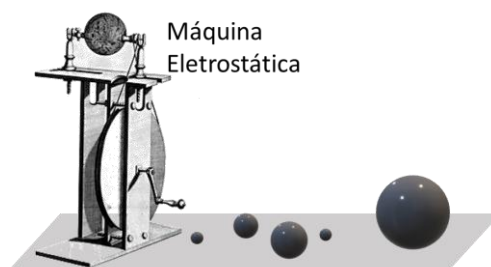
C.7) Avaliando a experiência de Coulomb para determinar a relação entre força elétrica e distância, um aspecto pode ser questionado: “Como ele comparou as cargas elétricas dos corpos envolvidos já que não é possível pesá-las ou vê-las e, obviamente, não existia a lei que permitiria usar a força elétrica para isso?” Ele confeccionou esferas metálicas de raios r , $2r$, $3r$ etc. Mesmo sem conhecer a lei entre força elétrica e distância, notou que, para distâncias iguais, esferas que foram eletrizadas aos pares por contato, quando separadas produziam forças elétricas em outras esferas eletrizadas com intensidade proporcional aos seus raios. Ele concluiu que, quanto maior o raio, maior será a carga elétrica final de uma esfera quando em contato com outras. Com isso em mente, antes de executar as experiências que mapearam a relação entre força elétrica e distância, Coulomb reunia as esferas que iria utilizar e eletrizava-as por contato em processos sucessivos e simultâneos. Digamos que, em uma etapa dessas, Coulomb adotou os seguintes procedimentos:

Primeiro procedimento [P1]: utilizando uma máquina eletrostática eletrizada, eletrizou por contato uma esfera de raio $= 2r$ com outra de raio $= 8r$ conectadas entre si por um fio condutor;

Segundo procedimento [P2]: desfez os contatos anteriores e estabeleceu um novo contato simultâneo entre a esfera de raio $= 8r$ e mais três esferas de raio $= 8r$ e neutras.

Determine a alternativa verdadeira sobre a situação das esferas nessa etapa composta por P1 e P2.

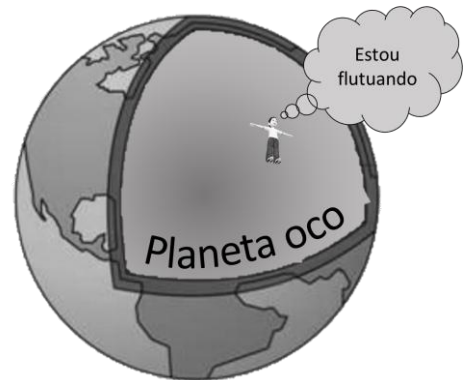
- Após os dois procedimentos, todas as esferas envolvidas estavam com mesma carga elétrica.
- Os campos na superfície das esferas envolvidas em P1 ao finalizar P1 têm o mesmo módulo.
- O potencial elétrico no centro das esferas envolvidas em P2 ao finalizar P2 é nulo.
- No final de P1, a carga elétrica da esfera de raio $= 8r$ é igual a 16 vezes a da esfera de raio $= 2r$.



C.8) No século XVII, O Inglês Isaac Newton demonstrou matematicamente que, se existisse um planeta esférico e oco, constituído apenas por uma fina casca de mesma espessura e densidade, os efeitos gravitacionais seriam nulos no seu interior devido à relação inversamente proporcional entre a força gravitacional (F_g) e o quadrado da distância entre os corpos ($F_g \propto 1/d^2$).

No século seguinte, anos antes de Coulomb encontrar sua famosa lei para a força elétrica (F_{ele}), Joseph Priestley, um físico experimentalista excepcional, criou uma fina esfera metálica oca e eletrizou-a. Ele pegou um pequeno corpo neutro e tocou nessa esfera por fora. Com um eletroscópio, verificou que esse corpo foi eletrizado pela esfera. Essa esfera metálica tinha um orifício por onde era possível introduzir esse pequeno corpo. Quando Priestley reproduziu essa experiência, passando esse pequeno corpo neutro pelo orifício até que tocasse a esfera metálica eletrizada por dentro, verificou que esse pequeno corpo não foi eletrizado. Essa experiência de Priestley:

- traz evidências de que $F_{ele} \propto 1/d^2$.
- não utiliza a blindagem eletrostática.
- utiliza o poder das pontas.
- produz uma eletrização por indução.



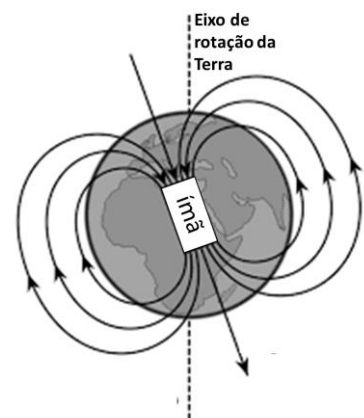
C.9) Fala-se muito da experiência que Joule fez mostrando a conexão entre o calor e o trabalho mecânico. No mesmo período, Joule também protagonizou a relação entre calor e a eletrodinâmica ao estudar o efeito térmico produzido pela corrente elétrica em resistores, o que ganhou seu nome. Juntamente com o equivalente mecânico do calor, o efeito Joule ajudou o alemão Hermann a elaborar e ampliar, no século XIX, o conceito de energia. Atualmente, um professor de Física reproduziu em laboratório para seus alunos uma experiência feita por um cientista que validou as descobertas de Joule naquele tempo. Um resistor foi colocado dentro de uma porção de água. Uma pilha alimentou esse resistor durante 10 min, o que fez a temperatura da água alterar de 6 °C para 9 °C. Ele repetiu a experiência com o mesmo resistor mergulhado na mesma quantidade de água inicialmente a 6 °C. Dessa vez, o resistor foi alimentado por duas pilhas iguais à primeira e arrumadas em série. Como os alunos desse professor já conheciam as relações de eletrodinâmica e calorimetria envolvidas na situação, eles foram capazes de prever o comportamento da temperatura da água. Desprezando as resistências internas das pilhas, utilize tais relações para definir qual a temperatura da água no final de 20 min de experiência.

- 22 °C
- 18 °C
- 30 °C
- 26 °C

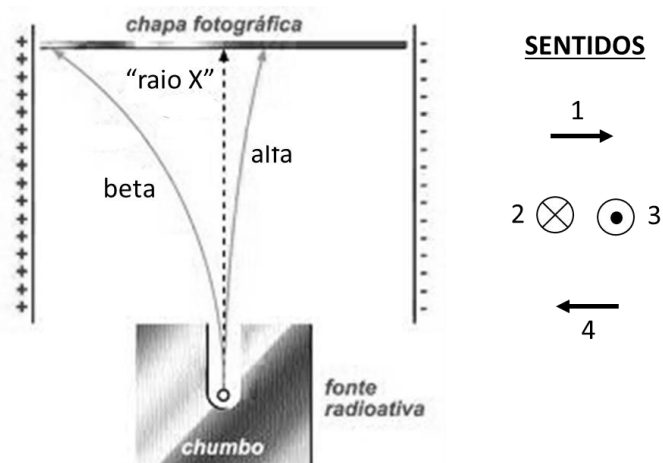
C.10) No final do século XIII, os europeus já sabiam que os polos magnéticos dos ímãs tendem a se alinhar com a direção Norte-Sul, passando a chamar de **polo norte magnético** do ímã aquele que “procura” o ponto cardeal Norte e de **polo sul magnético** o outro polo do ímã. Nesse período, os europeus também aprenderam a magnetizar setas de ferro com os polos magnéticos nas extremidades, passando a construir bússolas mais precisas, as quais revelaram a inclinação e a declinação magnéticas. Em 1600, o inglês William Gilbert apresentou a seguinte hipótese: a Terra era um gigantesco ímã – substância ferromagnética imantada. Para que outras pessoas validassem sua hipótese, ele magnetizou uma esfera de ferro, reproduzindo em laboratório, numa escala bem menor, os efeitos que a Terra produz nas agulhas magnéticas das bússolas, incluindo a inclinação e a declinação magnéticas.

Sobre as características e as influências do magnetismo da Terra, determine a alternativa correta.

- A Terra possui polos magnéticos que estão alinhados com os polos geográficos.
- A inclinação magnética em locais próximos aos polos magnéticos da Terra é próxima de zero.
- O magnetismo da Terra poderia ser explicado se ela fosse um eletroímã, no lugar de um ímã.
- Em todos os pontos da linha do equador, a declinação magnética é zero.



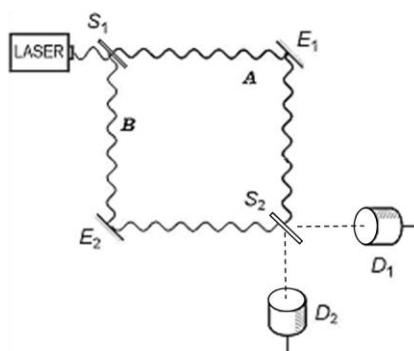
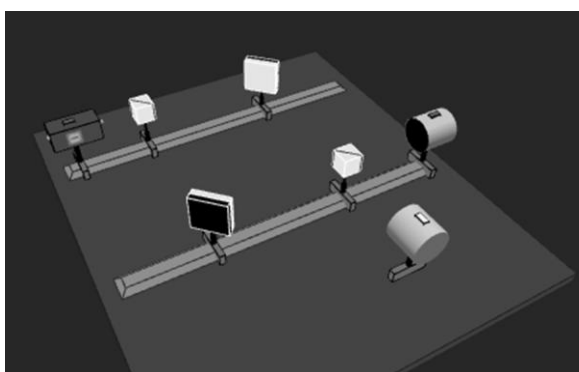
C.11) Um dos laboratórios mais importantes da história da Ciência foi o de Ernest Rutherford, um pioneiro no estudo da constituição da matéria. Estudando fontes radioativas, ele já tinha identificado uma radiação que produzia efeitos similares ao raio X. Na verdade, eram raios gama. Em 1899, ele distinguiu duas radiações diferentes desse “Raio X”, as quais chamou de alfa e beta. Para que as diferenciasses, direcionou toda a radiação de uma fonte para passar entre duas placas de um capacitor plano, conforme figura. Nessa experiência, Rutherford poderia substituir o capacitor por uma fonte de campo magnético uniforme.



Usando a correspondência entre números e sentidos apresentada na imagem, identifique o sentido do campo magnético que desviaria as partículas alfa e beta para os mesmos lados que o campo elétrico do capacitor.

- 1
- 2
- 3
- 4

C.12) O interferômetro de Mach-Zehnder é um experimento muito usado em laboratórios de física ondulatória e física quântica. No esquema abaixo, S_1 e S_2 são semi-espelhos que dividem a luz incidente em dois raios de mesma intensidade, um refletido e outro refratado. E_1 e E_2 são espelhos planos. Todas as reflexões acrescentam uma diferença de fase de 90° entre o raio refletido e o incidente, já as refrações não produzem diferença de fase. Observe que os espelhos e os semi-espelhos estão posicionados nos vértices de um quadrado perfeito.



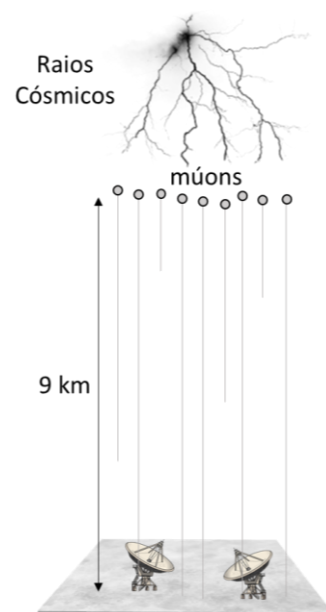
Caso o raio emitido pelo laser fosse intenso e com direção igual à de um dos lados do quadrado, conforme imagem acima, os detectores D_1 e D_2 registrariam,

- respectivamente, nenhuma luz e luz intensa.
- igualmente, luz com uma intensidade menor que a luz original.
- respectivamente, luz intensa e nenhuma luz.
- igualmente, nenhuma luz.

C.13) Se, na montagem experimental da questão anterior, a intensidade da luz emitida pela fonte laser pudesse ser reduzida até que ela emitisse fótons intermitentes e os detectores fossem altamente sensíveis, ao ponto de conseguir registrar o recebimento de fótons, um por um, teríamos um equipamento capaz de validar alguns comportamentos previstos pela física quântica. Nessas condições, fóton a fóton seria registrado, de tal forma que, depois que muitos tenham sido emitidos,

- cada detector tende a ser atingido por metade dos fótons.
- todos os fótons atingiriam apenas o detector D_1
- todos os fótons atingiriam apenas o detector D_2 .
- cada fóton pode atingir qualquer um dos detectores.

C.14) Será que as medidas de tempo dependem do referencial? De acordo com a relatividade restrita criada por Albert Einstein, a resposta é sim. Vejamos uma situação experimental que evidencia isso. As partículas que veem do espaço sideral são chamadas de raios cósmicos. Dentre elas, existe o Méson π . Balões científicos registram que os Méson π decaem em múons e neutrinos a 9,0 km de altitude, dando origem a um pouco mais que 100 milhões de múons por segundo com velocidade $0,995c$ ($v^2 \cong 0,99 c^2$) em relação à Terra, em direção à mesma. Os múons, por sua vez, decaem em outras partículas, obedecendo à meia-vida de $2,0 \mu s$. Caso a relatividade restrita não fosse válida, várias meias-vidas dos múons passariam desde o local de nascimento até a superfície da Terra, a qual receberia cerca de 3 mil múons por segundo. Entretanto, os instrumentos na superfície da Terra detectam uma quantidade real é 36,7 milhões de múons por segundo. Essa contradição pode ser explicada pela relatividade restrita. Para essa teoria, a meia-vida assumiria o valor de $2 \mu s$ se medida em um referencial que os múons estivessem em repouso. No referencial que os múons possuem velocidade próxima à da luz, a meia-vida sofreria uma dilatação significativa. Como, utilizando a teoria da relatividade restrita, é possível calcular com precisão a taxa de redução de múons detectada pelos instrumentos, esse fato serve para validar a própria relatividade restrita.



Aproximando a velocidade dos múons para a da luz (300.000 km/s) apenas para o cálculo do tempo de movimento dos múons, calcule quantas meias-vidas ocorreram durante esse percurso.

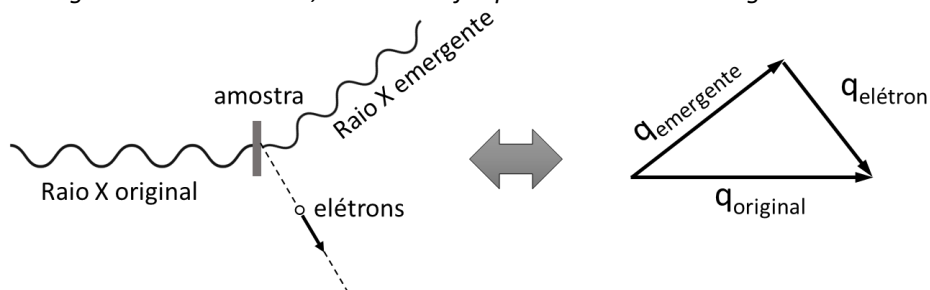
Dados: fator de Lorentz = $1/\sqrt{1-v^2/c^2}$

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

C.15) No início do século XX, nascia a discussão sobre a dualidade da luz. Como a colisão era um fenômeno atribuído à natureza corpuscular, mostrar que a luz colide, obedecendo ao princípio de conservação da quantidade de movimento, seria um marco para essa discussão. Isso foi conseguido por Arthur Compton, em 1923. No seu laboratório, um raio X com $3,0 \times 10^{20} \text{ Hz}$ foi direcionado para uma amostra de grafite. Ele notou que elétrons eram retirados do grafite com 80% da velocidade da luz ($\beta = 4/5$ e $\gamma = 5/3$) ao mesmo tempo que um novo raio X emergia da amostra formando um ângulo reto com a direção dos elétrons retirados, conforme imagem. Compton baseou-se nos fundamentos usados por Einstein: a energia de um fóton é $E = h \cdot f$, onde f é sua frequência e h é uma constante de valor $6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$; a quantidade de movimento dos fótons é $q = E/c$ e a quantidade de movimento de partículas, é $q = m_0 \cdot \gamma \cdot \beta \cdot c$, onde m_0 é a massa de repouso. Sabendo que a massa de repouso do elétron é $9 \times 10^{-31} \text{ kg}$ e que a velocidade da luz mede $3 \times 10^8 \text{ m/s}$, determine a frequência do raio X emergente.

Nota: todos os valores foram alterados para que as contas fossem compatíveis com essa prova.

Sugestão: antes de aplicar os números, manipule as relação apresentadas para encontrar uma equação com os símbolos das grandezas envolvidas, incluindo a frequência do raio x emergente.



- a) $3,2 \times 10^{20} \text{ Hz}$
- b) $2,4 \times 10^{20} \text{ Hz}$
- c) $3,6 \times 10^{20} \text{ Hz}$
- d) $1,8 \times 10^{20} \text{ Hz}$