



# Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas - Edição Especial



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**.

*A História da Física*

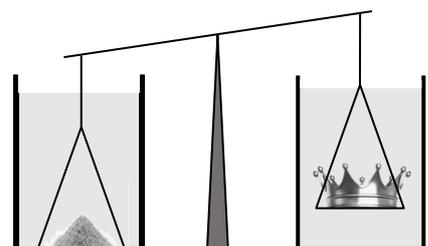
Boa Prova!

**C.1)** No século VI a.C., o grego Tales de Mileto descreveu que pedras de elétron (âmbar) tinham a capacidade de atrair corpos leves, independente do material, logo após ser atritadas. Essa propriedade se esvaía com o tempo. Pedras de magnetita tinham a propriedade de atrair corpos de ferro sem estímulo externo por um tempo indeterminado.

Passados mais de vinte séculos, a eletricidade e o magnetismo revelaram várias facetas e nos séculos XIX e XX ganharam teorias que são adotadas atualmente. Aplicando os conhecimentos atuais sobre eletricidade e magnetismo aos comportamentos descritos por Tales, determine a proposição **falsa**:

- a) O âmbar é um isolante elétrico que se eletriza por atrito, sendo capaz de atrair corpos leves ao se aproximar deles, polarizando-os eletricamente.
- b) O âmbar é um gerador elétrico natural, produzindo uma corrente elétrica de baixa intensidade por causa da indução eletromagnética, o que atrai apenas corpos eletricamente condutores.
- c) As pedras de magnetita usadas por Tales eram ímãs permanentes, feitos de materiais ferromagnéticos magnetizados, portanto estavam abaixo do ponto Curie.
- d) As pedras de magnetita usadas por Tales tinham domínios magnéticos que geravam um campo magnético para um sentido preferencial, tornando-se um dipolo magnético.

**C.2)** No século III a.C., Arquimedes, um dos maiores expoentes da ciência da Antiguidade, recebeu o desafio de verificar se uma coroa era de ouro puro. Entretanto, Arquimedes não poderia danificar a coroa. Para resolver esse problema, Arquimedes criou o conceito de empuxo e como calculá-lo. A quantidade de ouro em pó que equilibrava a coroa em uma balança fora da água (1,22 kg) não equilibrava a coroa dentro da água, conforme a figura. O conceito de empuxo fez Arquimedes concluir que a coroa não era de ouro puro.



Se metade do volume da coroa era de prata e a outra metade era de ouro, quanta massa de ouro em pó deveria ser retirada do prato para equilibrar a coroa, ambos dentro da água?

Dados: densidade do ouro = 20,0 kg/L; densidade da prata = 10,5 kg/L; densidade da água = 1,00 kg/L

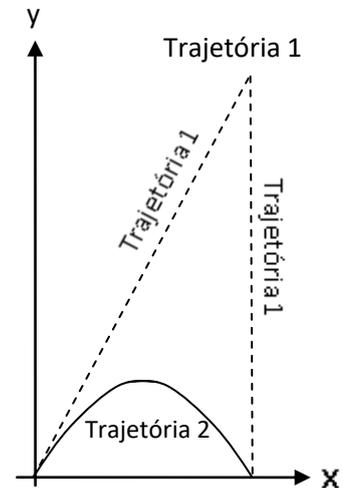
- a) 20 g
- b) 30 g
- c) 40 g
- d) 50 g

**C.3)**No século VI, João Filoponos, inspirado nos princípios aristotélicos, sugeriu que uma flecha subia em linha reta até o momento que a força motriz própria, cedida pelo arco, acabava. Logo após, a flecha caía naturalmente, ou seja, na direção vertical. A Trajetória 1 da figura anexa representa essa descrição. Na mesma figura, vemos a Trajetória 2, construída conforme orientações de Galileu Galilei (século XVII), as quais adotamos até hoje ao desprezarmos a influência do ar.

Digamos que uma flecha tenha sido lançada com velocidade horizontal igual a 10 m/s e velocidade vertical igual a 60 m/s, o que corresponde à direção do trecho ascendente da Trajetória 1. Qual a diferença entre as alturas máximas das duas trajetórias?

Dados:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

- a) 390 m
- b) 420 m
- c) 480 m
- d) 540 m



**C.4)**Em 1668, o inglês John Wallis apresentou a lei da conservação da quantidade de movimento como recurso teórico capaz de resolver situações de colisão. Você vai aplicar o princípio criado por Wallis na colisão de dois carrinhos de carvão, A e B, um vazio e outro com 60 kg de carga. Esses carrinhos movimentavam-se em sentidos opostos em uma mesma linha ferroviária, conforme figura. Sabe-se que essa colisão é parcialmente elástica e seu coeficiente de restituição mede 0,5. Determine o módulo da velocidade do carrinho B imediatamente após essa colisão.

Dados: massa do carrinho de carvão vazio = 120 kg

- a) 8 m/s
- b) 6 m/s
- c) 10 m/s
- d) 4 m/s



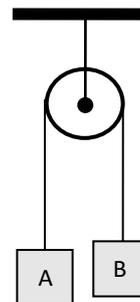
**C.5)**Em 1633, o italiano Galileu Galilei, estudou a queda dos corpos a partir da descida de esferas em planos inclinados, apesar de não compreender direito toda a mecânica dessa situação. Quem explicou satisfatoriamente movimentos em planos inclinados e muitos outros movimentos foi Isaac Newton, em 1687.

Voltemos à Galileu. Um dos planos inclinados usados por ele tinha uma inclinação de  $37^\circ$  em relação à horizontal. Como ele não tinha um relógio preciso, usava sinos para emitir sons e ter uma noção da duração de tempo em que esferas desciam esse plano. O primeiro sino ficava a 16 cm do ponto de abandono. Se uma esfera metálica fosse abandonada nesse plano, ela sofreria uma força de atrito cuja intensidade é 0,5 do módulo da força normal. Usando a mecânica newtoniana, determine o intervalo de tempo, após o abandono, que essa esfera levaria para atingir o primeiro sino desse plano inclinado.

Dados: aceleração da gravidade =  $10 \text{ m/s}^2$ ,  $\text{sen } 37^\circ = 0,6$  e  $\text{cos } 37^\circ = 0,8$

- a) 0,1 s
- b) 0,2 s
- c) 0,4 s
- d) 0,8 s

**C.6)** Newton apresentou as suas leis do movimento em 1687, validando-as a partir de resultados astronômicos que, para manipulá-los, envolviam conhecimentos específicos e um aprimorado domínio matemático. Existia a necessidade de uma demonstração mais acessível, a qual pudesse ser reproduzida em laboratório. Entretanto, na época, não existiam meios confiáveis que produzissem artificialmente uma força constante. Em 1784, George Atwood criou um mecanismo (figura) que resolveria esse problema, pois as forças “motoras” eram os pesos cujas intensidades se mantêm naturalmente constante.



Determine o valor da massa do bloco menor que correspondesse a uma aceleração de  $4 \text{ m/s}^2$  para os corpos desse mecanismo, considerando que a soma das massas dos corpos seja  $10 \text{ kg}$ .

Dados: Desconsidere atrito

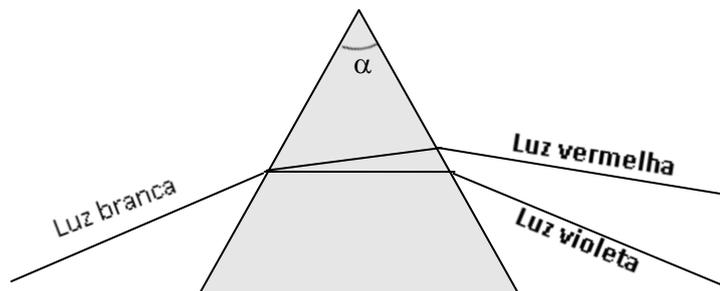
$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

- a)  $4 \text{ kg}$
- b)  $3 \text{ kg}$
- c)  $2 \text{ kg}$
- d)  $1 \text{ kg}$

**C.7)** Em 1666, Isaac Newton escreveu um trabalho inovador sobre a luz. Ele prova que a luz branca é policromática e apresenta os fenômenos de absorção e reflexão seletiva. Esses fenômenos explicam porque os corpos possuem cores diferentes mesmo sendo iluminados por uma luz de mesma cor (branca). Para provar que a luz branca é composta por várias cores, ele usa a dispersão da luz ao atravessar um prisma. Cada luz monocromática que compõe a luz branca refrata de forma diferente e a disposição das faces do prisma aumenta essa diferença: entra um raio de luz branca e sai um feixe divergente de luzes coloridas.

Vejamos o que aconteceria com um feixe muito fino de luz branca incidindo em um prisma conforme figura abaixo, onde  $\alpha = 60,5^\circ$ . Sabe-se que, nessa situação, o ângulo de incidência na primeira refração da luz mediu  $68,4^\circ$  e o desvio que a luz vermelha sofreu ao atravessar o prisma mediu  $42,8^\circ$ .

Ângulo	seno
$20,0^\circ$	0,34
$23,6^\circ$	0,40
$36,9^\circ$	0,60
$38,3^\circ$	0,62
$40,0^\circ$	0,64
$58,2^\circ$	0,85
$68,4^\circ$	0,93



Considerando que o índice de refração da luz violeta no vidro é  $1,55$ , determine o ângulo correspondente à abertura do feixe colorido emergente da situação apresentada na figura. Considere que o índice de refração do ar igual ao do vácuo.

- a)  $2,8^\circ$
- b)  $1,6^\circ$
- c)  $6,2^\circ$
- d)  $3,4^\circ$

**C.8)** No livro “*Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*”, Isaac Newton também apresentou para o mundo a lei da gravitação universal. Essa lei e suas três leis do movimento conseguiram explicar diversos fenômenos celestes e terrestres. Essa grande síntese da mecânica foi consolidada no final do século XVII e por todo o século XVIII.

Enquanto a mecânica foi largamente discutida desde os antigos pensadores gregos, a eletricidade teve avanços sutis. Entretanto, tudo mudou em 1784, quando o cientista francês Charles Augustin de Coulomb descobriu que a força elétrica tinha o mesmo formato da tão valorizada lei da gravitação universal, conforme podemos verificar colocando-as lado a lado:

$$\text{Equação 1: } F_g = \frac{G \cdot M_A \cdot M_B}{d_{AB}^2}$$

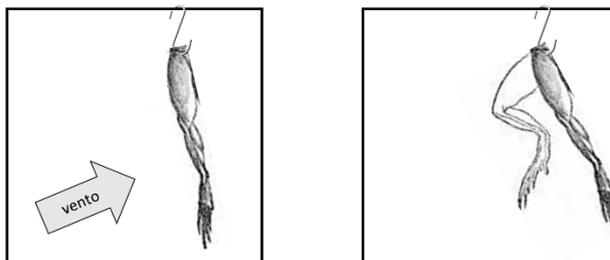
$$\text{Equação 2: } F_{ele} = \frac{k \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{d_{AB}^2}$$

Sobre essas leis, suas semelhanças, suas diferenças e os fenômenos que representam, determine a proposição indiscutivelmente **falsa**.

- No cotidiano, a força elétrica sempre se manifesta e é raro a gravitacional se manifestar porque naturalmente os corpos macroscópicos são eletricamente ativos e gravitacionalmente inertes.
- A semelhança entre essas leis sugere que exista um formato único para as leis que regem as interações fundamentais da natureza.
- A força gravitacional é sempre atrativa e a elétrica pode ser atrativa como repulsiva. Por causa disso, a massa não possui sinal positivo e negativo como a carga elétrica.
- Enquanto a constante da gravitação universal independe do meio, a constante eletrostática depende do meio por conta da polarização elétrica da matéria.

**C.9)** Em 1800, Alexandre Volta descobriu acidentalmente como produzir corrente elétrica contínua, abrindo o caminho para o estudo da eletrodinâmica. Ele pendurou em um varal de ferro pernas de rã com ganchos metálicos, em um dia de tempestade, na expectativa de que descargas elétricas oriundas da tempestade fizessem as patas se contraírem, replicando o efeito produzido por descargas elétricas geradas artificialmente em laboratórios.

Nada aconteceu com as patas, exceto aquelas que ainda estavam umedecidas com o fluido natural das rãs, que estavam penduradas com ganchos de latão e que balançavam próximas aos apoios do varal. Quando elas tocavam um dos apoios do varal, que também eram de ferro, os seus músculos contraíam, mesmo sem a presença de tempestade.

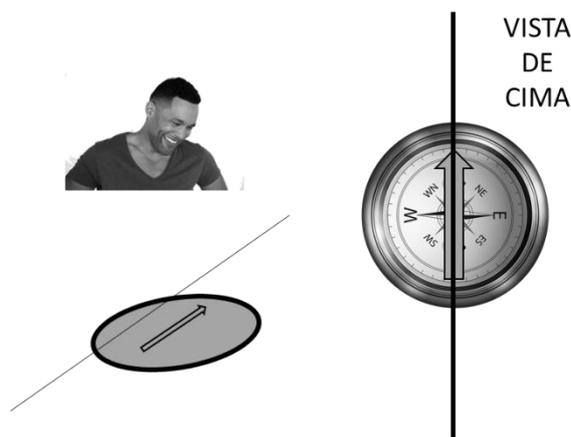


Sobre a compreensão que temos desse fenômeno atualmente, determine a proposição **falsa**.

- Quando a pata tocava o apoio do varal, era estabelecido um circuito elétrico, possibilitando o surgimento de uma corrente elétrica mediante a existência de uma força eletromotriz.
- O líquido natural das rãs reagia quimicamente com os dois tipos de metal. Esse sistema funcionou como uma pilha elétrica cujos polos eram estabelecidos nos pontos de contato da pata com o varal.
- Como os músculos da pata da rã eram acionados por correntes elétricas, eles puderam acusar que ali estava passando corrente elétrica, mesmo sem a presença de raios elétricos.
- Os metais diferentes não precisam do fluido natural das rãs para reagir quimicamente. A função do fluido é tornar a pata de rã condutora, permitindo que elétrons livres a atravessem.

**C.10)** Em fevereiro de 1820, o físico dinamarquês Cristian Oersted conseguiu unir dois ramos da Física que eram considerados desvinculados: a eletricidade e o magnetismo. O eletromagnetismo nasceu quando Oersted verificou que uma corrente elétrica consegue mudar a posição da agulha magnética de uma bússola. Depois de sete meses, esse fato chegou ao conhecimento do francês Ampère que se isolou em seu laboratório e, dentro de dois meses, ele descobriu mais da metade do eletromagnetismo conhecido atualmente.

Digamos que a figura ao lado mostre a posição do fio e agulha da bússola na experiência de Oersted. Observe que o fio sem passagem de corrente elétrica está acima da bússola alinhado com a agulha magnética da bússola que aponta para o norte.



Digamos que uma corrente seja estabelecida no fio no sentido do Sul para o Norte e que o campo magnético produzido por essa corrente na região da agulha magnética da bússola tenha a mesma intensidade que o campo magnético terrestre no local da experiência. Qual o novo sentido no qual a agulha da bússola vai estabilizar?

Obs.: "W" é west, ou seja, oeste em inglês. "E" é east, ou seja, leste em inglês.

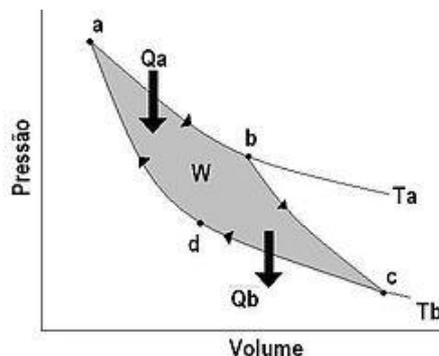
- Continuará apontando para o Norte.
- Apontará para o Noroeste.
- Apontará para o Sul.
- Apontará para o Nordeste.

**C.11)** Em 1824, o físico, matemático e engenheiro francês Nicolas Carnot publicou a sua única obra científica. Nela, ele descreve um ciclo (figura à direita) da máquina que conseguiria transformar a maior porção do calor retirado de uma fonte quente em trabalho resultante positivo. Isso ocorreria com a ajuda de um sistema que absorvesse calor, a fonte fria. Consequentemente, teríamos um motor térmico de maior rendimento entre duas fontes de calor, conforme figura ao lado.

Na tentativa de entender as raízes mais profundas desse ciclo, muitos físicos dedicaram-se ao estudo da termodinâmica. O fato é que essa obra, apesar de ser a única de Carnot, acabou nos levando à segunda lei da termodinâmica e ao conceito de entropia.

Sobre os argumentos que levam à escolha de cada transformação sofrida pelo gás do ciclo de Carnot a fim de atingir o rendimento teórico máximo de um motor térmico, determine a proposição **falsa**.

- De a para b, o gás se mantém em equilíbrio térmico com a fonte quente. Como não muda sua energia interna, o calor é todo transformado em trabalho. Nessa etapa, o rendimento é 100%.
- De b para c, o gás reduz a pressão transformando a própria energia interna em trabalho positivo. Isso gera mais trabalho positivo sem consumir calor da fonte, logo aumenta o rendimento.
- De c para d, o gás encontra-se em equilíbrio térmico com a fonte fria, obrigando-o a se manter em baixa pressão enquanto retorna. Isso gera pouco trabalho negativo, o que aumenta o rendimento.
- De d para a, o gás aumenta a pressão sem realizar trabalho negativo, na medida que não perde calor para a fonte fria.



**C.12)** Quando Oersted descobriu que a corrente elétrica conseguia produzir campo magnético, criou-se a expectativa de que o inverso também fosse possível. Em 17 de outubro de 1831, o inglês Michael Faraday conseguiu que tal fenômeno se manifestasse, o que foi chamado de indução eletromagnética. O segredo para conseguir isso era produzir uma rápida mudança da presença do campo magnético em um circuito. Não demorou muito para tal fenômeno ser interpretado como a transformação de energia cinética em energia elétrica, gerando uma relação direta entre a mecânica e a eletrodinâmica. Na prática, isso influenciou o desenvolvimento civilizatório na medida que os homens passaram a usar fontes de grande energia cinética (rios, vento e vapor) para produzir energia elétrica em larga escala. Surgiram geradores eletromecânicos, possibilitando que o mundo passasse a usar equipamentos elétricos para quase tudo.

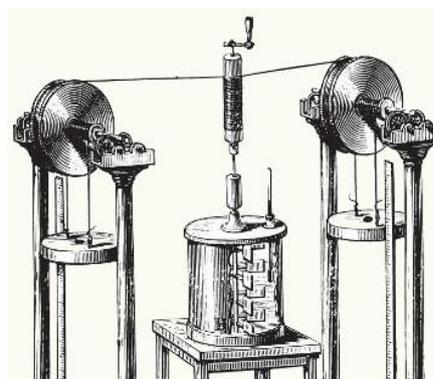
Digamos que um gerador use a energia cinética da água caindo em uma roda d'água para gerar uma força eletromotriz de 100 V em um circuito elétrico constituído por lâmpadas de uma fazenda. Nesse processo, o ritmo de transformação de energia cinética em energia elétrica é 400 W. Dessa forma, a resistência elétrica do circuito elétrico no qual o gerador está inserido mede:

- 0,25  $\Omega$
- 4  $\Omega$
- 25  $\Omega$
- 40.000  $\Omega$

**C.13)** No século XIX, o calor era medido em caloria (cal) e a energia mecânica era medida em N.m, atualmente chamado de joule (J). O físico inglês **James Joule** esperava que o calor e a energia mecânica fossem manifestações de mesma natureza, logo suas unidades poderiam ser relacionadas. Em 1845, ele encontrou o que desejava com boa precisão a partir da experiência da figura.

Na experiência de Joule, 2,00 kg de água foram colocados em um vasilhame com diversas pás presas a um eixo. O eixo era movimentado por fios ligados a dois discos de 1000 g. Esses discos desciam 80 cm de altura com baixa velocidade. Os discos tornavam a ganhar a mesma altura por causa de uma manivela que não movimentava o eixo das pás enquanto levantava os discos.

Na primeira versão dessa experiência, o atrito entre as pás e a água conseguiu gerar uma variação de 0,10 °C na temperatura, com os discos repetindo a queda 50 vezes. Joule não levou em consideração a energia cinética restante dos discos, nem a interferência energética das roldanas quando calculou o equivalente mecânico do calor nessa primeira versão.



Qual o valor aproximado do erro percentual que Joule cometeu na quantidade de **joules** que corresponde a 1 caloria (equivalente mecânico do calor)?

Dados: considere que atualmente 1 caloria equivalente a 4,2 J.

calor específico da água = 1 cal/(g.°C)

$g = 10 \text{ m/s}^2$

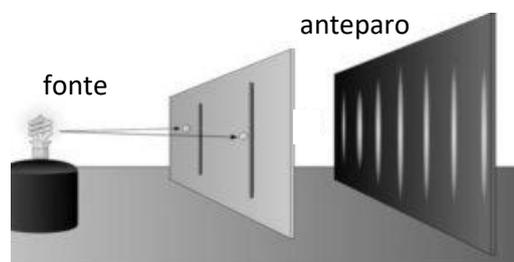
- a) 5 %
- b) 10 %
- c) 15 %
- d) 20 %

**C.14)** Durante o século XIX, a teoria ondulatória da luz foi se tornando hegemônica. Em 1856, o britânico James Maxwell adicionou mais um elemento para compreender a natureza da luz: a luz é um fenômeno eletromagnético. Maxwell reuniu todas as leis do eletromagnetismo e reestruturou-as para obedecer ao princípio universal de simetria. Se essa reestruturação fosse verdadeira, campos elétricos variados produziram campos magnéticos variados. O inverso já tinha sido identificado. A consequência dessa simetria é a propagação de energia pelo espaço na forma de ondas de campos elétricos e magnéticos, ondas eletromagnéticas. As velocidades teóricas dessas ondas dependeriam dos valores de duas constantes, uma da eletricidade e outra do magnetismo. Maxwell descobre que o valor dessa velocidade é o da velocidade da luz. Isso leva-o a criar a hipótese de que a luz é uma onda eletromagnética. Dez anos após a morte de Maxwell, Heinrich Hertz provou experimentalmente a existência de ondas eletromagnéticas, abrindo o caminho para provar que a luz era uma onda eletromagnética.

Sobre a teoria eletromagnética da luz e da matéria, determine a proposição **falsa**.

- a) Os corpos na temperatura ambiente produzem onda eletromagnética porque as cargas elétricas que aparecem nos aglomerados atômicos estão constantemente oscilando (agitação térmica).
- b) As ondas ultravioleta e infravermelha possuem, respectivamente, o maior e o menor comprimentos de onda dentre as ondas eletromagnéticas visíveis para os seres humanos.
- c) Os elétrons possuem a capacidade de interagir com a luz porque eles possuem carga elétrica e a luz é composta por campos eletromagnéticos, os quais interagem com carga elétrica.
- d) A teoria de Maxwell a respeito da luz explicou como o Sol pode enviar energia em forma de onda, mesmo sendo provado que o espaço era constituído por vácuo.

**C.15)** Em 1801, Thomas Young apresentou os resultados de uma experiência que fazia a luz manifestar um fenômeno que era associado apenas para ondas: a interferência. Esse experimento forçava a luz a passar por duas fendas, as quais se transformavam em duas fontes idênticas de luz por causa da difração. O anteparo posterior às duas fendas, revelava a tão esperada interferência da luz, conforme figura ao lado. Os resultados do experimento de **dupla fenda** colaboraram muito para que o modelo ondulatório da luz se tornasse hegemônico no decorrer do século XIX.



No início do século XX, comportamentos acerca da energia de radiações eletromagnéticas que não encontravam explicação convincente na teoria eletromagnética ganharam novas interpretações por Planck e Einstein. Assim, nasceu a Física Quântica, a qual revelou novas facetas da radiação eletromagnética (ondas), visível ou invisível. A Física Quântica se desenvolveu ao longo do século XX, obrigando o ser humano, mais uma vez, a repensar o significado do mundo físico.

Aplicando o conhecimento de Física Quântica em uma versão do experimento de dupla fenda para dimensões atômicas e o conhecimento de ondas mecânicas nesse experimento para dimensões macroscópicas, identifique a proposição **verdadeira**.

- a) Se esse experimento fosse feito com uma fonte de elétrons, com fendas em dimensões atômicas, só existiriam dois lugares sendo atingidos no anteparo.
- b) Se a fonte de luz fosse de baixíssima potência (emissão de um fóton por vez), só existiriam duas regiões do anteparo que iriam receber luz.
- c) Se a fonte emitisse som de única frequência e timbre senoidal, existiriam, na posição do anteparo, regiões de silêncio intercaladas por regiões de barulho.
- d) A mesma experiência que provou, no início do século XIX, que a luz era onda, poderia ser usada para provar, no século XX, que a luz é formada por partículas usando a mesma potência.