

ENADE

Comentado

MARIA EULÁLIA PINTO TARRAGÓ
DÉLCIO BASSO
JOÃO BERNARDES DA ROCHA FILHO
MARIANA ADAM SILVEIRA
(Organizadores)

FÍSICA

2014



ENADE

Comentado

**MARIA EULÁLIA PINTO TARRAGÓ
DÉLCIO BASSO
JOÃO BERNARDES DA ROCHA FILHO
MARIANA ADAM SILVEIRA
(Organizadores)**

FÍSICA

2014





Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul

Chanceler

Dom Jaime Spengler

Reitor

Evilázio Teixeira

Vice-Reitor

Jaderson Costa da Costa

CONSELHO EDITORIAL

Presidente

Carla Denise Bonan

Diretor da EDIPUCRS

Gilberto Keller de Andrade

Editor-Chefe

Jorge Campos da Costa

Beatriz Correa P. Dornelles

Carlos Alexandre Sanchez

Ferreira

Carlos Eduardo Lobo e Silva

Eleani Maria da Costa

Leandro Pereira Gonçalves

Luciano Aronne de Abreu

Newton Luiz Terra

Sérgio Luiz Lessa de Gusmão

ENADE

Comentado

MARIA EULÁLIA PINTO TARRAGÓ
DÉLCIO BASSO
JOÃO BERNARDES DA ROCHA FILHO
MARIANA ADAM SILVEIRA
(Organizadores)

FÍSICA

2014



ediPUCRS

Porto Alegre, 2017

© EDIPUCRS, 2017

CAPA: RODRIGO BRAGA

REVISÃO DE TEXTO: PATRÍCIA ARAGÃO

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA: EDISSA WALDOW

EDIÇÃO REVISADA SEGUNDO O NOVO ACORDO ORTOGRÁFICO DA LÍNGUA PORTUGUESA.



EDIPUCRS – Editora Universitária da PUCRS

Av. Ipiranga, 6681 – Prédio 33
Caixa Postal 1429 – CEP 90619-900
Porto Alegre – RS – Brasil
Fone/fax: (51) 3320 3711
E-mail: edipucrs@pucrs.br
Site: www.pucrs.br/edipucrs

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E56 ENADE comentado [recurso eletrônico] : física 2014 / organizadores
Maria Eulália Pinto Tarragó ... [et al.]. – Dados eletrônicos. –
Porto Alegre : EDIPUCRS, 2017.
Recurso on-line.

Modo de acesso: <http://www.pucrs.br/edipucrs/>
ISBN 978-85-397-0964-9

1. Física – Ensino – Avaliação. 2. Ensino superior – Brasil. 3.
Física. I. Tarragó, Maria Eulália Pinto.

CDD 23. ed. 530

Ficha Catalográfica elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação da BC-PUCRS.

COLABORADORES

QUESTÕES COMUNS AO BACHARELADO E À LICENCIATURA

Questão discursiva 03 – Resolvida por Nathan Willig Lima e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão discursiva 04 – Resolvida por Nathan Willig Lima e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 09 – Resolvida por Kiyo Costa Higuchi, Giordana Salvi de Souza e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 10 – Resolvida por Diego Santos Teixeira e Professor Doutor João Bernardes da Rocha Filho.

Questão 11 – Resolvida por Kiyo Costa Higuchi, Giordana Salvi de Souza e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 12 – Resolvida por Fernando Thomé, Professora Mestra Vânia Teresinha da Silveira, Professora Doutora Maria Eulália Tarragó e Professor Mestre Délcio Basso.

Questão 13 – Resolvida por Vítor Freire e Salvador, Sabrina Isis Brugnarotto Dopico e Professora Mestra Maria do Carmo Baptista Lagreca.

Questão 14 – Resolvida por Diego Santos Teixeira e Professor Doutor Ricardo Papaleo.

Questão 15 – Resolvida por Sabrina Isis Brugnarotto Dopico, Vítor Freire e Salvador e Professor Mestre Sc. Luciano Denardin de Oliveira.

Questão 16 – Resolvida por Marcelo Picoli Lanfredi e Professor Doutor Airton Cabral.

Questão 17 – Resolvida por Marcelo Picoli Lanfredi e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 18 – Resolvida por Diego Santos Teixeira e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 19 – Resolvida por Mariana Adam Silveira e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 20 – Questão resolvida por Mariana Adam Silveira e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 21 – Questão resolvida por Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 22 – Questão resolvida por Nathan Willig Lima e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 23 – Questão resolvida por Nathan Willig Lima e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 24 – Questão resolvida por Mariana Adam Silveira e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 25 – Questão resolvida por Nathan Willig Lima e Professor Doutor João Bernardes da Rocha Filho.

QUESTÕES ESPECÍFICAS DA LICENCIATURA

Questão discursiva 05 – Resolvida pelo Professor Doutor João Bernardes da Rocha Filho.

Questão 26 – Resolvida pelo Professor Doutor João Batista Siqueira Harres.

Questão 27 – Resolvida por Ariel Gonsalves Marcelino e Professor Doutor João Bernardes da Rocha Filho.

Questão 28 – Resolvida por Sabrina Isis Brugnarotto Dopico e Professor Doutor João Bernardes da Rocha Filho.

Questão 29 – Resolvida por Luan Zaleski Pinto e Professor Doutor João Batista Siqueira Harres.

Questão 30 – Resolvida por Willian de Campos Vieira e Professor Mestre Sc. Luciano Denardin de Oliveira.

Questão 31 – Resolvida por Sabrina Isis Dopico, Vítor Freire e Salvador e Professor Mestre Sc. Luciano Denardin de Oliveira.

Questão 32 – Resolvida por Patrick Gonçalves de Azevedo de Souza, Elisa Garcia Pereira, Fernanda Meksraitis dos Santos, Isis Gabriela Magalhães Rosa e Professor Mestre Sc. Luciano Denardin de Oliveira.

Questão 33 – Resolvida por Eduardo Schnor Haygert, Izabel Liesenfeld Pinheiro, Rene William Morais Lima, William Lopes Blinne e Professor Mestre Sc. Luciano Denardin de Oliveira.

Questão 34 – Resolvida por Willian de Campos Vieira e Professor Mestre Sc. Luciano Denardin de Oliveira.

Questão 35 – Resolvida pelo Professor Doutor João Batista Siqueira Harres.

QUESTÕES ESPECÍFICAS DO BACHARELADO

Questão Discursiva 05 – Resolvida por Ricardo Augusto Zanotto Razera e Professor Doutor Adriano Moehlecke.

Questão 26 – Resolvida por Nathan Willig Lima e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 27 – Resolvida por Fernando Thomé, Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó e Professor Mestre Délcio Basso.

Questão 28 – Resolvida pelo Professor Doutor Cássio Stein Moura.

Questão 29 – Resolvida pelo Professor Doutor Cássio Stein Moura.

Questão 30 – Resolvida por Matheus Ramos Caloni e Professor Doutor Cássio Stein Moura.

Questão 31 – Resolvida por Bruna Rodrigues Sehn, Mariana Adam Silveira e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 32 – Resolvida pela Professora Mestra Maria do Campo Baptista Lagreca.

Questão 33 – Anulada.

Questão 34 – Resolvida por Mariana Adam Silveira e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

Questão 35 – Resolvida por Matheus Ramos Caloni e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

CONTEÚDO

APRESENTAÇÃO	11
QUESTÃO DISCURSIVA 03	13
QUESTÃO DISCURSIVA 04	15
QUESTÃO 09.....	19
QUESTÃO 10.....	23
QUESTÃO 11.....	25
QUESTÃO 12.....	29
QUESTÃO 13.....	33
QUESTÃO 14.....	37
QUESTÃO 15.....	39
QUESTÃO 16.....	41
QUESTÃO 17.....	45
QUESTÃO 18.....	49
QUESTÃO 19.....	51
QUESTÃO 20.....	53
QUESTÃO 21.....	57
QUESTÃO 22.....	61
QUESTÃO 23.....	63
QUESTÃO 24.....	65
QUESTÃO 25.....	67
QUESTÃO DISCURSIVA 05 (LICENCIATURA).....	69
QUESTÃO 26 (LICENCIATURA)	71
QUESTÃO 27 (LICENCIATURA)	73
QUESTÃO 28 (LICENCIATURA)	77
QUESTÃO 29 (LICENCIATURA)	79
QUESTÃO 30 (LICENCIATURA)	81
QUESTÃO 31 (LICENCIATURA)	85
QUESTÃO 32 (LICENCIATURA)	89

QUESTÃO 33 (LICENCIATURA)	91
QUESTÃO 34 (LICENCIATURA)	93
QUESTÃO 35 (LICENCIATURA)	97
QUESTÃO DISCURSIVA 05 (BACHARELADO)	99
QUESTÃO 26 (BACHARELADO)	101
QUESTÃO 27 (BACHARELADO)	103
QUESTÃO 28 (BACHARELADO)	107
QUESTÃO 29 (BACHARELADO)	111
QUESTÃO 30 (BACHARELADO)	115
QUESTÃO 31 (BACHARELADO)	119
QUESTÃO 32 (BACHARELADO)	123
QUESTÃO 33 (BACHARELADO)	125
QUESTÃO 34 (BACHARELADO)	127
QUESTÃO 35 (BACHARELADO)	131

APRESENTAÇÃO

No ensino superior, as avaliações institucionais possibilitam a análise de diversas dimensões do ensino, da pesquisa e da extensão, evidenciando objetivos e compromissos das instituições e de seus cursos de graduação.

O Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes), instituído através da Lei n.º 10.861, de 14/04/2004, tem como objetivo assegurar o processo continuado de avaliação das instituições de educação superior, dos cursos de graduação e do desempenho dos estudantes.

Como forma de atingir as instituições de ensino superior em sua totalidade, o Sinaes possui três componentes principais: a avaliação interna e externa das instituições, a avaliação dos cursos e a avaliação do desempenho dos estudantes, por meio do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade).

O Enade é constituído por um questionário socioeconômico e uma prova, composta de duas partes: Formação Geral e Componente Específico. O questionário socioeconômico permite traçar o perfil dos estudantes, integrando informações do seu contexto às suas percepções sobre a instituição de ensino e suas vivências. A parte da Formação Geral é comum a todos os cursos participantes do Enade daquela edição e avalia a compreensão dos estudantes sobre temas transversais da realidade nacional e internacional, não necessariamente relacionadas ao conhecimento específico da profissão. A parte do Componente Específico da prova busca avaliar as competências e habilidades do estudante tanto do ponto de vista da formação geral em Física como no domínio de conhecimentos e habilidades esperadas para cada perfil profissional.

Em 2014, o Componente Específico da prova do Enade dos cursos de Física pode ser visto como dividido em duas partes, a que abrange as questões comuns aos dois cursos (questões discursivas 3 e 4; questões objetivas 9 a 25), realizada por todos os estudantes de Física, e a parte para avaliação específica do Bacharelado ou da Licenciatura (questões discursivas 5; questões objetivas 26 a 35).

Na parte da avaliação comum aos cursos de Física, foram apresentadas 19 questões que se referiam aos conteúdos gerais da formação na graduação em Física, sendo 2 questões discursivas e 17 questões objetivas. Doze dessas questões tratam de temas de física geral, abordando conteúdos de Termologia, Mecânica Fundamental, Acústica, Astronomia, Ondulatória, Termodinâmica Básica e Eletromagnetismo. Ainda na parte comum, 7 questões referem-se a temáticas de física avançada, como Mecânica Quântica, Física Nuclear, Teoria da Relatividade, Física das Partículas, Física das Radiações e Física Aplicada.

As últimas 10 questões objetivas (questão 26 a 35) e a questão discursiva 5 avaliam o domínio e as habilidades referentes a cada formação em Física. As questões específicas da Licenciatura em Física tratam sobre Metodologia de Ensino, Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio, Plano Nacional de Educação, Currículos, Projetos Políticos Pedagógicos, Gestão Democrática da Educação

e Direitos Humanos e Cidadania. As questões do Bacharelado abordam conteúdos de Mecânica Clássica Avançada, Mecânica Estatística, Óptica Ondulatória e Estado Sólido.

Esta publicação dá continuidade à Série Enade Comentado, publicada pela EDIPUCRS, que apresenta a resolução comentada de provas de diferentes cursos, desde as edições de 2004 do Enade. O formato eletrônico da coleção permite que os interessados tenham acesso universal e facilitado às publicações.

O Enade Comentado 2014: Física, ora apresentado, disponível gratuitamente na Internet, apresenta a resolução comentada de todas as questões dos Componentes Específicos das provas aplicadas aos estudantes de ambos os cursos de graduação em Física.

A presente obra é o resultado concreto de um processo de reflexão realizado por professores e estudantes dos Cursos de Física da PUCRS. A cada nova edição é realizado um convite aberto a todos os professores e estudantes que desejem colaborar na publicação das questões comentadas do Enade Física. Os estudantes procuram a orientação de professores para a elaboração da resolução comentada de questões de sua escolha. Esta experiência produz um impacto positivo na formação e no amadurecimento dos estudantes que aceitam tal desafio, assim como aproximação e comprometimento de professores e estudantes em relação à importância dessa avaliação. Além da materialização da profícua parceria entre docentes e discentes, ela representa um importante subsídio para estudo e consulta, possibilitando a discussão e resolução de problemas em diferentes tópicos de Física.

A organização desta publicação foi realizada pelos professores Maria Eulália Pinto Tarragó, Délcio Basso e João Bernardes da Rocha Filho, com auxílio da estudante Mariana Adam Silveira, que assumiram esse desafio e souberam motivar o grupo para a produção conjunta, realizando, além da resolução de algumas questões, a revisão e uniformização de todo o material. O trabalho cooperativo para a publicação do Enade Comentado 2014: Física envolveu um total de 11 professores da Faculdade de Física da PUCRS e 23 estudantes de graduação e diplomados dos Cursos de Física Licenciatura e Bacharelado da PUCRS.

Aos organizadores e a todos os colaboradores desta publicação, agradecemos pela dedicação e competência com que realizaram o trabalho aqui apresentado.

Porto Alegre, janeiro de 2017.

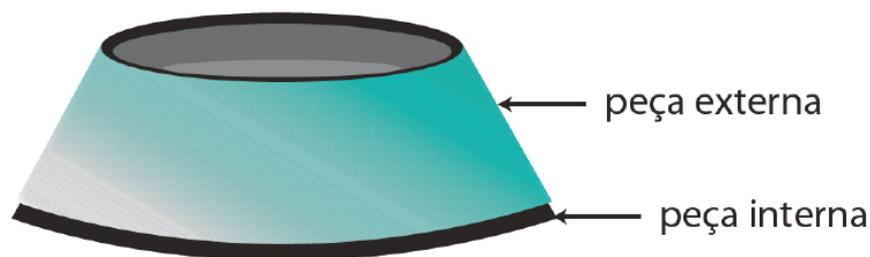
Ana Maria Marques da Silva

Diretora da Faculdade de Física/PUCRS

QUESTÃO DISCURSIVA 03

O volume específico de um material é função da sua temperatura. Mantida constante a pressão, define-se o coeficiente de dilatação térmica volumétrica como o produto do inverso do volume específico pela derivada parcial do volume específico em relação à temperatura, de acordo com a equação $\gamma = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p$.

Considere duas peças (trancos de cone ocos de materiais diferentes) rigidamente presas uma dentro da outra, conforme ilustra a figura abaixo.



Nesse contexto, faça o que se pede nos itens a seguir.

- A.** Explique uma forma de separar essas duas peças metálicas utilizando o conceito de dilatação volumétrica.
(valor: 5,0 pontos).
- B.** Indique ao menos duas variáveis (ou condições) das quais o seu método poderá depender.
(valor: 5,0 pontos).

* Tipo de questão: Discursiva.

* Autores: Nathan Willig Lima e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

COMENTÁRIO

Neste problema, existem dois troncos de cone ocos rigidamente presos um dentro do outro, que chamaremos de cone interno e externo, em uma determinada temperatura. Cada tronco de cone pode ser descrito, de forma aproximada, pelo seu raio interno, raio externo e altura. A disposição dos corpos é tal que o raio externo do objeto interno coincide com o raio interno do objeto externo.

Ao variar a temperatura, os volumes de ambos os corpos serão alterados, obedecendo à relação que define o coeficiente de dilatação térmica volumétrica de cada material:

$$\gamma = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P.$$

Se a variação da temperatura for tal que possibilite alterar as dimensões de cada corpo de modo que o raio externo do objeto interno seja menor do que o raio interno do objeto externo, ocorrerá o desprendimento dos objetos.

O sucesso do desprendimento dos objetos depende da relação entre os valores dos coeficientes de dilatação térmica dos materiais de que são feitos os corpos interno (γ_{int}) e externo (γ_{ext}) e da variação da temperatura, ΔT , a que serão submetidos, como se explica a seguir.

Se $\gamma_{int} > \gamma_{ext}$ então $\Delta T < 0$, para que ocorra a separação dos corpos. Se o coeficiente de dilatação volumétrica do material do corpo interno for maior do que o do corpo externo, a elevação de temperatura fará com que o corpo interno dilate mais do que o externo, dificultando a separação entre os dois objetos. Para esta relação entre os coeficientes, a temperatura deverá ser reduzida, pois assim a diminuição do volume do corpo interno será maior do que a do externo, o que permitirá no final do processo a separação dos corpos.

Se $\gamma_{int} < \gamma_{ext}$ então $\Delta T > 0$, para que ocorra a separação dos corpos. Se o coeficiente de dilatação volumétrica do corpo interno for menor que o do externo, a redução de temperatura fará com que o corpo externo reduza mais seu volume do que o corpo interno, impossibilitando a separação dos dois corpos. Para esta relação entre os coeficientes, portanto, a temperatura deve ser elevada, de forma que, no final do processo, o corpo externo possua um raio suficientemente maior, garantindo a separação dos corpos.

QUESTÃO DISCURSIVA 04

O acidente radiológico de Goiânia, amplamente conhecido como acidente com o Césio-137, foi um grave episódio de contaminação por radioatividade ocorrido no Brasil. A contaminação teve início em 13 de setembro de 1987, quando um aparelho utilizado em radioterapias foi encontrado dentro de uma clínica abandonada, no centro de Goiânia. O instrumento foi encontrado por catadores de um ferro velho do local, que entenderam tratar-se de sucata. Foi desmontado e repassado para terceiros, gerando um rastro de contaminação, o qual afetou seriamente a saúde de centenas de pessoas. O acidente com Césio-137 foi o maior acidente radioativo do Brasil e o maior do mundo ocorrido fora das usinas nucleares.

No interior da cápsula do aparelho de radioterapia, havia Cloreto de Césio na forma de um pó. Cerca de 19,26g desse pó se espalhou, foi manipulado e até ingerido por diversas pessoas. A população de Goiânia foi examinada e, de 112 800 pessoas, cerca de 249 foram contaminadas pelo Césio.

Por precaução, foram coletadas toneladas de material que poderiam ter sido contaminadas pelo pó de Césio. Esse material foi separado em dois contêineres, o primeiro, de baixa concentração de material radioativo, que pode ser considerado lixo comum, e o segundo, que armazena os materiais efetivamente radioativos. Este segundo contêiner é revestido de uma camada de chumbo de aproximadamente 10cm.

Com base nessa situação, faça o que se pede nos itens a seguir:

- A.** Explique a diferença entre contaminação e irradiação.
(valor:4,0 pontos).
- B.** Sabe-se que a lei de decaimento radioativo estabelece que $N = N_0 e^{-t/\tau}$, em que τ é a vida média. Considerando que o Césio tem uma vida média de 30 anos, aproximadamente, e decai emitindo partículas *beta* e *gama*, estime quantos gramas de Césio-137 do acidente de Goiânia seriam radioativos ainda hoje.
(valor: 3,0 pontos).
- C.** Sabe-se que as partículas *gama* emitidas pelo Césio podem ser absorvidas pela parede de chumbo e que o número de partículas *gama* absorvidas depende da espessura da camada de chumbo, de acordo com a seguinte equação: $N = N_0 e^{-x/l_0}$, em que x é a espessura da camada de chumbo e $l_0 = 1\text{cm}$ é um fator associado à absorção. Com base nessas informações, explique se a espessura da parede do contêiner onde foi armazenado o material efetivamente radioativo é suficiente para conter a radiação *gama* dos rejeitos. Para isso, considere que e^{-10} é aproximadamente igual a 0.4^{10} .
(valor: 3,0 pontos).

- * **Tipo de questão: Discursiva.**
- * **Autores: Nathan Willig Lima e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.**

COMENTÁRIO

Toda vez que uma pessoa estiver na presença de uma fonte radioativa, pode-se dizer que ela estará sendo irradiada ou exposta à radiação. Isso é o que ocorre, por exemplo, em sessões de radioterapia em que se utilizam tais fontes. A irradiação não contamina, pois ela não deposita na pessoa (ou objeto) a fonte de radiação. Assim que cessar a exposição à radiação, a pessoa – ou até mesmo frutas, legumes e carnes, no caso da irradiação de alimentos visando à preservação – que foi irradiada, ao ir para outros locais, não levará consigo a (fonte de) radiação. Porém, quando há contato físico (toque, ingestão, inalação) com materiais radioativos ocorre contaminação e, como consequência, uma exposição continuada à radiação. Essa é a diferença entre contaminação e irradiação, como pedido no item A.

A contaminação de uma pessoa poderá resultar na contaminação de outras regiões do corpo da própria pessoa, de objetos com os quais ela venha a entrar em contato e, também, de outras pessoas. Irradiação, portanto, é o que ocorre quando se está na presença de algum tipo de radiação, enquanto contaminação envolve o contato com substância química radioativa.

Assim, por exemplo, quem fizer um exame de raios X será exposto à radiação, mas nunca será contaminado, pois não existe elemento radioativo envolvido nesse tipo de procedimento. Entretanto, quem tocou diretamente na cápsula de Césio violada, no pé que estava originalmente em seu interior ou em objetos que estiveram em contato com o pé, além de ser irradiado também foi contaminado com o material radioativo.

O enunciado do item B mostra a lei do decaimento radioativo em termos de número N de moléculas presentes em uma amostra. Como a massa m da amostra é diretamente proporcional ao número de moléculas, então se escreverá a lei do decaimento em termos de massa, isto é

$$m = m_0 e^{-\frac{t}{\tau}},$$

na qual m é a massa presente no tempo t , m_0 é a massa no tempo inicial ($t = 0$) e τ é a vida média do material radioativo.

Considerando $t = 27$ anos, substituindo os valores de m_0 e τ e recorrendo a aproximação sugerida no enunciado, na qual e^x é aproximadamente igual a $0,4^x$, teremos:

$$m = 19,26g \cdot 0,4^{\frac{27}{30}}.$$

Se considerarmos $27/30$ aproximadamente 1, então a massa de Césio-137 do acidente de Goiânia que permanece no presente é

$$m = 19,26g \cdot 0,4 = 7,70g.$$

De acordo com o enunciado do item C, pode-se dizer que o número de fótons absorvidos N segue a equação

$$N = N_0 e^{-x/l_0}$$

na qual N_0 é o número de fótons incidentes, x é a espessura da camada de chumbo e l_0 é “um fator associado à absorção”.

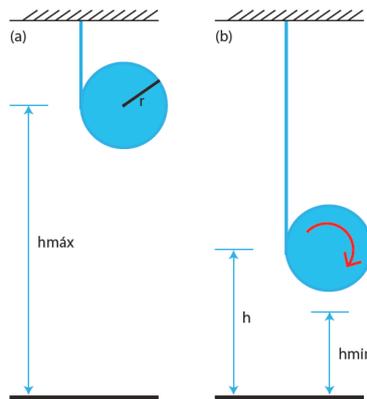
Desta forma, a razão:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-x/l_0} = e^{\frac{-10cm}{1cm}} = e^{-10} = 4,5 \times 10^{-5}.$$

Isto significa que uma blindagem de chumbo de 10 cm deixa passar apenas uma fração de $4,5 \cdot 10^{-5}$, ou seja, aproximadamente a cada 100.000 fótons gama incidentes, 1 irá atravessar a parede de chumbo. Embora essa fração seja pequena, para responder com segurança se a espessura é suficiente para conter a radiação gama, o enunciado deveria fornecer a constante de exposição do Césio, a fim de possibilitar o cálculo da taxa de exposição fora do container, o que permitiria avaliar se a dose anual efetiva correspondente ficaria ou não abaixo do limite de dose para público estabelecido pela CNEN.

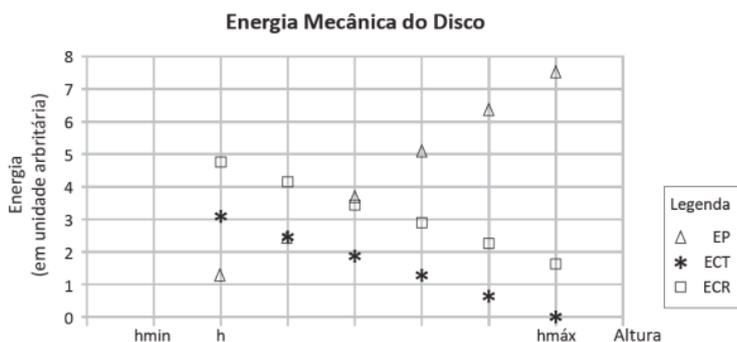
QUESTÃO 09

A figura abaixo apresenta esquematicamente dois momentos do movimento de um corpo rígido na forma de um disco, com massa m e raio r , denominado ioiô. Um fio, preso ao teto em uma extremidade, é enrolado na borda lateral do disco. A outra extremidade do fio está presa na borda lateral do disco, de modo que este não pode girar em falso. Na situação (a), o corpo está em repouso em sua altura máxima (h_{max}), com o fio enrolado em sua borda, e, na situação (b), o corpo está a uma altura h , tal que $h_{max} > h > h_{min}$, em que h_{min} é a altura na qual o fio estaria completamente desenrolado. Considere o momento de inércia do corpo (em relação a um eixo perpendicular ao plano da figura e que passa pelo seu centro de massa) igual a $mr^2/2$.

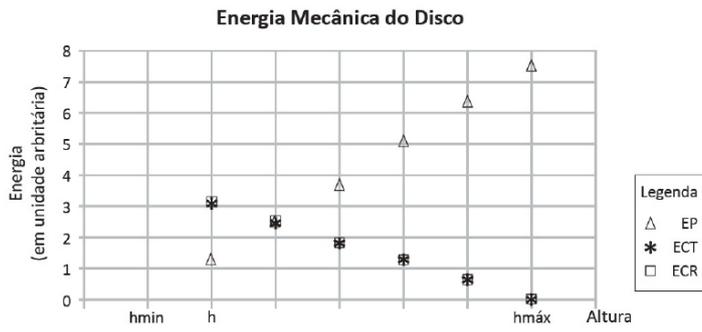


Medidas da energia potencial (EP), energia cinética rotacional (ECR) e energia cinética translacional (ECT) foram realizadas e graficadas (em unidades arbitrárias) ao longo do movimento de descida do ioiô, desde a altura máxima até uma altura h . Considerando que houve conservação da energia mecânica total, conclui-se que são consistentes com os resultados esperados teoricamente aqueles apresentados no gráfico:

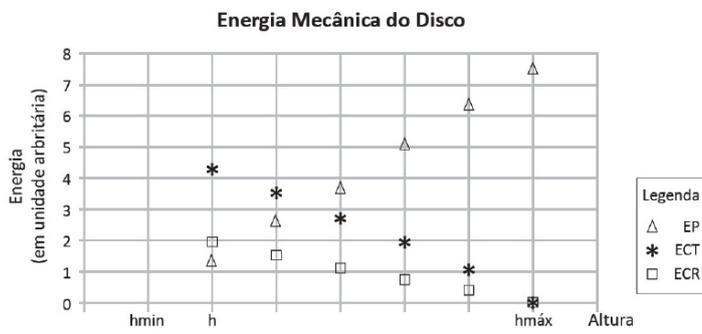
A.



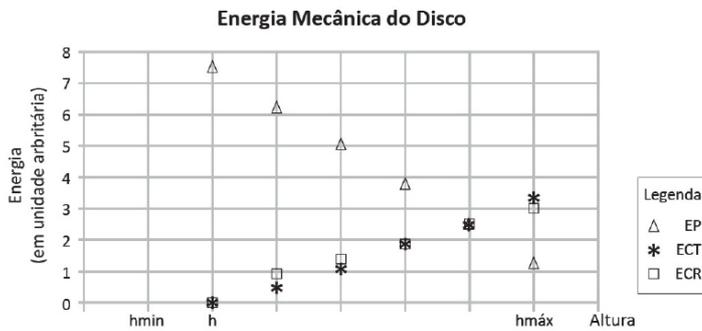
B.



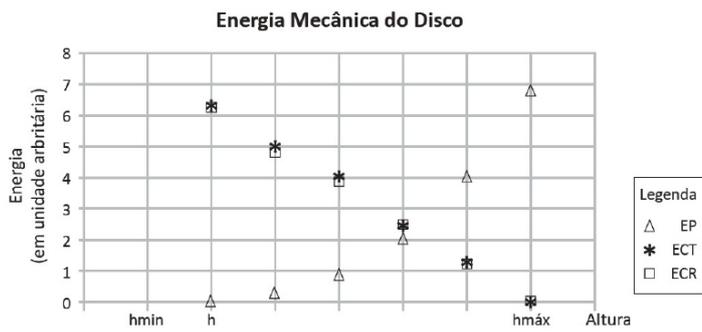
C.



D.



E.



- * **Gabarito: C**
- * **Tipo de questão: escolha simples com indicação de alternativa correta.**
- * **Autores: Giordana Salvi de Souza, Kiyo Costa Higuchi e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.**

COMENTÁRIO

De acordo com o enunciado, o sistema é conservativo, portanto, a energia mecânica total permanecerá constante. A energia mecânica EM do ioiô poderá estar na forma potencial e/ou cinética, de tal maneira que a soma das energias potencial EP , cinética de translação ECT e cinética de rotação ECR será sempre constante, conforme Eq. (1):

$$EM = EP + ECT + ECR = \text{constante} \quad \text{Eq. (1)}.$$

Quando o ioiô se encontra na altura máxima, h_{max} , sua energia potencial gravitacional será máxima e as energias cinéticas nulas, visto que ele estará em repouso. Portanto, para a altura máxima, a energia mecânica está na forma potencial ($EM = EP$). Quando a corda que envolve o ioiô começa a desenrolar, ele inicia a descida, transformando a energia potencial em cinéticas de translação e de rotação.

Cabe observar que a energia cinética de translação é dada por $ECT = \frac{mv^2}{2}$, na qual m é a massa do disco e v sua velocidade de translação, e que a energia cinética de rotação é dada por $ECR = \frac{I\omega^2}{2}$, na qual I é o momento de inércia e ω é a velocidade angular (velocidade de rotação). Substituindo o momento de inércia pela relação dada no enunciado, $I = \frac{mr^2}{2}$, e a velocidade de translação por $v = \omega r$, pode-se escrever a energia cinética total como:

$$EC = ECT + ECR = \frac{m\omega^2 r^2}{2} + \frac{m\omega^2 r^2}{4} \quad \text{Eq. (2)}.$$

A equação mostra que a energia cinética de translação apresentará sempre um valor que é o dobro do da de rotação.

Para responder à questão, devem-se analisar os gráficos apresentados. Eles ilustram as transformações da energia mecânica do sistema em função da altura em que o ioiô se encontra.

Na alternativa A, o gráfico ilustra corretamente a relação entre a energia potencial e a altura do ioiô – a energia potencial aumenta linearmente com o aumento da altura – no entanto, o comportamento das energias cinéticas está incorreto. Na altura máxima, o ioiô não tem energia cinética rotacional, diferentemente do que está indicado na figura. Além disso, de acordo com a Eq. (2), o valor da energia cinética translacional é duas vezes o valor da energia cinética rotacional, o que não condiz com o ilustrado.

Na alternativa B, o gráfico mostra corretamente a relação entre a energia potencial e a altura do ioiô, como o gráfico da alternativa A, porém mostra valores iguais para as energias cinéticas translacional e rotacional, o que não é verdadeiro.

Assim como nas alternativas anteriores, o gráfico da alternativa C ilustra corretamente o comportamento da energia potencial do ioiô em função da altura. Analisando as energias cinéticas, verifica-se que ambas, a translacional e a rotacional, são nulas para a altura máxima e, na medida em que o ioiô sobe, ambas diminuem linearmente com o aumento da altura. Também mostra que as energias cinéticas se mantêm na proporção correta: a energia cinética translacional sempre é o dobro

da rotacional, e a soma das duas é igual à variação na energia potencial correspondente. Portanto, a alternativa C ilustra adequadamente a transformação da energia mecânica do disco.

O gráfico da alternativa D indica que a energia potencial é mínima e as cinéticas máximas quando o disco está na altura máxima, ao contrário do que ocorre.

O gráfico da alternativa E ilustra a energia potencial gravitacional correspondendo a uma função na qual a altura está elevada a uma potência maior do que 1, o que não é verdade, visto que a mesma se comporta como uma função linear da altura. Além disso, a relação entre as energias cinéticas translacional e rotacional está incorreta, pois as duas estão ilustradas como se apresentassem o mesmo valor.

Logo, a alternativa correta é a C.

QUESTÃO 10

A interação entre dois corpos foi historicamente concebida como uma ação instantânea à distância. Por outro lado, ela pode ser pensada como uma ação intermediada por um campo.

Considerando que a noção de força está associada à concepção de ação instantânea, avalie as afirmações a seguir.

- I. A existência de ondas eletromagnéticas pode ser definida a partir das concepções de campo eletromagnético e de ação instantânea à distância.
- II. O campo eletromagnético e a força eletromagnética não necessitam de meios materiais entre cargas de uma distribuição para existir.
- III. O campo elétrico depende da posição, enquanto a força eletrostática depende da distância entre a carga-fonte e a carga-teste.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.
- D. II e III, apenas.
- E. I, II e III, apenas.

* **Gabarito: D.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Diego Santos Teixeira e Professor Doutor João Bernardes da Rocha Filho.**

COMENTÁRIO

A afirmação I está incorreta. A existência de ondas eletromagnéticas é definida a partir das leis de Maxwell e envolve concepções de campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo e no espaço, gerados por sistemas materiais carregados. Na concepção de Maxwell, não há ação a distância, mas sim contiguidade entre todos os pontos de ação dos campos.

A afirmação II está correta. Os campos eletromagnéticos não necessitam de meio material para se estabelecerem no espaço ao redor de suas fontes, por essa razão as forças eletromagnéticas em sistemas de cargas também prescindem da existência de meios materiais.

A afirmação III está, também, correta. O campo elétrico gerado por uma distribuição qualquer de cargas é uma função da posição em relação a essa distribuição de cargas. Para cargas pontuais, a intensidade do campo elétrico se relaciona à distância da carga geradora do campo pela equação $E = \frac{kQ}{r^2}$. Se uma carga teste é colocada em determinada posição em relação à carga geradora de campo, a força que atua nestas cargas é dada pela relação $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$, e depende da distância “r” entre elas.

Portanto, a resposta certa é a alternativa D.

QUESTÃO 11

A norma reguladora 15 (NR-15), que dispõe sobre atividades e operações insalubres, indica que o limite do nível de intensidade sonora para um trabalhador não deve ultrapassar 120 dB. Suponha que, em uma fábrica, uma máquina (que pode ser considerada uma fonte esférica) emite um som uniforme e isotrópico. A 100 metros da fonte, o nível de intensidade sonora é de 80 dB.

Até que distância um trabalhador pode se aproximar dessa máquina sem ultrapassar o limite do nível de intensidade sonora estabelecido pela NR-15?

- A. 81,6 m.
- B. 66,7 m.
- C. 44,4 m.
- D. 1,00 m.
- E. 0,78 m.

* **Gabarito: D.**

* **Tipo de questão: escolha simples com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Giordana Salvi de Souza, Kiyo Costa Higuchi e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.**

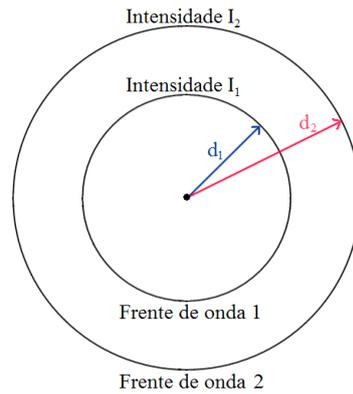
COMENTÁRIO

Para responder a esta questão, o estudante precisa saber relacionar o nível sonoro β em função da distância d da fonte sonora e lembrar que o nível sonoro é definido como:

$$\beta = (10dB) \log \frac{I}{I_0} \quad \text{Eq. (1)},$$

na qual I é a intensidade sonora e I_0 é a intensidade de referência padrão (cujo valor é $10^{-12} \frac{W}{m^2}$). Observa-se que é possível resolver esta questão prescindindo-se do valor de I_0 .

Por sua vez, a intensidade sonora I é definida como a taxa média de transmissão de energia P por unidade de área A , tal que $I = \frac{P}{A}$. Do enunciado, sabe-se que a fonte sonora F é esférica, logo o som se propaga em frentes de ondas esféricas cuja área é $A = 4\pi d^2$, na qual d é a distância entre a frente de onda e a fonte, como ilustrado na figura a seguir.



Entende-se que se trata de uma situação idealizada na qual o amortecimento das ondas sonoras pode ser desprezado e, portanto, a potência P transportada por toda a frente de onda pode ser considerada constante. Logo, a potência transportada pela frente de onda quando está na distância d_1 da fonte é igual à potência transportada pela frente de onda quando está na distância d_2 .

Matematicamente, como $P_1 = P_2$ então $I_1 A_1 = I_2 A_2$. Escrevendo-se a área em função da distância d , obtém-se a seguinte relação:

$$I_1 d_1^2 = I_2 d_2^2 \quad \text{Eq. (2)}$$

De acordo com a Eq. (1), a intensidade sonora I_2 que corresponde ao nível sonoro 80dB será:

$$80dB = (10dB) \log \frac{I}{10^{-12} \frac{W}{m^2}} ;$$

$$8 = \log \frac{I}{10^{-12} \frac{W}{m^2}} ;$$

$$\frac{I}{10^{-12} \frac{W}{m^2}} = 10^8 ;$$

$$I = 10^{-4} \frac{W}{m^2}$$

Da mesma forma, a intensidade I_1 , que corresponde ao nível sonoro 120dB, será:

$$I_1 = I_0 10^{\frac{\beta}{10dB}} ;$$

$$I_1 = 1,00 \frac{W}{m^2}$$

Portanto, para obtermos a distância d_1 para a qual o nível sonoro é 120dB, substituiremos os valores das grandezas de interesse na Eq. (2):

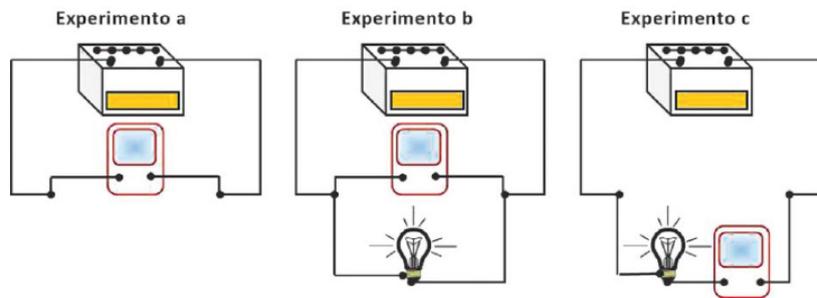
$$d_1 = d_2 \sqrt{\frac{I_2}{I_1}};$$

$$d_1 = 1,00m$$

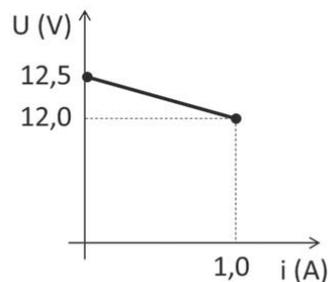
Portanto, a resposta correta é a letra D.

QUESTÃO 12

Com o objetivo de estudar algumas características de uma bateria, realizaram-se alguns experimentos (a, b e c) de medidas de variáveis elétricas, utilizando-se uma lâmpada e um multímetro digital, no modo amperímetro ou no modo voltmímetro.



Ao utilizar o multímetro no modo adequado para cada experimento, foi possível construir, com as suas indicações, o seguinte gráfico de voltagem (V) versus intensidade de corrente elétrica (i) para a bateria em questão.



Com base nos experimentos descritos e usando as informações do gráfico, avalie as afirmações a seguir.

- I. A resistência interna da bateria é de $0,5\Omega$.
- II. A bateria pode fornecer uma potência máxima de 10 W.
- III. Nos experimentos A e C, o multímetro foi utilizado no modo voltmímetro.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. II, apenas.
- C. I e III, apenas.
- D. II e III, apenas.
- E. I, II e III, apenas.

* **Gabarito: A.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Fernando Thomé, Professora Mestre Vânia Teresinha da Silveira, Professora Doutora Maria Eulália Pinta Tarragó e Professor Mestre Délcio Basso.**

COMENTÁRIO

Esta resolução foi adaptada da discussão apresentada no vídeo *Circuito Elétrico Simples e análise da Questão 12 – Enade Física 2014*, produzido pelos autores que assinam esta questão, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=YXCyBg4vdGI>>.

O estudante deve lembrar que a diferença de potencial nos terminais de uma bateria (U) depende da força eletromotriz (\mathcal{E}) que caracteriza a bateria (e que se mantém constante ao longo do tempo), da resistência interna da bateria (r) e da corrente elétrica (i) que circula por ela, de tal forma que:

$$U = \mathcal{E} - ri.$$

Vamos analisar cada experimento proposto, tendo em mente que as características da bateria serão investigadas com auxílio de uma lâmpada e de um multímetro. O multímetro é um instrumento capaz de medir diversas grandezas, tais como diferença de potencial, corrente elétrica e resistência.

Experimento A

Nesta montagem, vê-se uma bateria conectada diretamente ao multímetro, portanto este está no modo voltímetro. Lembra-se que um voltímetro é ligado sempre em paralelo com o componente do circuito para o qual se deseja descobrir a diferença de potencial nas extremidades. Quando o voltímetro é ideal, ele não interfere no circuito e isto implica sua resistência elétrica ser infinita e, portanto, a corrente nele ser nula. Não havendo outros componentes no circuito ligados à bateria, a corrente que circula pela bateria é a mesma pelo voltímetro, isto é, nula. Então, o voltímetro neste experimento A está indicando a força eletromotriz \mathcal{E} da bateria.

$$U = \mathcal{E} - ri \quad \text{Eq. (1)}$$

$$U = \mathcal{E} - r \cdot 0 = \mathcal{E} = 12,5V$$

Experimento B

No Experimento B temos uma lâmpada ligada a uma bateria, e em paralelo a esta lâmpada, há um multímetro, que está no modo voltímetro. Os três elementos do circuito estão em paralelo, então a indicação do voltímetro corresponde tanto à diferença de potencial U nos terminais da bateria, como à diferença de potencial nas extremidades da lâmpada. Como a corrente no voltímetro é nula, pois ele é ideal, a corrente na bateria é a mesma corrente na lâmpada.

Experimento C

Na montagem do experimento C, o multímetro está ligado em série com a lâmpada e a bateria, logo ele está no modo amperímetro e, portanto, mede corrente elétrica. Iremos considerar esse amperímetro ideal, ou seja, ele não apresenta resistência interna e, conseqüentemente, não apresenta diferença de potencial nos seus terminais, não interferindo no circuito.

Podemos, agora, analisar as afirmações propostas no enunciado:

A afirmação I está correta. No gráfico de diferença de potencial (U) nos terminais da bateria, em função da corrente elétrica (i), dado no enunciado, é possível perceber que quando a corrente elétrica i é 1,0A, a diferença de potencial U é 12,0 V. Logo, substituindo esses valores na expressão $U = \varepsilon - ri$, tem-se a diferença de potencial U nos terminais da bateria. Sabendo então que a força eletromotriz ε é 12,5V e utilizando a Eq. (1), podemos calcular o valor da resistência interna r da bateria de tal forma que:

$$12,0V = 12,5V - r \times 1A$$

Logo

$$r = \frac{12,5V - 12,0V}{1A} = 0,5\Omega$$

A afirmação II está incorreta. No gráfico fornecido no enunciado pode-se ler que à diferença de potencial U igual a 12,0 V corresponde uma corrente elétrica i igual a 1,0A. Portanto, nesta condição, a potência fornecida pela bateria ao circuito externo é de 12,0 W, pois esta potência (P) é numericamente igual ao produto da diferença de potencial nos terminais da bateria pela corrente elétrica:

$$P = U \times i = 12,0V \times 1A = 12,0W$$

Como $12W > 10W$, decorre disso que a afirmação II está, obviamente, incorreta.

Além disso, há uma dubiedade no enunciado da afirmação II, porque não está claro se o elaborador se refere à potência total fornecida pela bateria, ou apenas à potência fornecida pela bateria ao circuito externo a ela – desconsiderando a potência dissipada em sua resistência interna.

Se for considerada apenas a resistência interna da bateria, a potência máxima fornecida pela bateria é aquela dissipada em sua resistência interna quando há um curto-circuito externo. Nesse caso, a corrente sobe a $i = \frac{12,5V}{0,5\Omega} = 25A$ e a potência dissipada internamente atinge seu máximo, com $P = 12,5V \times 25A = 312,5W$.

Se for considerada apenas a dissipação na resistência externa, esse valor atingirá um máximo de 78,125W quando a resistência externa for igual à interna ($0,5\Omega$). Para qualquer outro valor de resistência externa (maior ou menor que $0,5\Omega$) a potência dissipada nessa resistência externa será menor que esse limite.

De qualquer modo, a afirmação II continua incorreta, pois qualquer um desses limites excede os 10W indicados pelo elaborador.

A afirmação III está, também, incorreta. Nos experimentos A e C, o multímetro foi utilizado, pela forma em que é conectado ao circuito, no modo voltímetro e amperímetro, respectivamente.

Portanto, a única afirmação correta é a I, que corresponde à alternativa A.

Obs.: no Brasil, o Sistema Internacional define que as grandezas medidas na unidade “volts” são “tensão elétrica” – usada em circuitos; “diferença de potencial” – usada em eletrostática, e; “força eletromotriz” – usada em geradores. A expressão “voltagem” é um neologismo do inglês “voltage” e não consta no Quadro Geral de Unidade de Medida (QGU) atualizado, de 2013 (<<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002050.pdf>>). O uso dessa expressão no enunciado, portanto, deveria ser evitado.

QUESTÃO 13

A equação de Schrödinger, quando resolvida para o problema quântico de uma partícula confinada em uma caixa unidimensional de tamanho a , tem como resultado para as funções de onda ψ_n dados como:

$$\psi(x, t) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{a}} \cos\left(\frac{n\pi x}{a}\right) e^{-\frac{iE_n t}{\hbar}}, & \text{para } |x| \leq \frac{a}{2} \text{ e } n \text{ ímpar,} \\ \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) e^{-\frac{iE_n t}{\hbar}}, & \text{para } |x| \leq \frac{a}{2} \text{ e } n \text{ par,} \\ 0, & \text{para } |x| > \frac{a}{2} \end{cases}$$

em que $E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2m a^2} n^2$ são os autovalores da energia. As funções ψ_n podem ser usadas para se calcular os valores esperados $\langle x^2 \rangle$ e $\langle p^2 \rangle$, em que x e p são os operadores posição e momento linear da partícula, respectivamente. Desse modo, tem-se

$$\langle x^2 \rangle = \frac{a^2}{\pi^2} \frac{\pi^2 - 6}{12} \quad \text{e} \quad \langle p^2 \rangle = \frac{\hbar^2 \pi^2}{a^2}$$

Com base nesses resultados e no princípio da incerteza de Heisenberg, avalie as afirmações a seguir.

- I. A energia mínima da partícula na caixa, estimada por meio do princípio da incerteza, é

$$E_{\min} = \frac{\hbar^2}{8m a^2}.$$

- II. A razão entre E_{\min} e o menor autovalor de energia é igual a $\frac{1}{\pi^2}$.

- III. Há inconsistência entre o princípio da incerteza de Heisenberg e os resultados apresentados acima, porque eles não expressam a igualdade $E_{\min} = E_1$.

- IV. O valor de $\Delta x \Delta p = \sqrt{\frac{\pi^2 - 6}{12}} \hbar$, calculado pelo resultado do problema, é consistente com o princípio da incerteza de Heisenberg.

É correto apenas o que se afirma em

- A. I.
- B. III.
- C. I e IV.
- D. II e III.
- E. II e IV.

- * **Gabarito: C.**
- * **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**
- * **Autores: Vítor Freire e Salvador, Sabrina Isis Brugnartto Dopico e Professora Mestra Maria do Carmo Baptista Lagreca.**

COMENTÁRIO

Para resolvermos esta questão, primeiramente precisamos verificar a validade das afirmações propostas.

A afirmação I está correta. Para encontrarmos a energia mínima da partícula a partir do princípio da incerteza, assumimos que $\Delta p \Delta x = \frac{\hbar}{2}$. Como se tem uma caixa de comprimento a , a variação da posição será o exato comprimento da caixa, portanto $\Delta x = a$. Com isso, define-se que $\Delta p = \frac{\hbar}{2a}$. Sabe-se que o princípio da incerteza nos diz que

$$\Delta p = \sqrt{\langle p^2 \rangle - \langle p \rangle^2}.$$

Como o valor esperado do momento para a partícula na caixa é zero, seu quadrado também será, portanto $(\Delta p)^2 = \langle p^2 \rangle$.

Pela definição de energia, podemos dizer que a energia mínima esperada será representada por $\langle E \rangle = \frac{(\Delta p)^2}{2m}$. Como já se definiu previamente o Δp , chega-se à conclusão de que a energia mínima da partícula na caixa é:

$$\langle E \rangle = \frac{\hbar^2}{8ma^2}.$$

A afirmação II, no entanto, está incorreta. A partir do enunciado, sabe-se que o autovalor de energia para a partícula na caixa é dado por:

$$E_n = \frac{n^2 \hbar^2 \pi^2}{2ma^2}$$

Logo, o menor autovalor de energia será $E_1 = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2m a^2}$. Sendo a energia mínima $E_{\min} = \frac{\hbar^2}{8m a^2}$,

a razão entre E_{\min} e E_1 será $\frac{1}{4\pi^2}$.

Assim como a afirmação II, a afirmação III também está incorreta. Como vimos no item anterior, não encontramos tal igualdade citada na afirmação, pois E_{\min} e E_1 são valores de energias diferentes. Enquanto E_1 é o autovalor para o primeiro nível de energia, E_{\min} é o valor esperado para a energia mínima de uma partícula na caixa.

A afirmação IV, no entanto, está correta. Pelo princípio da incerteza, sabe-se que $\Delta x \Delta p$ pode ser expresso como:

$$\sqrt{\langle p^2 \rangle - \langle p \rangle^2} \sqrt{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2}.$$

O exercício prevê $\langle p^2 \rangle$ e $\langle x^2 \rangle$ e, calculando $\langle p \rangle$ e $\langle x \rangle$, percebe-se que ambas são iguais a zero. Portanto chega-se à expressão:

$$\Delta x \Delta p = \sqrt{\langle p^2 \rangle} \sqrt{\langle x^2 \rangle}.$$

Como se sabe que $\langle p^2 \rangle = \frac{\hbar^2 \pi^2}{a^2}$ e $\langle x^2 \rangle = \frac{a^2}{\pi^2} \frac{\pi^2 - 6}{12}$, chega-se à expressão:

$$\Delta x \Delta p = \sqrt{\langle p^2 \rangle} \sqrt{\langle x^2 \rangle} = \sqrt{\frac{\pi^2 - 6}{12}} \hbar.$$

Portanto, a quarta afirmação é verdadeira.

Assim, a alternativa correta é a alternativa C.

QUESTÃO 14

Embora a radiação eletromagnética proveniente do Sol seja importante para a vida humana em vários aspectos, a exposição exagerada à radiação eletromagnética pode ser danosa, especialmente na faixa da radiação ultravioleta (UV), pois o bombardeamento da pele pelos fótons provenientes dessa radiação pode gerar lesões de intensidades variáveis. Nesse contexto, conclui-se que

- A. a exposição aos raios ultravioletas (UV) vai gradativamente cedendo energia para os tecidos, gerando aquecimento, queimaduras de pele e, até mesmo, câncer.
- B. o UV, absorvido pelas moléculas do tecido, gera excitação eletrônica, provocando mudanças na configuração das moléculas, causando sua quebra ou gerando novas ligações moleculares.
- C. o UV tem energia para gerar vibrações moleculares, que são as responsáveis pela agitação térmica, causando queimaduras e outros danos aos tecidos, inclusive, câncer de pele.
- D. o bombardeamento fotônico de UV pode provocar a fissão dos núcleos atômicos nas moléculas do tecido, alterando a sua configuração e gerando o câncer de pele.
- E. os raios UV são potencialmente danosos por possuírem alto poder de polarização eletrônica (PE), gerando desde vermelhidões na pele (baixa PE) até câncer de pele (alta PE).

* **Gabarito: B.**

* **Tipo de questão: escolha simples com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Diego Santos Teixeira e Professor Doutor Ricardo Meurer Papaleo.**

COMENTÁRIO

A questão trata sobre a interação da radiação ultravioleta (UV) com a pele e as possíveis consequências dessa interação. Para responder a esta questão, o estudante deve lembrar que o ser humano “suporta bem” pequenas doses de radiação ultravioleta, pois o organismo tem a capacidade de regenerar as células danificadas. Com o aumento da incidência de raios ultravioleta, os danos passam a acontecer a uma taxa maior do que a que podem ser reparados, resultando em danos que vão desde a vermelhidão ao câncer de pele.

A alternativa A está incorreta. Apesar dos efeitos biológicos apresentados nessa resposta estarem corretos, a afirmação está incorreta, pois a radiação UV cede energia aos tecidos principalmente na forma de excitação eletrônica. O aquecimento local é pouco significativo na indução de efeitos biológicos por UV.

Diferentemente da alternativa anterior, a alternativa B está correta, pois descreve corretamente o mecanismo físico básico de interação da radiação UV com a matéria (excitação dos orbitais

eletrônicos das moléculas). As excitações eletrônicas (incluindo eventuais ionizações, na qual o elétron é arrancado) perturbam fortemente a estabilidade das moléculas. Há uma grande probabilidade de moléculas excitadas eletronicamente relaxarem seu excesso de energia através do rompimento de ligações químicas e formação de novos compostos (reações fotoquímicas), que subsequentemente podem induzir diferentes tipos de lesões no corpo.

A alternativa C, no entanto, está incorreta. A agitação térmica (aquecimento) não é muito importante na indução de danos por UV (pelo menos nos níveis de intensidade da radiação solar que chega à Terra). A radiação infravermelha, por outro lado, possui, de fato, energia semelhante às das vibrações moleculares.

A alternativa D também está incorreta. A radiação UV não possui energia capaz de provocar a fissão nuclear, uma vez que para ocorrer o processo de fissão do núcleo é necessário tipicamente energia da ordem de megaeletron-volt (MeV) enquanto a radiação UV possui apenas energia da ordem de elétron-volt (eV).

Assim como a anterior, a alternativa E também está incorreta, pois não há relação alguma entre polarização eletrônica e os efeitos biológicos no UV.

Logo, a alternativa correta é a B.

QUESTÃO 15

A descoberta da energia nuclear foi de crucial importância para países em que o potencial hidrelétrico ou termelétrico não acompanhou as demandas crescentes por energia, muito embora a problemática do lixo nuclear e a possibilidade de desastres ainda sejam os principais fatores para a mobilização mundial contra o uso dessa forma de energia. Por outro lado, não é de conhecimento do público geral os mecanismos que geram a alta periculosidade por trás da utilização e descarte do material radiativo usado nas usinas nucleares. A respeito dos riscos do uso e do descarte desse material radiativo, é correto afirmar que

- A. os riscos provenientes do uso da energia nuclear e a presença de seus dejetos decorrem da incapacidade de frear um processo de reação em cadeia.
- B. a fusão nuclear proveniente de uma usina nuclear pode ser minimizada com a utilização de placas de grafite e seus dejetos podem ser controlados com o uso de reservatórios subterrâneos.
- C. os dejetos radiativos provenientes da produção de energia nuclear podem continuar a emitir raios ultravioletas com alto poder de penetração e precisa ser isolado em reservatório subterrâneo.
- D. os dejetos radiativos contaminantes são mais bem isolados quando armazenados em recipientes de chumbo e alocados em altas profundidades devido ao poder de frenagem da água.
- E. os dejetos radiativos não apresentam risco de gerar reação em cadeia, porém podem continuar a emitir alta taxa de partículas radiativas por décadas ou até mesmo séculos, razão pela qual precisam ser isolados adequadamente.

* **Gabarito: E.**

* **Tipo de questão: escolha simples com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Sabrina Isis Brugnartto Dopico, Vítor Freire e Salvador e Professor Mestre Sc. Luciano Denardin de Oliveira.**

COMENTÁRIO

A alternativa A está incorreta. Os riscos provenientes do uso da energia nuclear para a produção de energia elétrica não decorrem da incapacidade de frear processos de reação em cadeia, pois estes são controlados por meio de barras de Boro ou de Cádmio que capturam uma parcela dos nêutrons emitidos nas reações de fissões.

A alternativa B também está incorreta. As usinas nucleares não se utilizam do processo de fusão nuclear para a produção de energia elétrica, e sim do processo de fissão nuclear. Apesar de existirem estudos há várias décadas para se utilizar a fusão nuclear em reatores, ainda não se consegue atingir

uma reação controlada de forma que a quantidade de energia fornecida seja bem menor do que a quantidade de energia produzida pela fusão.

Assim como as anteriores, a alternativa C também está incorreta. Os dejetos radioativos não emitem raios ultravioletas (UV). A radiação proveniente de processos nucleares são raios gama, partículas alfa e partículas beta.

A alternativa D também está incorreta. Os dejetos são radiativos, porém não contaminantes se devidamente encapsulados. No entanto, sempre existe o risco de vazamento e, por consequência, o risco de contaminação das águas do mar e da vida marinha do local afetado. Em 1993, diversas organizações em conjunto com a Organização das Nações Unidas (ONU) criaram medidas para que houvesse a proibição desta prática. Nas usinas nucleares, o primeiro “descarte” é feito em “piscinas” apropriadas (dentro da própria usina) a fim de possibilitar a refrigeração necessária.

A alternativa E é a única correta. Os dejetos radioativos emitem eventualmente nêutrons, por isso não apresentam riscos de gerar uma reação de fissão em cadeia. Estes resíduos emitem radiação durante séculos, provenientes de processos de decaimento que levarão, após milhares de anos, à estabilização dos núcleos. Por isso a necessidade (e a dificuldade) de manter por tanto tempo esses dejetos isolados em ambientes adequados que não prejudiquem o meio ambiente.

QUESTÃO 16

Após uma maré alta que atingiu vários carros parados nas proximidades de uma praia, um grupo de estudantes procurou estudar o fenômeno com o objetivo de estabelecer algumas previsões. Cientes de que o fenômeno é causado pelas forças de atração gravitacional diferenciais da Lua sobre a Terra, os estudantes acompanharam as variações da altura da maré em determinado ponto apenas nos dias de passagem de fase da Lua. A tabela a seguir mostra os valores máximos e mínimos obtidos.

Dia 03 Lua Crescente		Dia 10 Lua Cheia		Dia 17 Lua Minguante		Dia 25 Lua Nova	
02h22min	0,72 m	01h29min	1,26 m	02h22min	0,62 m	02h56min	1,23 m
07h05min	0,96 m	08h21min	0,37 m	07h18min	1,09 m	09h12min	0,21 m
14h05min	0,34 m	14h44min	1,37 m	14h13min	0,45 m	15h17min	1,42 m
19h56min	1,03 m	20h58min	0,44 m	21h15min	1,07 m	22h11min	0,50 m

Ao pesquisar sobre o tema, os estudantes concluíram que a força diferencial gravitacional, obtida pela derivada da equação da força da gravitação universal, é diretamente proporcional à massa do corpo que provoca a maré e inversamente proporcional ao cubo da distância entre os corpos. Eles utilizaram os seguintes dados referentes às massas e às distâncias envolvidas: distância Terra-Lua = $3,8 \times 10^5$ km, distância Sol-Terra = $1,5 \times 10^8$ km, massa do Sol = $2,0 \times 10^{30}$ kg e massa da Lua = $7,3 \times 10^{22}$ kg.

Nesse contexto, avalie as seguintes afirmações feitas pelos estudantes.

- I. As marés de maior amplitude ocorrem nas proximidades das luas cheia e nova, constatação que evidencia a não dependência da atração gravitacional do Sol na ocorrência do fenômeno.
- II. Embora a massa do Sol seja muito maior que a massa da Lua, o fato de ele estar muito mais distante da Terra do que a Lua faz com que a maré provocada por ele tenha 1/10 da maré provocada pela Lua.
- III. Durante o intervalo de tempo de um dia, ocorrem, em um mesmo local, duas marés altas e duas marés baixas, de forma que, quando ocorre a maré alta em dado lugar da Terra, simultaneamente ocorre maré alta no lado da Terra diametralmente oposto.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.

D. II e III, apenas.

E. I, II e III.

* **Gabarito: B.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Marcelo Picoli Lanfredi e Professor Doutor Airton Cabral de Andrade.**

COMENTÁRIO

A afirmação I está incorreta. Embora seja correto que as marés de maior amplitude ocorram nas luas cheia e nova, a deformação da Terra originada pela Lua é maior do que a originada pelo Sol, pois a variação do campo gravitacional da Lua com a distância radial (gradiente do campo) é maior do que a do campo gravitacional do Sol no local onde a Terra se encontra; mas a deformação causada pelo Sol não é desprezível.

A afirmação II, assim como a afirmação I, está incorreta. O enunciado afirma que a “força diferencial gravitacional, obtida pela derivada da equação da força da gravitação universal, é diretamente proporcional à massa do corpo que provoca a maré e inversamente proporcional ao cubo da distância entre os corpos”. Para verificarmos a influência do Sol nas marés da Terra, devemos obter a derivada da equação da força gravitacional e substituir os valores de massa e distância fornecidos na questão.

Sabemos que a Equação da Força Gravitacional é dada por:

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

Sua derivada será

$$\frac{dF}{dr} = \frac{2 \cdot G \cdot M \cdot m}{r^3},$$

Então:

$$dF = \frac{2 \cdot G \cdot M \cdot m}{r^3} dr$$

Agora, podemos comparar as marés produzidas pelo Sol e pela Lua na Terra.

Sendo M_s a massa do Sol, M_L a massa da Lua, r_s a distância Terra-Sol, r_L a massa do Terra-Lua e m a massa da Terra, temos que:

$$\frac{dF_S}{dF_L} = \frac{\frac{2 \cdot G \cdot M_S \cdot m}{r_S^3}}{\frac{2 \cdot G \cdot M_L \cdot m}{r_L^3}}$$

Simplificando a equação:

$$\frac{dF_S}{dF_L} = \frac{M_S}{M_L} \left(\frac{r_L}{r_S} \right)^3.$$

Utilizando os valores fornecidos pelo problema:

$$\frac{dF_S}{dF_L} = \frac{2,0 \cdot 10^{30} \text{ kg}}{7,3 \cdot 10^{22} \text{ kg}} \left(\frac{3,8 \cdot 10^5 \text{ km}}{1,5 \cdot 10^8 \text{ km}} \right)^3 = 0,45.$$

Sendo assim, a influência do Sol não é 1/10 daquela provocada pela Lua.

A afirmação III é a única correta. Analisando a tabela podemos verificar que ocorrem duas marés altas e duas marés baixas no mesmo dia no mesmo local.

Portando, a alternativa correta é a B.

QUESTÃO 17

Pelas leis de Faraday e Ampère, combinadas, é possível transmitir e captar informações entre duas espiras. Um circuito RLC, constituído por uma fonte, um resistor, um solenoide e um capacitor, têm em seu funcionamento os aspectos fundamentais do processo de captação desses sinais.

Esse sistema, circuito RLC, é um oscilador elétrico onde ora a energia magnética armazenada no campo magnético do solenoide é convertida em energia elétrica armazenada no campo elétrico do capacitor, ora ocorre o inverso, com uma frequência natural de oscilação.

Quando o circuito é forçado a oscilar com essa frequência, a resposta acontece em fase com a excitação, como ocorre em qualquer oscilador forçado. Nessas condições, o sistema encontra-se em ressonância.

Observe o circuito representado na figura abaixo.

Considerando que o circuito da figura se encontra em ressonância, avalie as afirmações a seguir.

- I. A frequência da fonte de 100V é de 1000kHz.
- II. Quanto menor o valor da resistência R, maior a resposta do circuito em termos de corrente elétrica, que, nesse caso, tem amplitude igual a 1,25 A.
- III. De acordo com a lei de Ampère, quando o capacitor se descarrega, surge uma força contra-eletromotriz nos terminais do solenoide, que tende a se contrapor à variação da corrente, e a corrente passa a fluir no sentido contrário, de modo a carregar novamente o capacitor.

É correto o que se afirma em

- A. II, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.
- D. I e III, apenas.
- E. I, II e III.

* **Gabarito: C.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Marcelo Picoli Lanfredi e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.**

COMENTÁRIO

A afirmação I está incorreta. Considerando-se que o circuito está em ressonância, conforme enunciado, a frequência da fonte deverá ser igual à frequência natural de oscilação, dada por:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \quad \text{Eq. (1)}$$

ou

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \quad \text{Eq. (2)},$$

nas quais L e C são os valores da indutância do indutor e da capacitância do capacitor, respectivamente. A Eq. (1) fornece a frequência em radianos por segundo (rad/s) e a Eq. (2) em Hertz (Hz).

Sabe-se que a indutância vale $L = 0,1\text{mH}$ a capacitância vale $C = 10\text{nF}$, logo pode-se facilmente encontrar o valor da frequência de ressonância para esse circuito RLC.

Utilizando a Eq. (1), tem-se:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{1 \cdot 10^{-8} \cdot 1 \cdot 10^{-9}}} = 1.000.000 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \text{ ou } 1000 \text{ k} \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right).$$

Portanto a afirmação I é incorreta, pois a frequência de ressonância é 1000 k rad/s e não 1000kHz, como indicado nesta alternativa. Por meio da Eq. (2) percebe-se claramente que será encontrado um valor menor do que 1000 kHz.

A afirmação II, no entanto, está correta. Para o cálculo de amplitude de corrente em circuito que trabalha com tensão alternada, é fundamental o conceito de Impedância (Z) que, em linhas gerais, representa a “oposição” que um circuito elétrico faz à passagem de corrente quando uma tensão é aplicada sobre ele. Matematicamente, o módulo da impedância é dado por:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \quad \text{Eq. (3)},$$

na qual R é a resistência elétrica, ωL é a reatância indutiva e $\frac{1}{\omega C}$ é a reatância capacitiva. Observe-se que as reatâncias são dependentes da frequência ω de oscilação do circuito.

Quando o circuito é forçado a oscilar na frequência natural (circuito em ressonância), a reatância indutiva é numericamente igual à reatância capacitiva e a impedância resultante é puramente resistiva, $Z = R$. A amplitude da corrente é dada por $I = \frac{\varepsilon}{Z}$, onde ε é a tensão do gerador. No caso do circuito ressonante, $I = \frac{\varepsilon}{R}$ Eq. (4).

Substituindo os valores de ε e R fornecidos no enunciado, obtém-se que a corrente tem amplitude de:

$$I = \frac{100V}{80\Omega} = 1,25A.$$

É possível perceber por meio da Eq. (4) que, para uma mesma tensão e , os valores de resistência R e corrente elétrica I são inversamente proporcionais. Sendo assim, quanto menor o valor da resistência, maior será o valor da corrente elétrica.

A afirmação III está incorreta. A lei de Ampère, no eletromagnetismo clássico, permite calcular o campo magnético a partir de uma distribuição de densidade de corrente elétrica J ou de uma corrente elétrica i . A lei na qual a afirmativa refere-se é a de Faraday-Lenz.

Portando, a alternativa correta é a A.

QUESTÃO 18

Varia-se a tensão V aplicada aos terminais de um resistor para se conhecer o comportamento de sua resistência. Simultaneamente à variação da tensão V , mede-se a corrente i que flui através do resistor. Com os valores obtidos, plota-se o gráfico $V \times i$, cujo resultado é uma curva que se aproxima da função $V(i) = C \frac{i}{(i+1)^2}$, para valores positivos de i , em que C é uma constante em unidades adequadas.

Acerca desse resultado, avalie as afirmações a seguir.

- I. A resistência não obedece à lei de Ohm, mas seu valor pode ser conhecido para cada par (V, i) .
- II. Qualquer resistor utilizado em um experimento desse tipo sempre apresentará o comportamento descrito.
- III. Variações de tensão induzem um comportamento não linear em resistores.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.
- D. II e III, apenas.
- E. I, II e III.

* **Gabarito: A.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Diego Santos Teixeira e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.**

COMENTÁRIO

A afirmação I está correta. A função $V(i)$ apresentada no enunciado indica que não se estabelece uma dependência linear entre a tensão e a corrente para esse resistor, portanto ele não obedece à lei de Ohm – para a qual a tensão nos terminais de um resistor varia linearmente com a corrente. Independentemente da classificação do resistor (quanto à lei de Ohm), o valor da sua resistência R pode ser dado pela razão entre a tensão V e a corrente i , portanto, R pode ser conhecida.

A afirmação II, no entanto, está incorreta. O comportamento da tensão em função da corrente descrito no enunciado não se aplica, por exemplo, a resistores que seguem a lei de Ohm, para os quais $V(i) = R \times i$, sendo R o valor constante da resistência.

A afirmação III também está incorreta. Para o resistor deste enunciado, variações de tensão V incorrem em variações de corrente i por meio de uma relação não linear. No entanto, como já comentado, quando se investiga a razão $R = \frac{V}{i}$ para um intervalo de valores de tensão, se as variações de tensão produzem variações proporcionais de corrente, então o comportamento do resistor é linear.

Portanto, a alternativa correta é a A.

QUESTÃO 19

No Brasil, as microcentrais hidrelétricas podem ser uma alternativa viável para comunidades isoladas, onde o denominado Sistema Interligado Nacional (SIN) ainda não atende de forma eficaz à demanda por energia elétrica. Essas centrais de pequeno porte trazem benefícios como a diminuição de perdas de transmissão, redução de investimentos para construção de novas linhas e maior confiabilidade ao sistema. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), uma microcentral hidrelétrica possui potência instalada de até 100 kW e eficiência global da ordem de 50%.

Suponha que esse limite de potência se encaixe na geração de energia elétrica em um curso d'água situado em um pequeno povoado de 150 habitantes. O curso d'água possui um desnível de 9m de altura e vazão média de 600 litros/s, estimada pelo método experimental do flutuador, que utiliza flutuadores (garrafa plástica, boia, etc.) para determinar a velocidade superficial do escoamento e, a partir do produto dessa velocidade pela área da seção transversal por onde ocorre o escoamento, determina-se a vazão.

Considerando as informações acima, a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 e a densidade da água igual a $1\,000 \text{ kg/m}^3$, avalie as afirmações a seguir.

- I. A potência elétrica média gerada pela usina será inferior a 30 kW.
- II. Se a tensão na linha de transmissão for de 69 kV, a energia seria transmitida por essa linha em corrente elétrica de magnitude inferior a 2 A.
- III. Para um consumo *per capita* mensal igual a 120 kWh, seria possível atender com essa geração de energia todo o povoado.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.
- D. II e III, apenas.
- E. I, II e III.

* **Gabarito: E.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Mariana Adam Silveira e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.**

COMENTÁRIO

A afirmação I está correta.

Define-se potência média a quantidade de trabalho realizado em um determinado intervalo de tempo. Quando se quer calcular a potência de uma queda d'água, pode-se utilizar a relação $P = \frac{\rho \cdot V \cdot g \cdot h}{\Delta t}$ na qual ρ é a massa específica da água, V é o volume de água num determinado intervalo de tempo Δt , g é aceleração da gravidade e h a altura do desnível da queda d'água, ou, em outras palavras, $P = \rho g h Q$, pois a vazão (Q) é $\frac{V}{\Delta t}$.

Substituindo-se, então, os valores numéricos fornecidos na questão, tem-se:

$$P = 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 9 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$P = 54000 \text{ W} = 54 \text{ kW}.$$

Esse valor, entretanto, corresponde à potência que seria gerada pela usina, caso não houvesse nenhuma perda. Porém o rendimento (η) da usina é de 50%, logo a potência útil da usina cairá à metade e valerá:

$$P_{\text{útil}} = \eta P$$

$$P_{\text{útil}} = 54 \text{ kW} \times 0,5 = 27 \text{ kW}.$$

Logo, a potência útil da usina será inferior a 30kW.

A afirmação II também está correta. Uma das formas de calcular-se a potência elétrica é por meio de $P = Vi$, na qual V é a tensão e i a corrente. Portanto se a tensão na linha de transmissão for de 69 kV, a corrente elétrica será $i = \frac{P}{V} = \frac{27 \text{ KW}}{69 \text{ KV}} = 0,39 \text{ A}$.

Logo, a corrente na linha de transmissão será inferior a 2A.

A afirmação III, assim como as demais, também está correta. Considerando-se o consumo *per capita* mensal igual a 120kWh e que o povoado tem 150 habitantes, o consumo energético em um mês do povoado será 18.000kWh e a energia útil fornecida pela usina em um intervalo de tempo Δt é $E = P_{\text{útil}} \cdot \Delta t$. Considerando-se um mês com aproximadamente 30 dias, cada dia com 24 horas, e substituindo-se os valores nesta relação, tem-se:

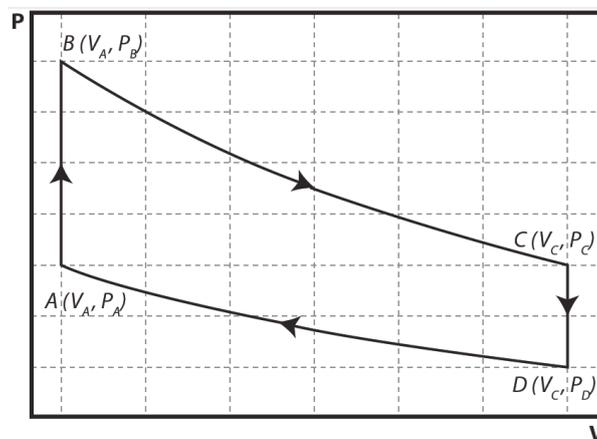
$$E = 27 \text{ kW} \times 30 \times 24 \text{ h} = 19440 \text{ kWh}.$$

Ou seja, a energia fornecida pela usina é suficiente para atender todo o povoado.

Portanto, a alternativa correta é a E.

QUESTÃO 20

O gráfico a seguir apresenta o diagrama PV (pressão-volume) de uma máquina térmica que opera com um gás ideal monoatômico. Os trechos BC e DA representam processos adiabáticos.



Com base no diagrama PV e nas leis da termodinâmica, avalie as afirmações a seguir.

- I. A variação de energia interna no trecho AB é dada por $\Delta E_{int\ AB} = \frac{3}{2} nRT_A \left(\frac{P_B}{P_A} - 1 \right)$, em que n é o número de moles do gás, R é a constante dos gases ideais e T_A é a temperatura no ponto A .
- II. No trecho BC , a variação da energia interna é dada por $\Delta E_{int\ BC} = -W_{BC}$, em que W_{BC} é o trabalho executado pela expansão do gás.
- III. No trecho DA , o trabalho é executado pelo gás, o que produz a variação da energia interna.
- IV. No trecho CD , há aumento de energia interna do gás.
- V. O ciclo $ABCD$ tem variação de energia interna nula.

É correto apenas o que se afirma em

- A. I, II e III.
- B. I, II e V.
- C. I, IV e V.
- D. II, III e IV.
- E. III, IV e V.

- * **Gabarito: B.**
- * **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**
- * **Autores: Mariana Adam Silveira e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.**

COMENTÁRIO

A Primeira Lei da Termodinâmica afirma que somente é possível variar a energia interna ΔE_{int} de um gás (contido em um recipiente fechado) por meio de troca de calor Q e/ou de realização de trabalho W , de tal forma que:

$$\Delta E_{int} = Q - W \quad Eq. (1).$$

A variação da energia interna também poder ser calculada por $\Delta E_{int} = nC_v\Delta T$ Eq. (2), na qual n é a quantidade de matéria, C_v é o calor específico molar a volume constante e ΔT é a variação de temperatura.

A Lei dos Gases Ideais relaciona as grandezas de estado pressão P , volume V e temperatura T tal que:

$$PV = nRT,$$

na qual R a constante universal dos gases ideais.

Considerando que não há mudança na quantidade de matéria, é válida a relação entre as grandezas de dois estados quaisquer:

$$\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_B V_B}{T_B} \quad Eq. (3).$$

Com isso, podem-se avaliar as alternativas.

A afirmação I está correta. O enunciado afirma que a “variação de energia interna no trecho AB é dada por $\Delta E_{int AB} = \frac{3}{2} nRT_A \left(\frac{P_B}{P_A} - 1 \right)$ ”. Como pode ser observado no gráfico dado na questão, o trecho AB corresponde a um processo isocórico, onde ocorre variação de pressão e de temperatura a volume constante. Considerando que $V_A = V_B$, a Eq. (3) resulta em:

$$P_A T_B = P_B T_A.$$

Isolando T_B , obtém-se:

$$T_B = \frac{P_B T_A}{P_A} \quad Eq. (4).$$

Como a máquina trabalha com um gás ideal monoatômico, cujas moléculas apresentam 3 graus de liberdade, então o calor específico molar será $C_V = \frac{3}{2}R$. Logo a Eq. (2) pode ser escrita como:

$$\Delta E_{int AB} = n \frac{3}{2} R (T_B - T_A).$$

Substituindo-se T_B da equação acima, pela relação obtida na Eq. (4), obtém-se:

$$\Delta E_{int AB} = \frac{3}{2} n R \left(\frac{P_B T_A}{P_A} - T_A \right);$$

E, colocando T_A em evidência, tem-se:

$$\Delta E_{int AB} = \frac{3}{2} n R T_A \left(\frac{P_B}{P_A} - 1 \right), \text{ de acordo com o afirmado.}$$

Assim, a afirmação II também está correta. O trecho BC é adiabático e, por consequência, não há trocas de calor. Então, de acordo com a primeira Lei da Termodinâmica, Eq. (1), e considerando que $Q = 0$, a variação da energia interna pode ser expressa como

$$\Delta E_{int BC} = -W_{BC}.$$

A afirmação III, no entanto, está incorreta. No trecho DA, o gás está sendo comprimido e, portanto, está recebendo energia na forma de trabalho. Como esse trecho é adiabático, essa energia que o gás recebe na forma de trabalho fica armazenada, por isso a energia interna aumenta.

A afirmação IV também está incorreta. No trecho CD a pressão diminui enquanto o volume permanece constante. Utilizando a Eq. (3), vê-se que a temperatura também diminui na mesma proporção que a pressão, pois

$$\frac{P_C}{T_C} = \frac{P_D}{T_D}.$$

Como a variação da temperatura nesse trecho CD é negativa, pela Eq. (2) percebe-se que a variação da energia interna também será negativa, isto é, ocorre uma diminuição da energia interna.

A afirmação V está correta. Para qualquer ciclo termodinâmico, a variação da energia interna é nula, pois essa é uma propriedade de estado e, em um ciclo, o gás retorna ao seu estado inicial. Portanto,

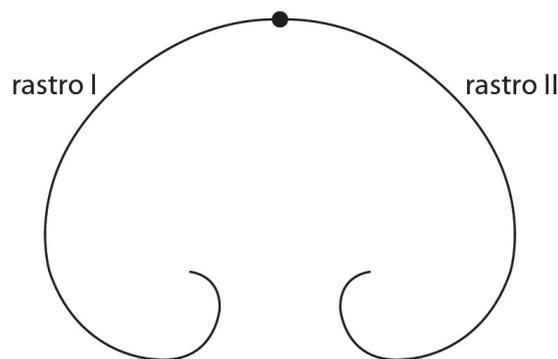
$$\Delta E_{int ABCDA} = 0.$$

Logo, a alternativa correta é a B.

QUESTÃO 21

Para auxiliar seus alunos a reconhecer os padrões que são encontrados na Física de Partículas, um professor lhes apresenta uma imagem que mostra as trajetórias das partículas em uma câmara de bolhas durante o decaimento de um nêutron ($E_0 = 939,6 \text{ MeV}$) livre através da produção de um próton ($E_0 = 938,3 \text{ MeV}$), um elétron ($E_0 = 0,511 \text{ MeV}$) e um antineutrino ($E_0 = 1 \times 10^{-7} \text{ MeV}$), de acordo com a reação $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$.

Na câmara de bolhas, existe um campo magnético uniforme de intensidade $5 \times 10^{-2} \text{ T}$, perpendicular ao plano do papel e no sentido de fora para dentro deste.



O professor comenta que a imagem revela que um nêutron inicialmente em repouso e a ausência de rastros deixados pelo antineutrino na câmara de bolhas. Por fim, solicitando que seus alunos considerem, por simplificação, que o nêutron livre decai produzindo um próton e um elétron, apenas, o professor lhes pediu que fizessem inferências qualitativas e quantitativas a respeito do fenômeno. Considerando que a energia total relativística é dada por $E = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}$, em que p é o momento linear, c é a velocidade da luz, m é a massa, e que $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, em que v é a velocidade da partícula, conclui-se que

- A. o módulo da velocidade do próton gerado no decaimento que, inicialmente, é da ordem $1,27 \times 10^{-3} c$, diminui ao longo de sua trajetória.
- B. o momento linear do elétron gerado no decaimento, cuja trajetória é representada pelo rastro II, é da ordem de $0,897 \text{ MeV}/c$.
- C. o raio inicial da trajetória curvilínea do próton gerado no decaimento, que ocorre no sentido anti-horário, é inferior a 5 cm .
- D. ambas as partículas, elétron e próton, geradas no decaimento, têm velocidades relativísticas.

E. a energia cinética do elétron gerado no decaimento é inferior a 0,5 MeV.

- * **Gabarito: A.**
- * **Tipo de questão: escolha simples com indicação da alternativa correta.**
- * **Autora: Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.**

COMENTÁRIO

Para responder a esta questão, o estudante deve saber que a energia disponível em qualquer decaimento é dada pela diferença entre a energia associada à massa de repouso da partícula original e a soma das energias associadas às massas de repouso das partículas resultantes. Logo, para o decaimento do nêutron livre, a energia disponível é $Q = E_{0n} - E_{0p} - E_{0e}$; portanto vale $Q = 939,6 \text{ MeV} - 938,3 \text{ MeV} - 0,511 \text{ MeV}$, ou seja $Q = 0,789 \text{ MeV}$.

Pela lei da conservação do momento linear, o momento linear inicial do próton e o do elétron apresentarão o mesmo módulo, mesma direção e sentidos contrários (pois o nêutron estava em repouso). Para calcular o momento linear inicial do elétron, p_e , vale-se da aproximação que considera que essa partícula carrega (na forma de energia cinética) toda a energia disponível Q , pois a massa do próton é muito maior do que a massa do elétron. O fato de Q ser da mesma ordem de grandeza do que a energia associada à massa de repouso do elétron, E_{0e} , justifica o uso da relação relativística para a energia total do elétron, dada no enunciado:

$$E_e = \sqrt{p_e^2 c^2 + E_{0e}^2}.$$

Lembrando que a energia total relativística do elétron também pode ser dada por $E_e = E_{0e} + Q$, obtém-se $E_e = 1,30 \text{ MeV}$ e, portanto, tem-se $p_e^2 c^2 = 1,42 \text{ MeV}^2$, ou, ainda, $p_e = 1,19 \text{ MeV}/c$.

Por outro lado, a energia cinética disponível para o próton é bem menor do que a energia associada à massa de repouso do próton, E_{0p} , justificando-se assim o uso da expressão clássica para o momento linear inicial do próton:

$$p_p = 1,19 \frac{\text{MeV}}{c} = m_{0p} v_p = 938,3 \frac{\text{MeV}}{c^2} v_p.$$

Isolando-se v_p , obtém-se que a velocidade do próton é $v_p = 1,27 \cdot 10^{-3} c$.

Posto isso, vamos analisar as alternativas:

A alternativa A está correta. A velocidade inicial do próton é $v_p = 1,27 \cdot 10^{-3} c$, conforme demonstrado. Como o próton está em uma câmara de bolhas, ele perde energia cinética devido às sucessivas interações com as partículas do meio e, portanto, diminui gradativamente sua velocidade.

A alternativa B também está incorreta. O momento linear do elétron é $p_e = 1,19 \frac{\text{MeV}}{c}$, conforme demonstrado, e não $0,867 \frac{\text{MeV}}{c}$. Embora a trajetória do elétron esteja corretamente representada pelo rastro II.

A alternativa C também está incorreta. O rastro I corresponde à trajetória do próton, mas o raio R inicial da trajetória do próton é superior a 5cm, como será demonstrado.

R pode ser calculado igualando-se a força resultante, que é centrípeta, à força magnética sobre essa partícula, de tal forma que $F_C = F_B$, ou $m \frac{v^2}{R} = qvB$. Isolando-se o raio, tem-se $R = \frac{mv}{qB}$. Substituindo-se os valores numéricos nesta relação:

$$R = \frac{938,3 \cdot 10^6 \frac{eV}{c^2} \times 1,27 \cdot 10^{-3} c}{e \cdot 5 \cdot 10^{-2}} = \frac{\frac{938,3 \cdot 10^6 V}{3,00 \cdot \frac{10^8 m}{s}} \times 1,27 \cdot 10^{-3} c}{5 \cdot 10^{-2}} = 0,08m.$$

A alternativa D também está incorreta. Como comentado, somente o elétron tem velocidade relativística, o próton não.

A alternativa E, assim como a anterior, também está incorreta. Como demonstrado, a energia cinética inicial do elétron é 0,789MeV.

QUESTÃO 22

A teoria da relatividade foi apresentada por Albert Einstein, em 1905, na sua forma restrita, aplicada apenas a movimentos não acelerados. Essa teoria propôs mudanças radicais nos conceitos de espaço e tempo e postulou que a velocidade da luz no vácuo seria o limite para todas as velocidades. Alguns anos depois, em 1915, Einstein generalizou sua teoria para incluir os movimentos acelerados. Como consequência, desenvolveu-se uma nova teoria da gravitação, que implicaria a reformulação das ideias sobre gravitação universal estabelecidas por Isaac Newton ao final do século XVII.

A partir do contexto histórico apresentado acima, avalie as afirmações a seguir sobre a Relatividade Geral de Einstein.

- I. A Teoria elucidou fenômenos que a teoria da gravitação newtoniana não explicava, como, por exemplo, os desvios observados na órbita do planeta Mercúrio.
- II. A Teoria previu o desvio na trajetória dos raios luminosos quando esses passassem perto de grandes massas, como o Sol, que era incompatível com a previsão da gravitação Newtoniana.
- III. A Teoria afirmou que o tipo de curvatura do espaço-tempo é determinado pela distribuição de massas e que espaço e tempo eram facetas de uma única grandeza.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. II, apenas.
- C. I e III, apenas.
- D. II e III, apenas.
- E. I, II e III.

* **Gabarito: E.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Nathan Willig Lima e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.**

COMENTÁRIO

O processo de elaboração conceitual e matemática do que veio a ser a chamada Teoria da Relatividade é mais complexo do que o usualmente relatado nos livros-textos, e não se tem a intenção de abordá-lo aqui. A propósito, recomenda-se a leitura do artigo intitulado “O Mito da Relatividade”, do Prof. Délcio Basso (publicado na revista de Divulgação do Museu de Ciência e Tecnologia UBEA/

PUCRS, Porto Alegre, n. 10, p.3-14, out. 2005). As bases dessa teoria já existiam antes de 1905, devidas aos trabalhos de Fitzgerald, Lorentz e Larmor, entre outros.

Em 1905, Einstein apresentou a “sua versão” para a relatividade e, principalmente, generalizou a interpretação da relação massa-energia – a qual já estava disponível no contexto do eletromagnetismo clássico, na correspondência entre densidade de momento e densidade de energia de uma onda eletromagnética (demonstrado no artigo supracitado). Com isso queremos dizer que “o contexto histórico” apresentado nessa questão contribui para o fortalecimento do “mito da relatividade”, desconsiderando a contribuição de diversos cientistas.

Posto isso, vamos analisar as afirmações.

A afirmação I está correta. A precessão do periélio de Mercúrio era um fato conhecido, mas impossível de ser explicada pela Mecânica Clássica pós-newtoniana (ou “teoria da gravitação newtoniana”) pela indisponibilidade dos dados necessários. De acordo com essa teoria, quando se considera que o campo gravitacional do Sol não é radial (devido ao seu achatamento) – e essa assimetria deve ser considerada quando se trata de Mercúrio –, a trajetória do planeta deixa de ser kepleriana, pois a elipse não fecha. Isso era sabido, no entanto não se conhecia (como não se conhece até hoje), com a precisão adequada, o achatamento do Sol para efetuar os cálculos necessários para descrever a órbita de Mercúrio de acordo com a Mecânica Clássica. Observa-se que quando Schwarzschild calculou a órbita de Mercúrio por meio do formalismo da Teoria da Relatividade, desprezou o achatamento do Sol, no entanto, a sua previsão está de acordo com as observações e, portanto, foi considerada uma das primeiras evidências experimentais da Teoria da Relatividade Geral.

A afirmação II também está correta. A comprovação da deflexão dos raios luminosos de uma estrela, por grandes massas, ocorreu pela primeira vez em 1919, por ocasião de um eclipse total do Sol – sendo que uma das duas equipes organizadas para observar o fenômeno estabeleceu-se em Sobral, no Ceará. Os astrônomos constataram alteração da posição das estrelas, cujos raios luminosos passavam próximos do Sol, tal como estava previsto pela Teoria da Relatividade.

A afirmação III, assim como as anteriores, está correta. Na Teoria da Relatividade Geral, espaço e tempo devem ser entendidos como uma única grandeza, estando interligados e sujeitos à deformação causada pela presença de massa.

Logo, a alternativa correta é a letra E.

QUESTÃO 23

Considere que, em uma aula experimental de Física, uma fonte sonora, emitindo um som de frequência igual a 220 Hz, foi colocada perto de uma guitarra de 6 cordas, todas com 60 cm de comprimento. Após desligar a fonte, foi possível perceber que uma das cordas continuava a vibrar no harmônico fundamental.

Na situação descrita, estima-se que a velocidade da onda transversal na corda é de

- A. 66 m/s.
- B. 132 m/s.
- C. 264 m/s.
- D. 792 m/s.
- E. 1 584 m/s.

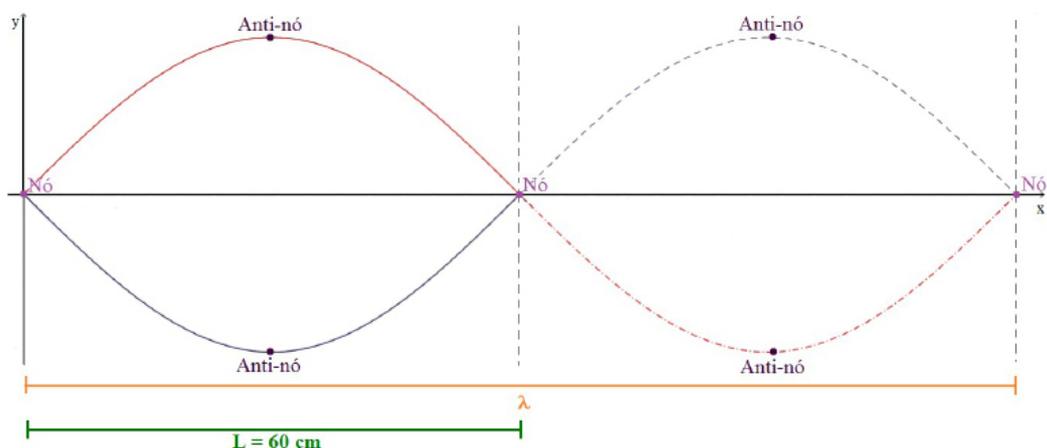
* **Gabarito: C.**

* **Tipo de questão: escolha simples com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Nathan Willig Lima e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.**

COMENTÁRIO

No harmônico fundamental, a corda vibra de acordo com o padrão mostrado na figura a seguir. Observa-se que nas duas extremidades da corda ocorrem nós da onda estacionária e no meio da corda, a onda estacionária apresenta um antinó – oscilação com amplitude máxima.



No harmônico fundamental, o comprimento L da corda é igual à metade do comprimento de onda λ (este último aparece pontilhado na ilustração acima). Como a corda tem 60 cm, então o comprimento de onda terá 120 cm. Lembrando que o produto do comprimento de onda pela frequência f é igual à velocidade de propagação v da onda, tem-se:

$$\lambda f = v$$

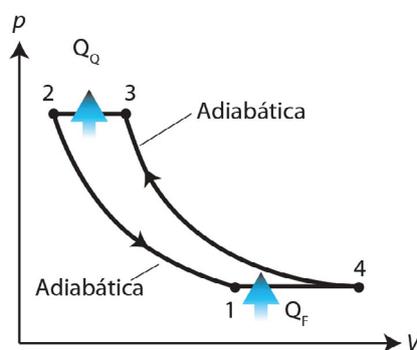
$$1,2 \text{ m } 220 \text{ Hz} = v$$

$$v = 264 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Portanto, a resposta certa é a alternativa C.

QUESTÃO 24

O cotidiano é repleto de máquinas térmicas: automóveis com motor de combustão interna, aparelhos de ar condicionado e refrigeradores. A figura abaixo representa o diagrama pV de uma máquina térmica que opera segundo o ciclo de Brayton.



KNIGHT, R. D. *Física 2: uma abordagem estratégica*.
Porto Alegre: Bookman, 2009. p. 580.

Considerando o diagrama pV representado na figura, avalie as afirmações abaixo.

- I. A área da região delimitada pela curva da figura é igual ao trabalho realizado sobre o gás para extrair calor (Q_F) de um reservatório frio e rejeitar uma quantidade maior de calor (Q_Q) para o reservatório quente.
- II. O gás deve sofrer uma expansão adiabática no processo de 2 para 1 para que sua temperatura fique abaixo da temperatura do reservatório frio.
- III. O gás deve sofrer uma compressão adiabática no processo de 4 para 3 para que sua temperatura fique acima da temperatura do reservatório quente.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. II, apenas.
- C. I e III, apenas.
- D. II e III, apenas.
- E. I, II e III.

- * **Gabarito: E.**
- * **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**
- * **Autores: Mariana Adam Silveira e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.**

COMENTÁRIO

O Ciclo de Brayton é uma sequência idealizada de processos termodinâmicos, utilizado com frequência como modelo para motores de turbinas a gás, nos quais, durante o ciclo, o gás recebe energia na forma de calor e fornece energia na forma de trabalho. O ciclo mostrado no diagrama pV deste enunciado, no entanto, apresenta sentido contrário ao utilizado em motores à combustão, significando que se trata de um trocador de calor, no qual o gás, durante o ciclo, recebe energia na forma de trabalho e fornece energia na forma de calor.

Analisando o diagrama pV , observam-se quatro processos termodinâmicos, a saber: do estado termodinâmico 4 para o 3, o gás sofre uma compressão adiabática. Na prática, essa compressão ocorre rápido o suficiente para que o calor trocado com a vizinhança possa ser considerado nulo. É nesse processo que o gás recebe trabalho de um agente externo. Como o gás está ganhando energia na forma de trabalho e não está perdendo energia na forma de calor, conclui-se, por meio da primeira Lei da termodinâmica, que a energia interna do gás aumentará e, conseqüentemente, também a sua temperatura.

Do estado 3 para o 2, o gás continua sendo comprimido, porém agora o processo ocorre à pressão constante (processo isobárico). O gás entra em contato térmico com o reservatório quente, porém o próprio gás apresenta temperatura maior do que a do reservatório quente e, por isso, perde energia na forma de calor para esse reservatório, Q_q , como ilustrado no diagrama.

Do estado 2 para o 1, o gás expande adiabaticamente. O gás perde energia na forma de trabalho e, como não ganha energia na forma de calor, sua temperatura diminui.

Por fim, de 1 para 4, o gás expande isobaricamente, entrando em contato térmico com o reservatório frio. Porém, o próprio gás apresenta temperatura menor do que a do reservatório frio e, por isso, ganha energia na forma de calor desse reservatório, Q_f , como ilustrado no diagrama.

Analisaremos a seguir as afirmações.

A afirmação I está correta. Em qualquer diagrama pV a área da região delimitada pela curva que representa o ciclo termodinâmico é numericamente igual ao trabalho resultante (no ciclo). Como neste caso o “sentido do ciclo” é anti-horário, significa que o trabalho resultante é negativo, isto é, o gás recebe energia na forma de trabalho de um agente externo. Como em um ciclo, o trabalho resultante é numericamente igual ao calor resultante, então, o calor resultante também será negativo, isto é, a quantidade de calor perdida pelo gás (Q_q) deverá ser maior (em módulo) do que a quantidade de calor recebida pelo gás (Q_f).

A afirmação II também está correta. Na expansão adiabática de 2 para 1, o gás perde energia na forma de trabalho e sua temperatura diminui, ficando abaixo da temperatura do reservatório frio.

A afirmação III, assim como as anteriores, está correta. Na compressão adiabática de 4 para 3, o gás ganha energia na forma de trabalho e aumenta sua temperatura, ficando acima da temperatura do reservatório quente.

Logo, a alternativa correta é a E.

QUESTÃO 25

Em geral, o efeito estufa é entendido como o processo pelo qual parte da energia infravermelha – emitida pela superfície do planeta e absorvida por determinados gases atmosféricos – é irradiada de volta, o que torna a temperatura da superfície da Terra mais elevada do que seria sem a presença da atmosfera. Porém, para a termodinâmica, a transferência de calor via condução e convecção é mais efetiva para o aquecimento da atmosfera e, portanto, a radiação infravermelha emitida pela superfície é capaz de aquecer apenas uma fração dos gases atmosféricos radiativamente ativos.

Considerando os aspectos termodinâmicos, avalie as afirmações a seguir.

- I. A radiação térmica da atmosfera é resultado da sua temperatura e não a causa.
- II. Uma grande quantidade de radiação superior à energia solar absorvida pela superfície do planeta causa aquecimento adicional da Terra.
- III. A radiação infravermelha resultante da temperatura da superfície do planeta não pode induzir aquecimento adicional sobre a sua fonte.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. II, apenas.
- C. I e III, apenas.
- D. II e III, apenas.
- E. I, II e III.

* **Gabarito: C.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Nathan Willig Lima e Professor Doutor João Bernardes da Rocha Filho.**

COMENTÁRIO

A afirmação I está correta. Sabe-se da Lei de Boltzmann que um corpo com certa temperatura emite determinado fluxo de radiação dado por $F = \sigma T^4$, de tal forma que a radiação emitida pela atmosfera é fruto de sua temperatura. A atmosfera é relativamente permeável à radiação luminosa provinda do Sol, sendo pouco aquecida diretamente por ela. Por essa razão as camadas mais baixas da atmosfera, em contato com os mares e o solo, tendem a ser mais quentes, enquanto as camadas

atmosféricas mais externas tendem a ser mais frias. Essas camadas mais baixas são aquecidas pelas superfícies dos mares e continentes.

A água tem cerca de três ou quatro vezes o calor específico dos gases do ar, sendo um reservatório térmico mais eficiente. Por essa razão as regiões costeiras tendem a possuir maior inércia térmica (menor variação diária de temperatura ambiente). As regiões nevadas, por outro lado, tendem a refletir grande parte da radiação recebida do Sol, sendo que parte dessa radiação rejeitada volta para o espaço. Por isso, a radiação térmica emitida pela atmosfera é consequência de sua temperatura, e não o contrário.

A afirmação II está incorreta. Toda radiação ou é absorvida ou é espalhada ou é refletida. Radiação adicional, além daquela que é absorvida, refletida ou transmitida não existe. Além do mais, de onde viria essa radiação extra? Sem a proposição de um evento altamente improvável, à Terra resta apenas um reservatório térmico interno – seu núcleo de ferro e seus minerais radioativos –, mas essas fontes de energia térmica são desprezíveis quando comparadas à luz recebida do Sol. A depender delas, a Terra seria um planeta congelado.

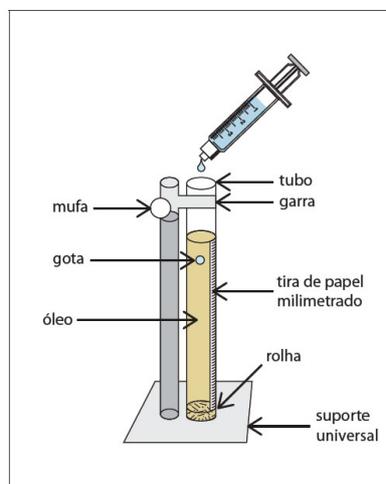
A afirmação III está correta. A radiação infravermelha emitida pela Terra é fruto de sua temperatura. Se não houvesse atmosfera, a emissão de radiação contribuiria para o resfriamento do planeta. A presença de atmosfera (ou o efeito estufa) não faz com que o planeta fique mais quente, apenas impede o seu resfriamento.

Em acréscimo, seria um absurdo e violaria a lei de conservação de energia se o corpo aquecido (a Terra), por intermédio de suas próprias emissões de radiação infravermelha, pudesse causar aquecimento extra em si mesmo, exceto se ela própria se tornasse um Sol.

Logo, a alternativa correta é a C.

QUESTÃO DISCURSIVA 05 (LICENCIATURA)

Um professor de Física da Educação Básica decide utilizar o aparato abaixo indicado para desenvolver uma atividade didática baseada em experimento didático-científico. O assunto a ser tratado é o movimento uniforme. Para tanto, ele estabelece um roteiro, mediante o qual os alunos são orientados a seguir uma série de passos/itens. Inicialmente, os alunos devem lançar pequenas gotas de água na parte aberta do tubo contendo óleo; a seguir devem escolher uma das gotas e realizar medidas do espaço percorrido por ela, bem como do tempo decorrido para isso. Com base nessas medidas, os alunos devem calcular a velocidade média da gota no trecho de descida considerado. Essa sequência deve ser repetida algumas vezes para que estejam treinados a operar apropriadamente o conjunto e, assim, obter gotas adequadas ao experimento, bem como realizar as medidas necessárias. Uma vez atingido esse ponto do treinamento, os alunos devem ser orientados a repetir 10 vezes a experimentação, com gotas equivalentes, restringindo as observações e as medidas aos trechos das descidas em que as gotas realizam movimento uniforme.



Analisando a situação apresentada acima, e tendo por base as precauções e as proposições atuais discutidas e registradas no âmbito da Pesquisa em Educação em Ciências, bem como em Ensino de Física, redija um texto dissertativo contendo uma crítica sobre a forma de utilização do experimento adotado pelo professor e uma sugestão de alternativa de procedimento.

(valor: 10,0 pontos).

- * **Tipo de questão:** discursiva.
- * **Autor:** Professor Doutor João Bernardes da Rocha Filho.

COMENTÁRIO

Em primeiro lugar, é preciso enaltecer o uso da experimentação didática por parte de professores de física do ensino médio, pois não são muitos os que se dedicam a este empreendimento. Além disso, qualquer experimentação é, provavelmente, melhor do que nenhuma. Essa afirmação pode suscitar estranheza, mas é preciso considerar que por mais que o professor se equivoque na proposição da atividade, conduzindo-a de modo inapropriado, pelo menos restará nos estudantes a noção correta de que a física é uma ciência experimental. Isso é um ganho – mesmo que possa ser considerado pequeno frente ao que se espera do ensino de física –, mas não ocorreria sem a proposição da atividade experimental.

Quanto ao caso em questão, pode-se criticar o método roteirizado e aparentemente acrítico com que a experimentação foi proposta, porque essa estrutura rígida de condução do experimento – especialmente no que tange ao número de repetições – favorece a que os estudantes simplesmente sigam instruções de forma mecânica, sem refletir criticamente sobre suas ações, o que pode resultar em um aprendizado frágil.

Uma alternativa para evitar a realização mecânica do experimento, criando condições para que os estudantes se envolvam intelectualmente com a atividade, é fazer uma opção pela investigação – bem mais em acordo com as propostas atuais da área de ensino de ciências. Utilizando os mesmos materiais originalmente disponíveis nesse experimento, é possível propor uma atividade mais aberta, que vincule a busca pelo significado do conceito de velocidade média da gota descendente à proposição, individual ou em pequenos grupos, de uma estratégia para medição.

Com os estudantes sendo responsáveis por buscar um conceito de velocidade média, propor e realizar um experimento para medição dessa grandeza, haverá, possivelmente, uma probabilidade maior de que o processo adquira significado para mais estudantes, levando a uma maior e mais disseminada aprendizagem. Essa estratégia também pode ser melhorada se for encaminhada pelo professor como parte de uma situação pública, na qual os estudantes apresentem seus desenvolvimentos aos colegas de turma, coletivizando a cultura científica e favorecendo o surgimento de argumentações e contra-argumentações.

Obs.: este comentário faz parte de uma discussão mais ampla, que inclui o vídeo *Estudo do Movimento Retilíneo Uniforme e análise da questão discursiva 5 – Enade Física 2014*, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=clrORgzvur8>>, produzido por Fernando Thomé.

QUESTÃO 26 (LICENCIATURA)

Nas escolas públicas de educação básica, é frequente que conteúdos, sobretudo do campo conceitual da Física, sejam indicados na Programação Curricular Anual (PCA) ou Proposta Pedagógico-Curricular (PPC) da escola, mas que não sejam trabalhados no período letivo correspondente. Um dos argumentos mais recorrentes é “falta de tempo” para ensiná-los. Como essa situação é bastante comum, urge a necessidade de se discutir e de se especificar melhor as bases de uma PCA (ou PPC) que possa ser efetivamente orientadora de todo o desenvolvimento das aulas de Física, considerando-se os aspectos mais relevantes da comunidade escolar.

Com relação a essa questão, as atuais Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM) orientam, em seu art. 5º, incisos VI e VII, para um processo de ensino-aprendizagem que considere:

- * **A integração de conhecimentos gerais e, quando for o caso, técnico-profissionais realizada na perspectiva da interdisciplinaridade e da contextualização;**
- * **A integração entre educação e as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura como base da proposta e do desenvolvimento curricular.**

Considerando as orientações apontadas no texto acima e a necessidade da PCA (ou PPC) ser efetivamente um instrumento orientador do trabalho docente, avalie as afirmações a seguir.

- I. O projeto Político-Pedagógico deve proporcionar subsídios ao professor para a elaboração de uma PCA (ou PPC) que reflita a realidade escolar e que seja realizável no âmbito do calendário escolar.
- II. Uma forma adequada de enfrentar a situação apresentada é discutir a relevância dos conteúdos conceituais a serem ensinados a partir das tendências e indicações programáticas para a disciplina, principalmente, oriundas dos exames vestibulares e das avaliações externas.
- III. Uma concepção que compreenda a construção do conhecimento científico como um processo infalível, que ocorre de forma linear, sem rupturas, cumulativa e, principalmente, embasada em descobertas experimentais, possibilita melhor integração entre educação escolar e o ensino das ciências.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. II, apenas.
- C. I e III, apenas.

D. II e III, apenas.

E. I, II e III.

* **Gabarito: A.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autor: Professor Doutor João Batista Siqueira Harres.**

COMENTÁRIO

Essa é uma questão daquelas que exigem um pouco de conhecimento associado a um pouco de bom senso para serem respondidas corretamente. Nesse tipo de questão também é importante verificar se há correspondência das afirmações com o que se discute no enunciado, pois pode ocorrer de uma afirmação não ser necessariamente incorreta, porém estar desconectada dos pressupostos da questão, devendo, portanto, ser considerada errada.

Pode-se considerar a afirmação I como sendo correta, com base no que foi exposto no enunciado e no que se sabe da relação entre o Projeto Político-Pedagógico das escolas e as programações de ação, como o PCA ou o PPC, que guiam o professor mais objetivamente no encaminhamento de suas ações pedagógicas e didáticas.

Já a afirmação II não pode ser considerada correta, pois “as tendências e indicações programáticas para a disciplina, principalmente, oriundas dos exames vestibulares e das avaliações externas” não devem balizar a seleção de conteúdos nas escolas. Isso é sabido *a priori*, e tem sido discutido na área do ensino de física, na medida em que há instituições de ensino médio que têm direcionado seus conteúdos e métodos com vistas a que seus alunos obtenham bons resultados no Enem, quando não é essa a função prevista institucionalmente para esse exame. Além disso, esta é uma afirmação que se desvia sutilmente da discussão apresentada no enunciado, recaindo parcialmente na desconexão sobre a qual alertamos.

Quanto à afirmação III, podemos dizer que está equivocada, em primeiro lugar porque a concepção de ciência como sendo de desenvolvimento linear e cumulativo, infalível e baseada em descobertas experimentais foi amplamente superada na atualidade. Hoje se entende a ciência como uma construção humana, sujeita a erros e cuja evolução depende de revoluções periódicas. Como os pressupostos dessa afirmação são claramente falsos, não se pode dizer que eles seriam favoráveis à “integração entre educação escolar e o ensino das ciências”, o que torna equivocada também a segunda parte da afirmação.

Logo, a alternativa correta é a A.

QUESTÃO 27 (LICENCIATURA)

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) têm apontado, em decorrência das exigências atuais da vida contemporânea, para a importância da inserção de elementos de História e Filosofia da Ciência nas aulas de Física do Ensino Médio. Segundo esse documento, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado.

Com base nessas orientações, avalie as afirmações a seguir sobre uma programação curricular para o ensino de Física embasado na perspectiva de contextualização histórico-filosófica.

- I. Essa programação deve propiciar aos estudantes o reconhecimento da Física como uma construção humana e o estabelecimento de suas relações com os contextos cultural, social, político e econômico de sua produção.
- II. Essa programação deve orientar os professores a apresentarem o conhecimento físico estabelecido como fruto do trabalho de cientistas, elaborado a partir de observações e experimentações.
- III. Essa programação deve possibilitar que os estudantes tenham uma melhor compreensão de aspectos como falibilidade dos cientistas e a construção do conhecimento físico, de forma não linear e não neutra.

É correto o que se afirma em

- A. II, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.
- D. I e III, apenas.
- E. I, II e III.

* **Gabarito: D.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Ariel Gonçalves Marcelino e Professor Doutor João Bernardes da Rocha Filho.**

COMENTÁRIO

Os pressupostos da questão são coerentes com a percepção dos autores contemporâneos da área de ensino e com o proposto nos PCN, que, no item Competências Gerais III.1 (BRASIL, 2012,

p. 14), afirma que a Física deve ser ensinada de forma que o estudante consiga “compreender o conhecimento científico e tecnológico como resultado de uma construção humana, incluídos em um processo histórico e social”.

Dessa forma, a afirmação I pode ser considerada correta, pois foi redigida de modo coerente com o tratado no enunciado da questão e com as prescrições dos PCN (ibidem), simplesmente reforçando a ideia de que a física deve ser ensinada como uma construção humana e de que o currículo deve refletir as inserções e influências do contexto no desenvolvimento do conhecimento científico.

A afirmação II, por sua vez, está errada, contendo três equívocos. Em primeiro lugar, os PCN não propõem que os professores apresentem o conhecimento físico. Nos PCN (ibidem) para o Ensino Médio, na página 7, lê-se o seguinte:

o aprendizado não deve ser centrado na interação individual de alunos com materiais instrucionais, nem se resumir à exposição de alunos ao discurso professoral, mas se realizar pela participação ativa de cada um e do coletivo educacional numa prática de elaboração cultural.

Isso significa que a noção exposta na afirmação II de que os professores devem apresentar o conhecimento físico aos estudantes já constitui, em si, um desvio em relação às proposições dos PCN (ibidem).

Ainda em relação à afirmação II, essa contém um segundo equívoco. Mais especificamente, a afirmação de que os professores devem apresentar o conhecimento físico como uma criação de cientistas. O cientista é, antes de tudo, uma pessoa e não pertence a uma classe não humana de excêntricos ou gênios, e o conhecimento científico inclui informações que provêm de muitas pessoas, inclusive de não cientistas. Afirmações que associam exclusivamente a ciência aos cientistas, ignorando o conhecimento presente no cotidiano ou nas tradições culturais podem, por exemplo, “[...] reforçar uma visão distorcida do cientista e da atividade científica, a exemplo do alquimista, que foi visto como feiticeiro, mágico e não como pensador, partícipe da visão de mundo de sua época” (BRASIL, 2012, p. 30).

Em terceiro lugar, é discutível a ideia apresentada na afirmação II de que a ciência é elaborada a partir de observações e experimentações, pois isso ignora a influência decisiva dos debates, das tendências, das concepções, dos *insights*, dos acasos e dos posicionamentos *a priori* dos pesquisadores. Essa ideia equivocada contraria, também, um fato que se tornou preponderante na ciência contemporânea, que é o de as teorias precederem as observações, algumas vezes por várias décadas, como ocorreu recentemente com o bóson de Higgs. Por tudo isso, a afirmação II deve ser considerada errada, no contexto da questão.

Já a afirmação III pode ser considerada correta e se refere ao compromisso curricular do ensino de física de incluir a noção de falibilidade humana dos cientistas, assim como da não linearidade e não neutralidade do conhecimento. O reconhecimento da falibilidade é decorrência da humanização da percepção do cientista e a não linearidade pode ser vista nos (BRASIL, 2012, p. 13) quando afirma que se deve “compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas [...]”.

A ruptura de paradigmas, como proposto por Thomas Kuhn (2011), é uma não linearidade típica do desenvolvimento científico. Já a não neutralidade decorre de que “a ciência deve ser percebida como uma criação do intelecto humano e, como qualquer atividade humana, também submetida a avaliações de natureza ética” (BRASIL, 2012, p. 32). A afirmação III, assim, deve ser considerada correta, no contexto da questão.

Logo, a alternativa correta é a D.

REFERÊNCIAS

1. BRASIL. **PCN Ensino Médio**. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais FÍSICA. Conselho Nacional de Educação CNE. Ministério da Educação e Cultura MEC. Câmara da Educação Básica CEB. Brasília, 2012.
2. KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva, 2011.

QUESTÃO 28 (LICENCIATURA)

O lixo eletrônico é produzido pelos descartes de equipamentos ultrapassados (televisores, rádios e celulares com tecnologia analógica, por exemplo) ao serem substituídos por tecnologias digitais como televisores de plasma, de LCD (*Liquid Crystal Display*) ou de LED (*Light Emitting Diode*), mas também por *smartphones*, *tablets* ou celulares de modo geral.

Para realizar uma prática educativa que desenvolva uma proposta onde a organização didático-curricular possibilite uma articulação entre os sujeitos que adquirem esses produtos eletrônicos e as empresas responsáveis por produzi-los, deve-se considerar as orientações das Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM).

Em relação à prática educativa a ser desenvolvida, avalie as afirmações a seguir.

- I. O embasamento teórico-metodológico da proposta deverá privilegiar o envolvimento dos sujeitos de forma crítica e participativa e com articulação entre eles e as empresas fabricantes dos produtos a serem descartados.
- II. Um modo de socializar e difundir as informações e que pode auxiliar a ação educativa é o uso de *blogs* e redes sociais que promovam discussões, divulguem o problema, tragam informações pertinentes que levem à ação como, por exemplo, os locais de coleta de lixo eletrônico.
- III. Introduzir, nos programas escolares, noções e conceitos associados às tecnologias que instrumentalizem o cidadão para fazer um julgamento crítico mais fundamentado sobre o descarte dos produtos da tecnologia.

É correto o que se afirma em

- A. II, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.
- D. I e III, apenas.
- E. I, II e III.

* **Gabarito: E.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Sabrina Isis Brugnartotto Dopico e Professor Doutor João Bernardes da Rocha Filho.**

COMENTÁRIO

Esta é uma questão que se relaciona a diversas orientações das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Básico (BRASIL, 2013). O núcleo da questão é a avaliação da correção de afirmações sobre uma prática educativa dirigida à formação para proteção do meio ambiente ou, mais amplamente, para a sustentabilidade. O tema é tão caro às Diretrizes que este documento chega a, inclusive, na parte afeta ao Ensino Médio, ter um capítulo exclusivo (cap. 5.5), denominado “Sustentabilidade ambiental como meta universal”.

As Diretrizes sugerem que a educação “[...] não somente possibilita o acesso a conhecimentos científicos, mas também promove a reflexão crítica sobre os padrões culturais [...]” (ibidem, p. 162) e que

a relação entre teoria e prática se impõe, assim, não apenas como princípio metodológico inerente ao ato de planejar as ações, mas, fundamentalmente, como princípio epistemológico, isto é, princípio orientador do modo como se compreende a ação humana de conhecer uma determinada realidade e intervir sobre ela no sentido de transformá-la (ibidem, p. 162).

Além disso, as Diretrizes enfatizam o trabalho e a pesquisa como princípios pedagógicos e educativos (ibidem, p. 162 -163).

Desse modo, a afirmação I pode ser considerada correta, pois a prática educativa deve estimular e aperfeiçoar a criticidade e a intervenção participativa na realidade, que impele os estudantes à pesquisa e favorece que eles se aproximem do mundo do trabalho, articulando-se às empresas, na busca de soluções para o problema do descarte do lixo eletrônico.

A afirmação II, por sua vez, também pode ser considerada correta, pois as Diretrizes incentivam a produção e o uso de mídias e o protagonismo dos estudantes nas transformações das comunidades escolar e mais ampla das quais participam. Sobre isso, as Diretrizes incentivam que: a) o Projeto Político-Pedagógico das escolas de Ensino Médio e, portanto, suas práticas educativas e organização didático-curricular devem contemplar a “utilização de diferentes mídias como processo de dinamização dos ambientes de aprendizagem e construção de novos saberes” (ibidem, p. 178); b) a “produção de mídias nas escolas a partir da promoção de atividades que favoreçam as habilidades de leitura e análise do papel cultural, político e econômico dos meios de comunicação na sociedade” (ibidem, p. 179); e c) a “participação social e protagonismo dos estudantes, como agentes de transformação de suas unidades escolares e de suas comunidades” (ibidem, p. 179).

Por fim, a afirmação III também pode ser considerada correta, pois as Diretrizes defendem uma formação integral, que promova “[...] a reflexão crítica sobre os padrões culturais que se constituem normas de conduta de um grupo social [...]” (ibidem, p. 162) e “[...] que possibilita a tomada de decisões transformadoras a partir do meio ambiente no qual as pessoas se inserem, em um processo educacional que supera a dissociação sociedade/natureza [...]” (ibidem, p. 166). É necessário que a prática educativa induza à apropriação de conhecimentos capazes de fundamentar a crítica sobre a sustentabilidade.

Portanto, a alternativa correta é a E.

REFERÊNCIA

1. BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Brasília: MEC-SEB-DICEI, 2013. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 05 ago. 2016.

QUESTÃO 29 (LICENCIATURA)

No ensino de Física, as tecnologias de informação e comunicação (TICs) têm sido muito utilizadas com o intuito de promover a aprendizagem. Ao usar simulações computacionais, o estudante é colocado diante de situações e cenários que modelam um aspecto da realidade, permitindo modificar parâmetros, executar o modelo e observar resultados.

Nesse contexto, avalie as afirmações a seguir.

- I. A utilização de simulações pelos alunos permite que eles levantem e testem hipóteses, explorando os limites dos modelos físicos.
- II. O processo ensino-aprendizagem ganha novos contornos com a utilização das simulações, se elas forem incorporadas à atividade docente como uma estratégia didática.
- III. A simulação pode dar significado a objetos abstratos, ou seja, torná-los reais, constituindo-se como recurso sem limitações, uma vez que é a representação real e completa de um fenômeno.
- IV. A utilização das simulações como recurso didático cria expectativas no campo do ensino de Física, porque elas têm o potencial de transformar a escola atual, em razão do seu potencial de substituir as atividades de laboratório.

É correto apenas o que se afirma em

- A. I.
- B. IV.
- C. I e II.
- D. II e III.
- E. III e IV.

* **Gabarito: C.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Luan Zaleski Pinto e Professor Doutor João Batista Siqueira Harres.**

COMENTÁRIO

A afirmação I está correta, pois a simulação de fenômenos físicos por meio de TICs, para efeitos educacionais, permite que o estudante explore determinado fato modelado computacionalmente, modificando parâmetros e observando os resultados previstos pelo modelo teórico atual, obtendo rapidamente uma visão ampla do fato investigado. Entre os benefícios do uso de simulações no

ensino de física, estão a possibilidade de exploração de fenômenos que não poderiam ser realizados experimentalmente na escola, pois demandariam equipamentos ultrassofisticados, e a possibilidade de o estudante alterar variáveis com facilidade, observando situações-limite, também dificilmente realizáveis de forma experimental.

A afirmação II também pode ser considerada correta, porém há um equívoco em sua redação. Ela está correta porque não há dúvida de que a realização de simulações, incorporadas a um processo de ensino que as mesclam adequadamente a outras atividades intelectuais e experimentais é uma poderosa ferramenta no processo educacional em física. O equívoco nessa afirmação envolve a expressão “o processo ensino-aprendizagem”, pois os autores da área do ensino de física há muito reconheceram esses dois processos como separados e relativamente independentes. Pode-se ensinar sem que ninguém aprenda, e pode-se aprender sem que ninguém ensine, e os processos de ensinar e os de aprender envolvem ações distintas, inclusive ocorrendo em diferentes personagens e tempos. No máximo, pode-se almejar que ocorram de modo emparelhado e simultâneo, o que ocorreria somente em uma situação educacional idealizada.

A afirmação III está errada. Apesar de que realmente uma “simulação pode dar significados a objetos abstratos”, a parte final contém equívocos quando afirma que a simulação teria a capacidade de tornar reais esses objetos abstratos. Ocorre que, rigorosamente, o real é sempre infinitamente complexo, impossível de ser alcançado por um modelo, e a física, sendo uma ciência experimental, constitui hipóteses, modelos e teorias que tentam representar a realidade complexa, o que somente é possível fazendo-se uma série de simplificações. Disso decorre que os modelos computacionais não lidam com o real, mas com uma aproximação de validade limitada, e não ilimitada, como foi dito na afirmação.

A afirmação IV também está errada porque não há meios de se abdicar do uso de atividades de laboratório no ensino de física sem que haja prejuízos para a aprendizagem, independentemente de se utilizar simulações. De fato, a física é uma ciência experimental e também se refere aos fenômenos complexos que ocorrem no cotidiano dos estudantes, devendo ajudá-los a entender esses fenômenos, o que pode ser feito diretamente pela experimentação. As abordagens que o ensino de física dá aos conteúdos são complementares e circunstancialmente úteis, conforme os interesses e as possibilidades de cada situação educacional, entretanto, partindo-se do pressuposto de que a física é uma ciência experimental, a última abordagem que poderia ser substituída seria justamente a experimentação.

Portanto, a resposta correta é a alternativa C.

QUESTÃO 30 (LICENCIATURA)

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei n.º. 9.394/96) em seu artigo 9º, inciso VI, estabelece que cabe à União “assegurar processo nacional de avaliação do rendimento escolar no ensino fundamental, médio e superior, em colaboração com os sistemas de ensino, objetivando a definição de prioridades e a melhoria da qualidade do ensino”.

BRASIL. Ministério da Educação. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei n. 9.394/96. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 10 jul. 2014 (adaptado).

Desde a promulgação da LDB, a realização de avaliações externas tem sido uma característica marcante da política educacional brasileira. Essas avaliações não se limitam a avaliar o desempenho dos alunos, mas buscam uma medida do desenvolvimento de competências fundamentais ao exercício da cidadania.

Considerando o desenvolvimento de competências em Física, avalie as afirmações a seguir.

- I. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN), são apresentadas três grandes competências a serem desenvolvidas em Física: Investigação e Compreensão; Representação e Comunicação; Contextualização Sociocultural.
- II. No ensino por competências, as competências gerais norteiam tanto as escolhas didáticas e pedagógicas quanto a escolha dos conteúdos.
- III. A abordagem dos conteúdos é indispensável ao ensino voltado ao desenvolvimento de competências, uma vez que essas somente podem ser desenvolvidas em torno de assuntos e problemas concretos, que se referem a temas e conteúdos estudados.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.
- D. II e III, apenas.
- E. I, II e III.

* **Gabarito: E.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Willian de Campos Vieira e Professor Mestre Sc. Luciano Denardin de Oliveira.**

COMENTÁRIO

A LDB é a principal lei que rege o sistema educacional brasileiro, em que são abordados os aspectos como a vinculação da educação com o mundo do trabalho e outras práticas sociais, os padrões mínimos de qualidade do ensino, definindo as obrigações dos sistemas federais, estaduais e municipais para com o ensino, uma relação entre o número de alunos e professores, a carga horária dos professores e as condições materiais fornecidas (CARNEIRO, 1998). Os PCNs

fazem referência explícita às disciplinas, vinculadas às três áreas do conhecimento, propondo, entretanto, uma visão integradora das disciplinas, de modo a se reconhecer a relação entre aquelas de uma mesma área e entre as de áreas diversas. Apresenta, também, os objetivos específicos de cada área do conhecimento reunidos em torno de competências gerais (BRASIL, 2006 p. 16).

Com base na LDB, a questão envolve três afirmações a serem julgadas.

A afirmação I está correta, pois cita literalmente as três grandes competências que constam nos PCN, no que se refere ao ensino de Física. Investigação e Compreensão é a capacidade de desenvolver e de questionar processos naturais e tecnológicos, bem como identificar regularidades, lidar com grandezas e aplicações de conceitos Físicos. Representação e Comunicação é a capacidade de ler e interpretar textos de caráter científico e expressar-se oralmente de forma clara, sabendo interpretar notícias científicas e ser capaz de transitar entre as linguagens matemática e discursiva. A Contextualização Sociocultural implica o reconhecimento da Física como construção humana, no seu papel no sistema produtivo, na importância da capacidade de compreensão e utilização da Ciência, em especial nas situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos (BRASIL, 2006).

A afirmação II também está correta, pois as competências gerais estabelecidas pelos PCNs norteiam as questões didáticas e pedagógicas, bem como as escolhas dos conteúdos, já que consideram o fato de que os alunos precisam utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas físicas, relacionando as ordens de uma mesma grandeza física, fazendo traduções entre elas. Também precisam ler e interpretar corretamente gráficos, tabelas e diagramas que apresentam dados físicos relevantes no seu dia a dia, como os presentes em esquemas elétricos básicos, medidores de água e de luz e manuais técnicos, como o manual de instalação de um equipamento (BRASIL, 1998).

A afirmação III também está correta, uma vez que o ensino deve ser desenvolvido a partir de uma abordagem contextualizada, mensurável e observável para um melhor entendimento do aluno (BRASIL, 2006). A prática docente deve oportunizar que o aluno exponha suas opiniões em relação às situações concretas que permeiam os fenômenos físicos ou tecnológicos relevantes, sendo capaz de identificar fontes, processos envolvidos e os seus efeitos (BRASIL, 2006; BRASIL, 1998). Segundo (BRASIL, 2006 p. 46)

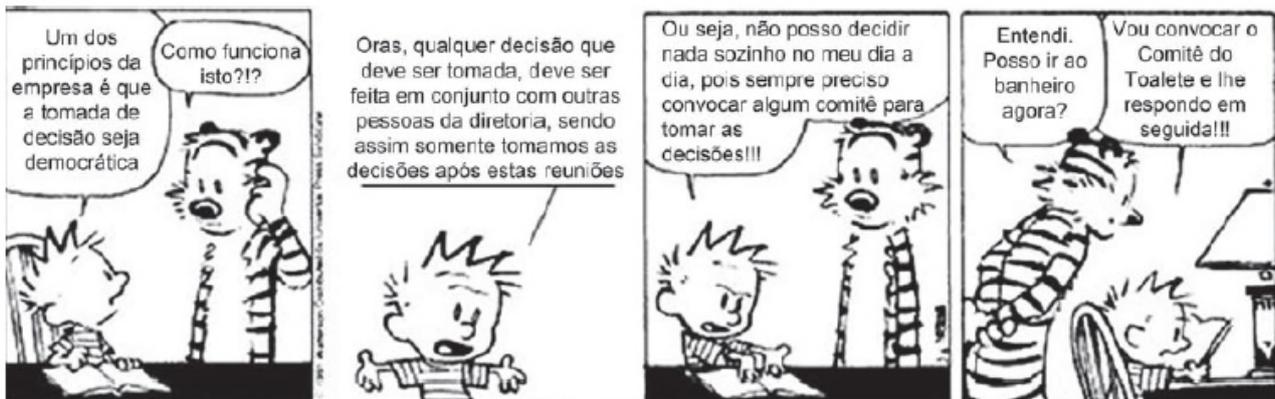
Devem-se assumir também as práticas como referências e formas de articular teoria e prática, pois, além das pesquisas científicas, fundamentais ou aplicadas, também as práticas domésticas, industriais, ideológicas, políticas e tecnológicas, bem como suas funções sociais, devem servir às escolhas didáticas. Busca-se proporcionar aos alunos a aquisição de elementos de compreensão e/ou manuseio de aparatos tecnológicos, de máquinas e dos processos de produção industrial e outras atividades profissionais. Essa pode ser uma forma de se entender a preparação para o trabalho da qual trata a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional/1996 e as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio.

Sendo assim, a alternativa correta é a E.

REFERÊNCIAS

1. BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Secretaria de Educação Básica. Orientações curriculares para o ensino médio. Brasília: 2006. v. 2.
2. BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio (Parte III)**. Brasília: MEC, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2016.
3. CARNEIRO, Moacir Alves. **LDB fácil: leitura crítico-compreensiva: artigo a artigo**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1998.

QUESTÃO 31 (LICENCIATURA)



WATERSON, C. Haroldo e seus amigos, 1988 (adaptado).

A gestão democrática pode ser definida como um processo político no qual as pessoas que atuam na e sobre a escola identificam problemas, discutem, deliberam, planejam, encaminham, acompanham, controlam e avaliam o conjunto das ações voltadas ao desenvolvimento da própria escola, na busca da solução daqueles problemas. Esse processo, sustentado no diálogo, na alteridade e o reconhecimento das especificidades técnicas das diversas funções presentes na escola, tem como base a participação efetiva de todos os segmentos da comunidade escolar, o respeito às normas coletivamente construídas para os processos de tomada de decisões e a garantia de amplo acesso às informações aos sujeitos da escola.

SOUZA, A. R. Explorando e construindo um conceito de gestão escolar democrática. *Educação em Revista*, Belo Horizonte, v. 25, n. 03, dez. 2009, p. 125-126 (adaptado).

Com base nos textos apresentados, conclui-se que a gestão democrática da educação

- I. implica colocar as instituições a serviço da formação qualificada dos estudantes, tendo a participação como prática cotidiana de todos os envolvidos.
- II. propicia a criação de uma cultura institucional crítico-reflexiva, cujos envolvidos tenham discernimento em relação aos conteúdos que necessitam ou não para tomarem decisões sempre coletivas.
- III. pressupõe a existência de líderes capazes de orientar pessoas para o desenvolvimento de ações que visem ao cumprimento de objetivos definidos por eles.
- IV. efetiva-se pelo processo de construção coletiva do projeto pedagógico e de seu

acompanhamento e avaliação.

É correto apenas o que se afirma em

- A. I e II.
- B. I e III.
- C. III e IV.
- D. I, II e IV.
- E. II, III e IV.

- * **Gabarito: D.**
- * **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**
- * **Autores: Sabrina Isis Dopico, Vítor Freire e Salvador e Professor Mestre Sc. Luciano Denardin de Oliveira.**

COMENTÁRIO

Para começarmos a resolução da questão que trata da junção das ideias expostas nas tirinhas e no texto, primeiramente vamos refletir um pouco sobre a origem da tirinha abordada. A tirinha de “Calvin e Haroldo” pertence a uma série criada por Bill Watterson, um cartunista norte-americano que decidiu explorar a mente de um garoto de seis anos – Calvin – que possui um tigre de pelúcia (que nas tirinhas toma vida). Bill Watterson acredita que as fantasias de Calvin são uma fuga da cruel realidade do mundo moderno, trazendo a oportunidade de exploração da natureza humana.

Assim, da tirinha podemos tirar as seguintes conclusões:

- * **um dos princípios de uma empresa é o de que a tomada de decisões deve ocorrer de forma democrática;**
- * **na conversa entre Calvin e Haroldo, Calvin demonstra certa inquietação quando diz não poder tomar decisões só, sem a convocação de um comitê;**
- * **Haroldo pede a permissão para ir ao banheiro e Calvin diz que irá contatar o Comitê de Toaletes para verificar se ele poderia tomar esta ação ou não.**

Logo em seguida temos um trecho de um texto escrito por Souza (2009), “Explorando e construindo um conceito de gestão escolar democrática”. A partir desse trecho, podemos tirar as seguintes conclusões:

- * **gestão democrática é um processo político em que as pessoas que atuam na escola identificam problemas e os solucionam a partir de uma avaliação conjunta voltada para o desenvolvimento da escola;**
- * **sustentação no diálogo, nas relações com todos e no reconhecimento das funções presentes na escola;**
- * **participação de todos os membros da comunidade escolar: alunos, pais, funcionários, professores, gestores, etc.;**
- * **respeito às normas construídas por todos na tomada de decisões;**
- * **garantia de acesso dos sujeitos da escola às tomadas de decisões.**

Agora, como a questão pede, temos de nos basear nesses textos para verificar quais das alternativas são verdadeiras e quais são falsas. Com isso, iremos analisar cada alternativa para verificar sua veracidade.

A afirmação I está correta, pois implica colocar as instituições a serviço da formação qualificada dos estudantes – que é a função principal da escola –, tendo a participação como prática cotidiana de todos os envolvidos. Essa afirmativa concorda com o texto apresentado sobre a gestão da educação na escola e por ela podemos sustentar a ideia de que todos os membros envolvidos estão a serviço da qualificação dos estudantes no processo de sua formação, havendo a união desses membros para a solução de problemas voltados ao desenvolvimento da instituição. Portanto, de acordo com o texto, esta afirmação é verdadeira.

A afirmação II também está correta, pois se posiciona quanto à criação de uma cultura institucional crítico-reflexiva, cujos envolvidos tenham discernimento em relação aos conteúdos que necessitam ou não para tomarem decisões sempre coletivas. Esta afirmação, também, vai ao encontro das ideias expressas no texto sobre a gestão na escola, pois a criação de uma cultura crítico-reflexiva é proporcionada, entre outras coisas, a partir de debates e discussões perante os problemas enfrentados pela escola, assim podendo todos os membros ajudar na tomada de decisões de ideias.

A afirmação III está incorreta, pois pressupõe a existência de líderes capazes de orientar pessoas para o desenvolvimento de ações que visem ao cumprimento de objetivos definidos por eles próprios, e não pela comunidade escolar. Esta alternativa se opõe às ideias apresentadas no texto, pois indica a escolha de líderes que tomem para si as decisões, servindo os demais elementos da comunidade escolar como simples cumpridores de deliberações alheias.

A afirmação IV está correta, pois a gestão democrática volta-se ao favorecimento da função escolar, ou seja, efetiva-se pelo processo de construção coletiva, acompanhamento e avaliação do seu projeto pedagógico. Esta afirmação se identifica com o texto no sentido de que a construção do projeto pedagógico leva em consideração as opiniões dos diferentes sujeitos existentes na comunidade escolar, dialogando sobre suas funções.

Portanto, a alternativa correta é a D.

QUESTÃO 32 (LICENCIATURA)

O Plano Nacional de Educação (PNE) inclui 20 metas e estratégias traçadas para o setor nos próximos 10 anos. Entre as metas, está a aplicação de valor equivalente a 10% do Produto Interno Bruto (PIB) na educação pública, promovendo a universalização do acesso à educação infantil para crianças de quatro a cinco anos, do ensino fundamental e do ensino médio. Esse plano também prevê a abertura de mais vagas no ensino superior, investimentos maiores em educação básica em tempo integral e em educação profissional, além da valorização do magistério.

BRASIL. *Conheça as 20 metas definidas pelo PNE*. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br> Acesso em: 14 jul. 2014 (adaptado).

A Lei n.º 13.005, de 25 de junho de 2014, que aprova o PNE, prevê importantes dispositivos, tais como:

Art. 5º A execução do PNE e o cumprimento de suas metas serão objeto de monitoramento contínuo e de avaliações periódicas.

Art. 10 O plano plurianual, as diretrizes orçamentárias e os orçamentos anuais da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios serão formulados de maneira a assegurar a consignação de dotações orçamentárias compatíveis com as diretrizes, metas e estratégias deste PNE e com os respectivos planos de educação, a fim de viabilizar sua plena execução.

Art. 11 O Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica, coordenado pela União, em colaboração com os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, constituirá fonte de informação para a avaliação da qualidade da educação básica e para a orientação das políticas públicas desse nível de ensino.

Art. 13 O poder público deverá instituir, em lei específica, contados 2 (dois) anos da publicação da Lei, o Sistema Nacional de Educação, responsável pela articulação entre os sistemas de ensino, em regime de colaboração, para efetivação das diretrizes, metas e estratégias do Plano Nacional de Educação.

Considerando as informações acima, conclui-se que o PNE

- A. possibilita ao país iniciar seu processo de desenvolvimento, pois prevê aumento anual de 10% nos patamares de aplicação do PIB em educação e sistema de monitoramento da aplicação de investimentos, o Sistema de Avaliação da Educação Básica, a ser instituído nos próximos dois anos.
- B. prevê meta de aplicação de 10% do PIB em educação, sinalizando que os gestores escolares terão 10 vezes mais possibilidades de atingir patamares mais elevados de educação nos próximos 10 anos, pois vincula os investimentos com a educação aos níveis de desenvolvimento do país, aferidos pelo PIB.
- C. estabelece que a melhoria da educação básica – universalização do acesso à educação infantil, aumento de vagas no ensino superior, maior investimento em educação em tempo integral e

em educação profissional – evidencia a base para o desenvolvimento, pois o crescimento econômico é o indicador do percentual de recursos do PIB a ser aplicado em educação.

- D. disponibiliza para os gestores escolares o crescimento de 10% dos investimentos do PIB em educação, ao ano, durante os próximos 10 anos e um Sistema Nacional de Avaliação para verificar a efetivação das diretrizes e metas dispostas no referido Plano.
- E. permite planejar a educação para os próximos 10 anos e institui mecanismos de monitoramento e avaliação, tanto da execução do Plano como da qualidade da educação, por meio do estabelecimento de metas educacionais e definição dos investimentos a serem disponibilizados para o alcance dessas metas.

* **Gabarito: E.**

* **Tipo de questão: escolha simples com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Patrick Gonçalves de Azevedo de Souza, Elisa Garcia Pereira, Fernanda Meksraitis dos Santos, Isis Gabriela Magalhães Rosa e Professor Mestre Sc. Luciano Denardin de Oliveira.**

COMENTÁRIO

O Plano Nacional de Educação (PNE), aprovado pelo Congresso Nacional em 2014, preconiza diretrizes que buscam qualificar a educação no país. Constituído por 20 metas que devem ser atingidas nos próximos 10 anos, o PNE prevê investimentos em todos os níveis educacionais. Dentre as metas do PNE, estão a melhoria e a qualificação da alfabetização, da educação inclusiva, da formação continuada de professores e da educação profissionalizante de jovens e adultos.

A meta 20 do PNE estabelece a porcentagem do Produto Interno Bruto (PIB) que deve ser destinada à educação. Esse investimento deve aumentar *gradualmente* a cada ano, alcançando o patamar de no mínimo 7% do PIB no quinto ano de vigência do PNE (2019) e, no mínimo, 10% do PIB no décimo ano de vigência do plano (2023). Com isso, as alternativas A e D estão incorretas, uma vez que afirmam que o investimento em educação terá um aumento anual de 10% do PIB. A alternativa B também está incorreta, pois assegura ser o investimento fixo de 10% do PIB ao longo dos dez anos de vigência do PNE. A alternativa C assinala que o crescimento econômico é o indicativo que define o percentual do PIB a ser investido em educação em cada ano. Esta afirmativa está incorreta, uma vez que o percentual do PIB destinado à educação nos próximos dez anos já está definido pela meta 20 do PNE e independe do crescimento econômico do país.

Com a garantia de que parte do PIB será destinado à educação, é possível assegurar o financiamento e a viabilidade de políticas educacionais propostas, permitindo que as demais metas do PNE sejam implementadas com sucesso. Além disso, se pode traçar estratégias e planejamento de ações educacionais a serem aplicadas em curto, médio e longo prazos. Pode-se também criar dispositivos permanentes de fiscalização, acompanhamento e avaliação das ações realizadas em prol da qualificação educacional, como recomendado pelo PNE e descrito corretamente na alternativa E.

QUESTÃO 33 (LICENCIATURA)

Os currículos organizam conhecimentos, culturas, valores e artes a que todo ser humano tem direito. Assim, o currículo deve ser analisado conforme as experiências vividas pelos estudantes, nas quais se articulam os saberes, aprendidos por eles na vivência e na convivência em suas comunidades, com os conhecimentos sistematizados que a escola deve lhes tornar acessíveis.

ARROYO, M. G. Educandos e educadores: seus direitos e o currículo.
In: ARROYO, M. G. *Indagações sobre o currículo: educandos e educadores: seus direitos e o currículo*.
Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2007, p. 67 (adaptado).

A partir da definição de currículo abordada pelo autor, avalie as afirmações a seguir.

- I. A construção do currículo constitui um processo de seleção cultural, o que pode colocar em desvantagem determinados grupos sociais e culturais.
- II. O sistema educativo confere ao currículo efetividade que envolve uma multiplicidade de relações, razão pela qual este deve ser considerado práxis e sua materialização corresponder à forma como foi idealizado.
- III. As teorias críticas reconhecem a existência de poderes diversos diluídos nas relações sociais, conferindo ao currículo a função de atuar em processos para a inclusão escolar.
- IV. É desafio da escola incluir no currículo experiências culturais diversificadas, que não reproduzem estruturas da vida social em sua assimetrias e desigualdades.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. II e III, apenas.
- C. II e IV, apenas.
- D. I, III e IV, apenas.
- E. I, II, III e IV.

* **Gabarito: D.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Eduardo Schnor Haygert, Izabel Liesenfeld Pinheiro, Rene William Morais Lima, William Lopes Blinne e Professor Mestre Sc. Luciano Denardin de Oliveira.**

COMENTÁRIO

O modelo de currículo sugerido por Arroyo tem como enfoque principal a ideia de que esse deve ser analisado conforme as experiências vividas pelos alunos, valorizando as culturas e as vivências em suas comunidades.

Na primeira afirmação, é dito que a construção de um currículo compõe um processo de seleção cultural, o que pode causar desvantagens para determinados grupos sociais, uma vez que as oportunidades não são as mesmas para todos os alunos. Um currículo organizado a partir de critérios meritocráticos privilegia alguns grupos sociais e culturais em detrimento de outros e, por essa razão, a afirmação I está correta. Contudo, julga-se válido salientar que Arroyo combate essa ideia e sugere um currículo que favoreça a inclusão social em todas as suas instâncias, bem como que não esteja alicerçado no mérito e no sucesso, como pode ser observado:

Somente partindo do reconhecimento dos educandos como sujeitos de direitos, estaremos em condições de questionar o trato seletivo e segmentado em que ainda se estruturam os conteúdos. Guiados pelo imperativo ético dos direitos dos educandos, seremos obrigados a desconstruir toda estrutura escolar e toda organização e ordenamento curricular legitimados em valores do mérito, do sucesso, em lógicas excludentes e seletivas, em hierarquias de conhecimentos e de tempos, cargas-horárias. [...] Guiados pelo imperativo ético do respeito aos educandos, como sujeitos iguais de direitos, seremos levados a construir novas formas de ordenamento dos conteúdos que garantam não apenas o direito igual de todos ao conhecimento, à cultura, aos valores, à memória e à identidade na diversidade, mas que garantam a igualdade de todo conhecimento, cultura, valores, memórias e identidades sem hierarquias, segmentações e silenciamentos (ARROYO, 2007, p. 37-38).

A afirmação II está incorreta, pois o currículo não pode ser aplicado integralmente na forma como foi teoricamente idealizado. Na prática docente, compete ao professor adequar o currículo proposto à realidade da sala de aula, considerando as especificidades, realidades e particularidades de cada turma e de cada aluno, favorecendo a inclusão de todos.

A afirmação III está correta. As teorias críticas do currículo foram propostas a partir da década de 60 do século passado, criticando fortemente as teorias tradicionais. Elas surgiram da necessidade de fazer com que as classes sociais mais baixas fossem incluídas no meio escolar, tendo assim as mesmas oportunidades que as demais classes sociais, de forma a universalizar o ensino que era direcionado às classes dominantes.

A afirmação IV está correta e se refere às teorias pós-críticas do currículo que, semelhantemente às teorias críticas, questionam os currículos tradicionais e para quem eles são direcionados. Elas preconizam a universalização do ensino e a implementação de atividades que minimizem a exclusão e desigualdade social e não estejam pautadas em critérios meritocráticos, hierárquicos e seletivos. Pelo contrário, o currículo deve propor ações que incluam todos os estudantes, sem distinção de etnia, crença, cultura, classe social, religião e orientação sexual.

Dessa forma, a alternativa correta é a C, que contempla as afirmações I, III e IV.

REFERÊNCIAS

1. ARROYO, M. G. **Indagações sobre o currículo**: educandos e educadores: seus direitos e o currículo. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2007.

QUESTÃO 34 (LICENCIATURA)

O Projeto Político-Pedagógico (PPP) relaciona-se à organização do trabalho pedagógico da escola, indicando uma direção, explicitando os fundamentos teórico-metodológicos, os objetivos, o tipo de organização e as formas de implementação e avaliação da escola.

VEIGA, I. P. A.; RESENDE, L. M. G. (Org.). *Escola: espaço do Projeto Político-Pedagógico*. 4. ed. Campinas-SP: Papirus, 1998 (adaptado).

Considerando a elaboração do PPP, avalie as seguintes afirmações.

- I. O PPP constitui-se em processo participativo de decisões para instaurar uma forma de organização do trabalho pedagógico que desvele os conflitos e as contradições no interior da escola.
- II. A discussão do PPP exige uma reflexão acerca da concepção de educação e sua relação com a sociedade e a escola, o que implica refletir sobre o homem a ser formado.
- III. A construção do PPP requer o convencimento dos professores, da equipe escolar e dos funcionários para trabalharem em prol do plano estabelecido pela gestão educacional.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.
- D. II e III, apenas.
- E. I, II e III.

* **Gabarito: C.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Willian de Campos Vieira e Professor Mestre Sc. Luciano Denardin de Oliveira.**

COMENTÁRIO

Segundo Veiga e Resende (2011) e Maia e Costa (2013), o projeto político-pedagógico (PPP) é uma construção extremamente relevante para o âmbito escolar, pois é a partir dele que as relações sociais são norteadas no ambiente escolar. O PPP apresenta os objetivos e a intencionalidade da escola na formação de seus alunos. Segundo Maia e Costa (2013, p.19), “[...] temos que o PPP é a concretização do processo mental coletivo escolar, com a finalidade de construir, de forma dinâmica, socializadora e crítica, uma instituição construída por cidadãos e formadora destes”.

Sendo assim, podemos definir o PPP como um documento que tem como objetivo uma reflexão da comunidade acerca de questões referentes à organização escolar. Ele esclarece e clarifica as intenções políticas referentes ao trabalho, que incluem os objetivos, a organização do conjunto de ações e suas relações e as práticas pedagógicas.

Com base nisso, pode-se dizer que a afirmação I está correta, já que as concepções de PPP devem ser realizadas a partir de um processo participativo de decisões e deve organizar o trabalho de forma que empenhe uma resolução para possíveis conflitos e contradições que ocorram (VEIGA; RESENDE, 2011).

Da mesma forma, a afirmação II também está correta, tendo em vista que o PPP traz uma seleção de valores que devem ser considerados, junto com pressupostos teóricos e metodológicos. Ele tem a preocupação em identificar as aspirações das famílias que estão inseridas no meio escolar (VEIGA; RESENDE, 2011), assim como, segundo o art. 2º da Lei nº 9.394/96, proporcionar “o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”. Seguindo estes aspectos como norte para a formação dos jovens para uma sociedade em que o mesmo está inserido, este seria qualificado para assumir uma posição na sociedade.

Já a afirmação III foi considerada incorreta pela organização do Enem, mas ela merece uma reflexão. Segundo Veiga e Resende (2011, p. 13),

todo projeto pedagógico da escola é, também, um projeto político por estar intimamente articulado ao compromisso sociopolítico com os interesses reais e coletivos da população majoritária. É político no sentido de compromisso com a formação do cidadão para um tipo de sociedade.

Com isso, o PPP deve ser uma construção social e coletiva na qual professores, funcionários e equipe escolar se tornam agentes ativos neste processo, que obviamente não deve ser realizado a partir da vontade do gestor escolar e por convencimento desse sobre o restante da comunidade. Ocorre que a afirmação III não explicita a figura do “gestor escolar” como aquele que estabeleceria o PPP e faria o convencimento da comunidade, mas sim se refere à “gestão escolar”. E o que é a gestão escolar, se não a ação combinada de todos os agentes escolares? Isso fica explícito no excerto de Souza (2009, p. 125):

A gestão democrática é aqui compreendida, então, como um processo político no qual as pessoas que atuam na/sobre a escola identificam problemas, discutem, deliberam e planejam, encaminham, acompanham, controlam e avaliam o conjunto das ações voltadas ao desenvolvimento da própria escola na busca da solução daqueles problemas.

É evidente, então, que a partir da forma como está formulada a afirmação III, poder-se-ia igualmente considerá-la correta, pois a gestão escolar democrática envolve todos os agentes escolares, inclusive aqueles que podem ter tido uma posição crítica na formulação de algum aspecto do PPP, por terem sido vencidos em alguma demanda específica, e por isso necessitem ser convencidos pela gestão democrática. Entretanto, este argumento não foi considerado no gabarito, sendo esta considerada uma afirmação errada.

Considerando esses fatos, pode-se afirmar que a alternativa correta é a C.

REFERÊNCIAS

1. DE SOUZA, Ângelo Ricardo. Explorando e construindo um conceito de gestão escolar democrática. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 25, n. 3, p. 123-140, dez. 2009.
2. MAIA, Benjamim Perez; COSTA, Margarete Terezinha de Andrade. **Os desafios e as superações na construção coletiva do Projeto Político-Pedagógico**. Curitiba: Editora Intersaberes, 2013.
3. VEIGA, Ilma Passos Alencastro; RESENDE, Lucia Maria G. **Escola: espaço do projeto político-pedagógico**. 29. ed. Campinas: Papirus Editora, 2011.

QUESTÃO 35 (LICENCIATURA)

Da visão dos direitos humanos e do conceito de cidadania fundamentado no reconhecimento das diferenças e na participação dos sujeitos, decorre uma identificação dos mecanismos e processos de hierarquização que operam na regulação e produção de desigualdades. Essa problematização explicita os processos normativos de distinção dos alunos em razão de características intelectuais, físicas, culturais, sociais e linguísticas, estruturantes do modelo tradicional de educação escolar.

BRASIL, MEC. *Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva*, 2008, p. 6 (adaptado).

As questões suscitadas no texto ratificam a necessidade de novas posturas docentes, de modo a atender a diversidade humana presente na escola. Nesse sentido, no que diz respeito a seu fazer docente frente aos alunos, o professor deve

- I. desenvolver atividades que valorizem o conhecimento historicamente elaborado pela humanidade e aplicar avaliações criteriosas com o fim de aferir, em conceitos ou notas, o desempenho de seus alunos.
- II. instigar ou compartilhar as informações e a busca pelo conhecimento de forma coletiva, por meio de relações respeitadas acerca dos diversos posicionamentos dos alunos, promovendo o acesso às inovações tecnológicas.
- III. planejar ações pedagógicas extraescolares, visando ao convívio com a diversidade; selecionar e organizar os grupos, a fim de evitar conflitos.
- IV. realizar práticas avaliativas que evidenciem as habilidades e competências dos alunos, instigando esforços individuais para que cada um possa melhorar o desempenho escolar.
- V. utilizar recursos didáticos diversificados, que busquem atender a necessidade de todos e de cada um dos alunos, valorizando o respeito individual e coletivo.

É correto apenas o que se afirma em

- A. I e III.
- B. II e V.
- C. II, III e IV.
- D. I, II, IV e V.
- E. I, III, IV e V.

- * **Gabarito: B.**
- * **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**
- * **Autor: Professor Doutor João Batista Siqueira Harres.**

COMENTÁRIO

A afirmação I está incorreta, pois, ainda que parta de uma visão que valoriza “o conhecimento historicamente elaborado pela humanidade”, ela recomenda o desenvolvimento de avaliações “criteriosas com o fim de aferir, em conceitos ou notas, o desempenho de seus alunos”, as quais pressupõem, além de outras incongruências, uma igualdade de condições de partida no processo educacional que contraria os princípios de uma educação baseada na “visão dos direitos humanos e do conceito de cidadania”.

A afirmação II está correta, pois se refere a ações dos professores destinadas a promoverem a cooperação e relações respeitadas entre alunos, estando em acordo com os princípios inclusivos.

A afirmação III está equivocada, pois a seleção e organização de grupos, a fim de evitar conflitos, contrariam a inclusão e o convívio com a diversidade, que são objetivos importantes do processo educacional inclusivo. A separação das pessoas, ao contrário, amplifica a diferenciação e, no fundo, aumenta o conflito, pois desprepara o aluno para a convivência com as diferenças.

A afirmação IV está errada, uma vez que se centra na identificação das “habilidades e competências dos alunos” e, portanto, no desempenho individual. Evidentemente, esta prática é contrária a uma visão inclusiva da educação, pois desconsidera a cooperação e o trabalho conjunto.

A afirmação V cobre uma ampla pauta da inclusão, pois implica a utilização de recursos didáticos diversificados, atendendo a interesses e necessidades dos alunos, e ainda reforça valores como o respeito, podendo ser considerada correta.

Sendo assim, a alternativa correta é a B, que contempla as afirmações II e V, ambas verdadeiras.

QUESTÃO DISCURSIVA 05 (BACHARELADO)

Um experimento que utiliza o circuito elétrico da figura 1, abaixo, é composto por uma fonte ajustável de tensão V , um amperímetro ideal A , uma resistência R (fixa e pequena) e um dispositivo de teste. Foi levantada a curva de corrente elétrica I versus tensão da fonte V para três diferentes tipos de materiais (i , ii e iii) por troca do dispositivo de teste.

O resultado do experimento é mostrado no gráfico da figura 2.

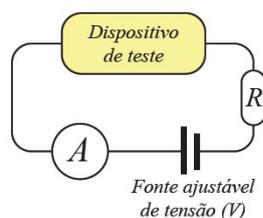


Figura 1

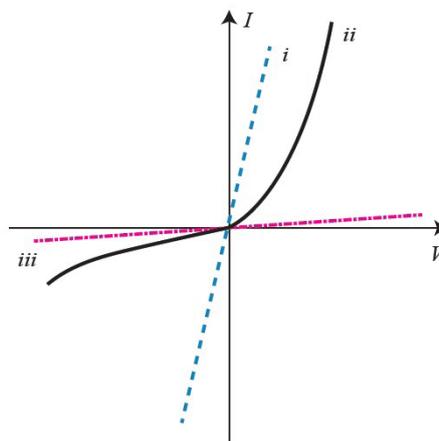


Figura 2

Com base nos dados obtidos no experimento, discuta a natureza física dos materiais i , ii e iii , dê exemplos de materiais com essas propriedades e cite suas aplicações nas construções de dispositivos elétricos.

(valor: 10,0 pontos).

- * Tipo de questão: Discursiva.
- * Autores: Ricardo Augusto Zanotto Razera e Professor Doutor Adriano Moehlecke.

COMENTÁRIO

A curva que corresponde ao material i no gráfico que mostra corrente em função da tensão, $I \times V$, é uma reta, o que indica que o dispositivo em questão é um resistor ôhmico. Observa-se que baixas diferenças de potencial são capazes de produzir altas correntes elétricas, característica de materiais com baixa resistência elétrica como, por exemplo, metais.

A curva que corresponde ao material *ii*, no gráfico $I \times V$, apresenta diferentes declividades, indicando que a resistência elétrica é função da tensão aplicada, portanto o dispositivo não é um resistor ôhmico. Analisando a curva para tensões positivas, pode-se observar um comportamento aproximadamente exponencial de I em relação a V , apresentando uma curva característica de diodo. Para pequenas tensões negativas, a corrente é pequena. Quando a tensão negativa é tal que produz a “ruptura” da junção p-n do diodo, a corrente aumenta. Diodos são fabricados com materiais semicondutores dopados de modo a formar uma junção p-n.

A curva que corresponde ao material *iii* apresenta comportamento contrário da do material *i*. Aqui altas diferenças de potencial são capazes de produzir apenas pequenas intensidades de corrente elétrica, correspondendo, portanto, a um dispositivo de resistência elétrica alta. Além disso, como essa curva $I \times V$ é uma reta, o dispositivo é um resistor ôhmico. São exemplos de materiais com este comportamento a maioria das cerâmicas e dos polímeros.

As aplicações desses dispositivos são ubíquas em circuitos eletrônicos. Resistores de alta resistência são usados quando se deseja diminuir a intensidade de corrente elétrica em alguma parte do circuito. Voltímetros (analógicos), por exemplo, utilizam alta resistência para que o mínimo de corrente elétrica “passe” por ele durante a medida. Resistores de baixa resistência têm a função contrária, pois nesse caso deseja-se oferecer a menor resistência possível à passagem de corrente. Amperímetros (analógicos) apresentam baixa resistência a fim de que a sua introdução no circuito altere o mínimo possível o valor da corrente que se deseja medir. Diodos, por sua vez, são utilizados sempre que se deseja oferecer baixa resistência para a passagem de corrente em um sentido e alta resistência no outro sentido; são utilizados, por exemplo, em circuitos retificadores.

QUESTÃO 26 (BACHARELADO)

Os estados de um sistema mecânico podem ser representados no espaço de fase em termos de coordenadas e velocidades generalizadas. O espaço de fase possibilita entender, de modo qualitativo, os possíveis movimentos de um sistema. Exemplo disso é um pêndulo simples, ilustrado na figura 1, o qual é um sistema construído por um corpo de massa m e uma haste rígida de comprimento L de massa desprezível. As coordenadas do espaço de fase são ângulo de θ entre a barra e o eixo vertical e a velocidade angular ω . As trajetórias neste espaço correspondem aos estados que o sistema assume em sua evolução temporal e permitem identificar as principais características das possíveis soluções.

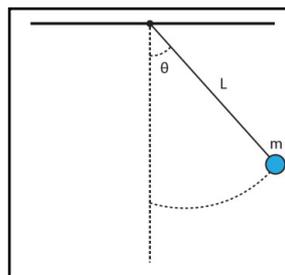


Figura 1

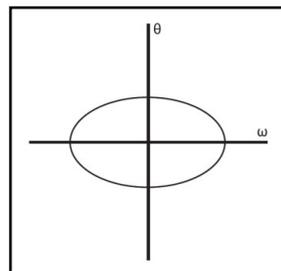


Figura 2

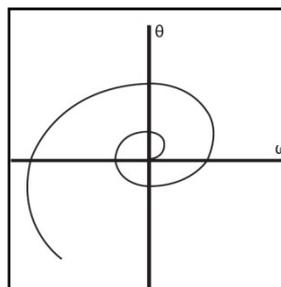


Figura 3

Com relação ao espaço de fase do pêndulo simples, avalie as afirmações a seguir.

- I. O espaço de fase que forma um circuito fechado, como na figura 2, caracteriza a oscilação de um pêndulo com amplitude limitada.
- II. O espaço de fase ilustrado na figura 3 representa a oscilação amortecida do pêndulo devido a forças dissipativas.
- III. A equação de energia mecânica $E = \frac{mL^2}{2} \omega^2 + mgL(1 - \cos\theta) - \alpha\omega$, em que α é uma constante e g é a aceleração da gravidade, possibilita a construção do espaço de fase para a oscilação amortecida do pêndulo devido a forças dissipativas.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.
- D. II e III, apenas.
- E. I, II e III, apenas.

* **Gabarito: C.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Nathan Willig Lima e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.**

COMENTÁRIO

A afirmação I está correta. No espaço de fase mostrado na figura 2, observa-se que a velocidade angular é nula para as posições angulares máximas (extremidades da oscilação) e máxima quando o pêndulo está com o eixo paralelo ao raio da Terra, posição angular nula. Isso está em acordo com o movimento de um pêndulo simples.

Pode-se notar também que a amplitude do movimento não é afetada ao longo da oscilação, pois para uma mesma posição angular θ corresponde sempre uma mesma velocidade angular w , o que evidencia que não há atenuação e, conseqüentemente, a amplitude da oscilação mantém-se constante.

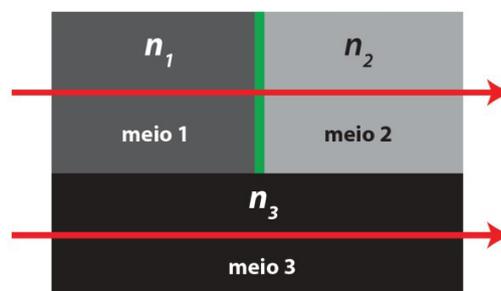
A afirmação II também está correta. No espaço de fase mostrado na figura 3, observa-se que a cada oscilação a posição angular máxima diminui, indicando que a amplitude do movimento também diminui. Essa redução da amplitude deve-se ao trabalho das forças dissipativas, resultando na conseqüente diminuição da energia mecânica do sistema.

A afirmação III, no entanto, está incorreta. Analisando-se as parcelas da suposta equação da energia mecânica do pêndulo, percebe-se que a primeira delas corresponde à energia cinética, enquanto a segunda corresponde à energia potencial. Portanto, o último termo deveria corresponder ao trabalho das forças dissipativas, que reduz a energia mecânica do sistema. Porém, da forma como está escrito, este terceiro termo aumenta a energia mecânica quando as velocidades angulares são negativas – o que não corresponde ao fenômeno descrito.

Portando, a alternativa correta é a letra C.

QUESTÃO 27 (BACHARELADO)

A figura a seguir ilustra um dispositivo óptico constituído de três meios por onde passam duas ondas luminosas de mesmo comprimento de onda ($\lambda = 600 \text{ nm}$) e que, inicialmente, encontram-se no ar e em fase. Os meios 1 e 2 têm a mesma extensão e possuem índices de refração iguais a 1,8 e 1,3, respectivamente. O meio 3, de $4 \mu\text{m}$ de comprimento, tem índice de refração igual a 1,4.



Considerando que as ondas da figura acima atravessam os meios 1, 2, 3 e são superpostas em uma tela com a mesma amplitude, avalie as informações a seguir.

- I. O fenômeno em questão é de interferência luminosa, pois as ondas atravessam meios de diferentes índices de refração e depois são superpostas.
- II. As ondas produzirão interferência destrutiva, pois a diferença de fase corresponde a um número semi-inteiro de comprimento de onda.
- III. Ocorrerá interferência construtiva, pois a diferença de fase em termos de comprimento de onda corresponde a um comprimento de onda.

É correto o que se afirma em

- A. II, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.
- D. I e III, apenas.
- E. I, II e III, apenas.

* **Gabarito: D.**

* **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Fernando Thomé, Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó e Professor Mestre Délcio Basso.**

COMENTÁRIO

Esta resolução é adaptada a partir do vídeo *Comprimento de onda em diferentes meios e interferência de ondas – Questão 27 – Enade Física 2014*, produzido pelos autores que assinam esta questão, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=e0Op5KA2mj4>>.

Para resolvê-la, o estudante precisa saber que um meio material, em termos de propagação da luz, é caracterizado pelo seu índice de refração n , definido como:

$$n_{\text{meio}} = \frac{\text{velocidade da luz no vácuo}}{\text{velocidade da luz no meio}} = \frac{c}{v_{\text{meio}}} \quad \text{Eq. (1),}$$

e que o comprimento de onda da luz em um dado meio (λ_{meio}) pode ser obtido por meio da razão entre a velocidade da luz neste meio (v_{meio}) e a frequência f da luz, a qual mantém-se constante, independentemente do meio que ela atravessa:

$$\lambda_{\text{meio}} = \frac{v_{\text{meio}}}{f} \quad \text{Eq. (2).}$$

Ao combinar a Eq. (1) e a Eq. (2), pode-se escrever que o produto do índice de refração pelo comprimento de onda da luz mantém-se constante. Isto é:

$$n_{\text{ar}}\lambda_{\text{ar}} = n_{\text{meio1}}\lambda_{\text{meio1}} = n_{\text{meio2}}\lambda_{\text{meio2}} \quad \text{Eq. (3)}$$

Como o índice de refração do ar é $n_{\text{ar}} = 1,000$ (com quatro algarismos significativos), então usaremos a expressão aproximada na qual o comprimento de onda da luz num determinado meio é igual à razão entre o comprimento de onda da luz no ar e o índice de refração do meio:

$$\lambda_{\text{meio}} = \frac{\lambda_{\text{ar}}}{n_{\text{meio}}} \quad \text{Eq. (4)}$$

Para resolver esta questão, é necessário calcular quantos N comprimentos de onda λ podem estar contidos na extensão de um determinado meio. Para tal, basta dividir a extensão do meio pelo comprimento de onda da luz neste meio:

$$N = \frac{\text{Extensão}}{\lambda_{\text{meio}}} \quad \text{Eq. (5)}$$

O enunciado apresenta um dispositivo óptico constituído por três meios por onde passam duas ondas luminosas, que inicialmente estavam no ar e possuíam comprimento de onda igual a 600 nm. Portanto, temos quatro meios: o ar, o meio 1 (com extensão de 2 μm e índice de refração 1,8), o

meio 2 (também com extensão de $2\ \mu\text{m}$ e índice de refração 1,3) e o *meio 3* (com extensão de $4\ \mu\text{m}$ e índice de refração 1,4).

Aplicando-se a Eq. (4), pode-se calcular o valor do comprimento de onda para os meios 1, 2 e 3 e, após, calcular, utilizando-se a Eq. (5), quantos N comprimentos de onda caberão em cada meio. Os valores numéricos estão mostrados na tabela abaixo.

Meio	Ar	Meio 1	Meio 2	Meio 3
Índice de refração (n)	1,0	1,8	1,3	1,4
Extensão	-	$2,0\ \mu\text{m}$	$2,0\ \mu\text{m}$	$4,0\ \mu\text{m}$
Comprimento de onda (λ)	600 nm	333,3 nm	461,5 nm	428,6 nm
N	-	6,0	4,33	9,33

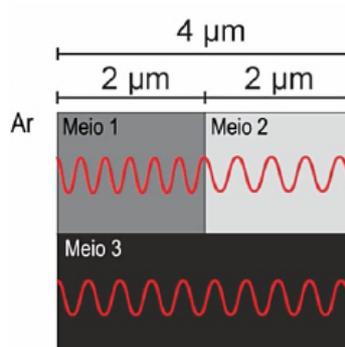
Para diferenciar as duas ondas que incidem no dispositivo óptico, pode-se chamar a onda que passa pelos meios 1 e 2 de onda A e a onda que passa pelo meio 3, de onda B.

Pode-se, agora, analisar as afirmações propostas.

A afirmação I está correta. O fenômeno da questão é de interferência luminosa pelo simples fato de o enunciado mencionar que as ondas serão superpostas em uma tela.

No entanto, a afirmação II está incorreta. Será demonstrado, logo em seguida, que as ondas saem em fase do dispositivo óptico, portanto, ao serem superpostas, a interferência será construtiva.

A afirmação III está correta. A figura a seguir ilustra que ao se somar o número de ondas em cada meio, para a onda A, obtém-se o valor de 10,33 ondas, ou seja, na extensão de $4\ \mu\text{m}$ (que abrange os meios 1 e 2), tem-se 10,33 comprimentos de onda. Para a onda B, que se propaga apenas no meio 3, cuja extensão é $4\ \mu\text{m}$, cabem neste meio 9,33 ondas.



A diferença entre os percursos (dentro do dispositivo óptico) percorrido pela onda A e o percorrido pela onda B, escritos em termos de comprimento de onda, é exatamente 1 comprimento de onda, logo as ondas A e B estarão em fase ao saírem do dispositivo óptico e, portanto, irão interferir de forma construtiva.

Logo a alternativa D é a correta.

QUESTÃO 28 (BACHARELADO)

Suponha que uma partícula se move no plano de coordenadas xy , segundo uma trajetória dada pela função $y(x) = 15 + 2 \sin(x) - 3x$. O gráfico dessa função assemelha-se ao da curva que representa uma vista lateral de uma rampa de um escorregador ondulado. Usando a equação de Lagrange, $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) - \left(\frac{\partial L}{\partial x} \right) = 0$, e supondo a ausência de atrito, conclui-se que o termo referente à aceleração na equação de movimento do corpo de massa m que escorrega pela rampa é igual a

- A. $m\ddot{x}(4\cos^2 x - 12 \cos x + 10)$.
- B. $m\ddot{x}(-12 \cos x - 8 \cos x \sin x)$.
- C. $m\ddot{y}(6 \sin x - \cos x \sin x)$.
- D. $m\ddot{x}(2 \cos x - 2)$.
- E. $m\ddot{y}(2 \cos x - 3)$.

* Gabarito: A.

* Tipo de questão: escolha simples com indicação da alternativa correta.

* Autor: Professor Doutor Cássio Stein Moura.

COMENTÁRIO

A partícula, ou corpo, se movimenta em uma trajetória plana onde a coordenada y é dada como função da coordenada x . Portanto, esse problema possui apenas um grau de liberdade e pode ser descrito por uma única equação diferencial de Euler-Lagrange. O enunciado supõe inexistência de atrito, então podemos dizer que o lagrangeano não depende explicitamente do tempo e a energia mecânica do sistema é conservada. O lagrangeano $L(x, \dot{x})$ é dado pela diferença entre a energia cinética $T(\dot{x})$ e a potencial $U(x)$. A energia cinética para o movimento plano é dada em coordenadas cartesianas por:

$$T = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}m\dot{y}^2.$$

Como $y(x) = 15 + 2\text{sen } x - 3x$, temos que a primeira derivada de y é:

$$\dot{y} = \frac{d}{dt}(15 + 2 \operatorname{sen} x - 3x) = 2 \dot{x} \cos x - 3\dot{x}$$

e a segunda derivada de y é:

$$\dot{y}^2 = 4(\dot{x} \cos x)^2 - 12 \dot{x}^2 \cos x + 9\dot{x}^2$$

Portanto, a energia cinética será:

$$T = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}m[4(\dot{x} \cos x)^2 - 12\dot{x}^2 \cos x + 9\dot{x}^2]$$

$$T = \frac{1}{2}m\dot{x}^2[4(\cos x)^2 - 12 \cos x + 10].$$

Logo, o lagrangeano toma a forma:

$$L = \frac{1}{2}m\dot{x}^2[4(\cos x)^2 - 12 \cos x + 10] - U(x).$$

Para utilizar a equação de Euler-Lagrange, $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) - \left(\frac{\partial L}{\partial x} \right) = 0$, precisamos calcular as derivadas:

$$\frac{\partial L}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{1}{2}m\dot{x}^2[4(\cos x)^2 - 12 \cos x + 10] - U(x) \right] = \frac{1}{2}m\dot{x}^2(-8 \cos x \operatorname{sen} x + 12 \operatorname{sen} x) - \frac{d}{dx}U(x)$$

e

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = \frac{\partial}{\partial \dot{x}} \left[\frac{1}{2}m\dot{x}^2[4(\cos x)^2 - 12 \cos x + 10] - U(x) \right] = m\dot{x}(4(\cos x)^2 - 12 \cos x + 10).$$

Substituindo estas derivadas na equação de Euler-Lagrange, ficamos com:

$$\frac{d}{dt}[m\dot{x}(4(\cos x)^2 - 12 \cos x + 10)] - \left[\frac{1}{2}m\dot{x}^2(-8 \cos x \operatorname{sen} x + 12 \operatorname{sen} x) - \frac{d}{dx}U(x) \right] = 0$$

$$m\ddot{x}(4(\cos x)^2 - 12 \cos x + 10) + m\dot{x}(-8 \dot{x} \cos x \operatorname{sen} x + 12 \dot{x} \operatorname{sen} x) - \frac{1}{2}m\dot{x}^2(-8 \cos x \operatorname{sen} x + 12 \operatorname{sen} x) + \frac{d}{dx}U(x) = 0$$

$$m\ddot{x}(4(\cos x)^2 - 12 \cos x + 10) - m\dot{x}^2(-8 \cos x \operatorname{sen} x + 12 \operatorname{sen} x) + \frac{d}{dx}U(x) = 0$$

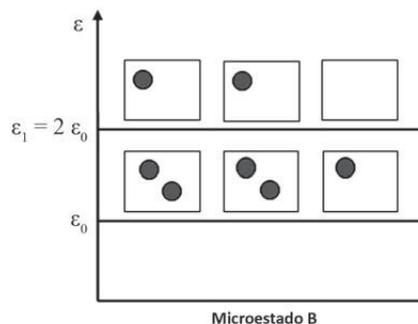
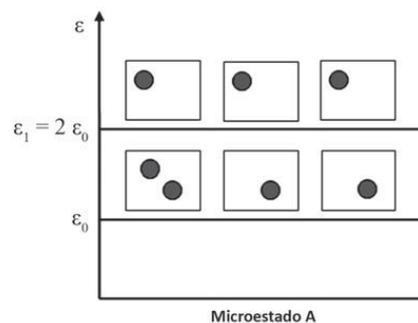
$$m\ddot{x}(4(\cos x)^2 - 12 \cos x + 10) + m\dot{x}^2(8 \cos x \operatorname{sen} x - 12 \operatorname{sen} x) + \frac{d}{dx}U(x) = 0$$

Analisando a última equação, notamos a presença de um termo de aceleração contendo explicitamente \ddot{x} . Podemos, então, afirmar que o termo $m\ddot{x}(4\cos^2 x - 12 \cos x + 10)$ é o termo correspondente à aceleração na equação de movimento do corpo ou partícula.

Portanto a alternativa correta é a A.

QUESTÃO 29 (BACHARELADO)

A figura abaixo mostra a representação esquemática de dois microestados de um sistema de dois níveis de energia. Os círculos representam partículas e os quadrados estados possíveis de energia dessas partículas. Um macroestado de um sistema é caracterizado por um conjunto de microestados, todos compatíveis com as propriedades macroscópicas.



Sobre a situação descrita, avalie as afirmações a seguir.

- I. Os microestados A e B pertencem a um mesmo macroestado.
- II. Os microestados A e B têm as mesmas energias totais.
- III. Os microestados A e B têm os níveis de energia com as mesmas degenerescências.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. III, apenas.

- C. I e II, apenas.
- D. II e III, apenas.
- E. I, II e III, apenas.

- * **Gabarito: B.**
- * **Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.**
- * **Autor: Professor Doutor Cássio Stein Moura.**

COMENTÁRIO

Em mecânica estatística, entende-se por microestado a configuração microscópica completa do sistema físico. No sistema em questão, temos dois níveis energéticos, ε_0 e ε_1 , e o microestado é definido pelo número de partículas em cada nível. O eixo horizontal não possui título, mas poderia ser entendido como representando alguma variável espacial e, levando essa interpretação em conta, cada uma das três caixas em cada nível energético representaria uma diferente região do espaço. Seguindo esse raciocínio, verifica-se a existência de degenerescência. Por exemplo, no microestado A, os estados (2, 1, 1), (1, 2, 1) e (1, 1, 2), no qual os algarismos representam o número de partículas em cada uma das caixas, possuem a mesma energia e, pelo postulado fundamental da mecânica estatística, apresentam a mesma probabilidade de ocorrência. Poderia, ainda, haver outros estados, como, por exemplo, (4, 0, 0) e (2, 0, 2), pois o problema não limita o número de partículas por caixa. No presente caso, o microestado A possui 4 partículas no nível fundamental e 3 partículas no estado excitado. Já o microestado B possui 5 partículas no estado fundamental e 2 partículas no estado excitado.

Para efetuar-se uma descrição precisa de um sistema de muitas partículas, é irrelevante, e até impossível, conhecer-se todas as configurações microscópicas acessíveis, ou seja, não se pode determinar quais são os microestados ocupados num certo instante de tempo. Isso é devido à grande quantidade de informação necessária, a imprecisões de medidas experimentais e até ao Princípio da Incerteza em sistemas quânticos. Além disso, o sistema pode evoluir muito rapidamente com o passar do tempo, movendo-se pelo espaço de fases, o que leva à perda do sentido em se saber exatamente o microestado ocupado. Então, usa-se o conceito de macroestado. Em mecânica estatística, o macroestado é definido pelo número de partículas que cada microestado pode conter e seu peso estatístico. Em outras palavras, define-se o macroestado de um sistema físico como o conjunto de probabilidades de ocorrência de cada microestado. No sistema representado pela figura, são mostrados dois microestados similares. Ambos possuem dois níveis energéticos, cada um com três quadrados, contendo 1 ou 2 partículas por quadrado. O que difere os dois microestados entre si é apenas a distribuição de partículas por nível, levando a diferentes valores de energia total, e a probabilidade de ocorrência de cada microestado. Apesar de essa probabilidade não ser apresentada no enunciado, sabe-se que ela existe e, portanto, ambos os microestados pertencem a um mesmo macroestado.

O valor da energia total de cada microestado é determinado simplesmente contando-se o número de partículas em cada microestado, multiplicando esse número de ocupação pela energia do nível e realizando a soma.

Para o microestado A, tem-se a seguinte energia:

$$E_A = 4\varepsilon_0 + 3\varepsilon_1 = 4\varepsilon_0 + 3(2\varepsilon_0) = 10\varepsilon_0.$$

Para o microestado B tem-se a seguinte energia:

$$E_B = 5\varepsilon_0 + 2\varepsilon_1 = 5\varepsilon_0 + 2(2\varepsilon_0) = 9\varepsilon_0.$$

Pode-se notar que os dois microestados apresentam energias diferentes.

O valor da degenerescência é indeterminado. As figuras apresentam caixas com nenhuma, uma ou duas partículas, mas o enunciado não informa se cada caixa pode ter mais do que duas partículas. Para determinar-se a degenerescência do sistema, é necessário saber quantos estados estão disponíveis para cada valor de energia. E isso depende diretamente do número de partículas que cada caixa pode ocupar.

Portanto, a alternativa correta seria alternativa A e não a alternativa B, como indicado no gabarito oficial.

Sugestão de Leitura: *Curso de Física Estatística* – Torsten Fließbach, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000, Capítulo 5.

QUESTÃO 30 (BACHARELADO)

A Lei de Dulong e Petit oferece uma boa previsão para o calor específico de muitos sólidos com estrutura cristalina relativamente simples. Essa lei estabelece que o calor específico (a volume constante) de todos os sólidos, C_v , é igual a $6\text{cal/mol}^\circ\text{C}$ ou, simplesmente, $C_v = 3R$, em que R é a constante universal dos gases. Contudo, foram descobertas exceções a essa lei. Além disso, experiências mostram que o calor específico varia ao se reduzir a temperatura, tendendo a zero quando a temperatura tende ao 0 K .

Nesse contexto, avalie as asserções a seguir e a relação proposta entre elas.

- I. Albert Einstein introduziu um modelo para descrever o calor específico dos sólidos, o qual foi bem-sucedido quando comparado com os dados experimentais para qualquer valor de temperatura, tanto qualitativamente quanto quantitativamente.

PORQUE

- II. Para dar conta das propriedades térmicas de sólidos cristalinos, o modelo de Einstein considerou que o sólido formado por uma rede de osciladores em que os átomos de rede vibram em torno de suas posições de equilíbrio com a mesma frequência de forma quantizada.

A respeito das asserções, assinale a opção correta.

- A. As asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.
B. As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.
C. As asserções I é uma proposição verdadeira, e a II é uma proposição falsa.
D. As asserções I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.
E. As asserções I e II são proposições falsas.

* **Gabarito: D.**

* **Tipo de questão: escolha simples com indicação da alternativa correta.**

* **Autores: Matheus Ramos Caloni e Professor Doutor Cássio Stein Moura.**

COMENTÁRIO

Esta questão diz respeito ao modelo proposto por Albert Einstein, em 1907, para descrever a capacidade térmica isocórica de sólidos. Até então, a explicação era dada via Lei de Dulong e Petit, baseada no teorema da equipartição da energia e este, por sua vez, deduzido por meio das leis da

mecânica clássica. Esse teorema afirmava que para cada termo quadrático no hamiltoniano de uma partícula, dever-se-ia acrescentar $\frac{kT}{2}$ na energia da partícula, em que k é a constante de Boltzmann e T é a temperatura absoluta. No caso de partículas vibrando em um sólido tridimensional, a energia cinética contribui com três termos quadráticos para a energia da partícula. O mesmo ocorre para a energia potencial. Portanto, a energia média de cada partícula seria:

$$E = 3 \frac{kT}{2} + 3 \frac{kT}{2} = \frac{6}{2} kT = 3kT$$

Considerando-se N partículas, obter-se-ia: $U = 3NkT = 2RT$, na qual R é a constante universal dos gases. Partindo-se da definição de calor específico molar a volume constante, ter-se-ia:

$$c_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_v = 3R.$$

Reiterando, a Lei de Dulong e Petit enuncia que, para um sólido cristalino, o calor específico molar isocórico corresponde ao valor $3R$, ou $6 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

Dados experimentais subsequentes mostraram que essa lei falhava para qualquer sólido no regime de baixas temperaturas. Einstein notara, particularmente, que havia um desvio grosseiro na predição do calor específico do diamante. Dessa forma, desenvolveu um modelo geral do calor específico dos sólidos em função da temperatura, assumindo que o sólido consiste em um *ensemble* de osciladores harmônicos quânticos independentes e todos vibrando com uma mesma frequência de oscilação. Tal modelo prediz uma capacidade térmica molar isocórica que decai a zero quando $T \rightarrow 0$ e que se iguala a $3R$ quando $T \rightarrow \infty$, condizendo, respectivamente, com o postulado de Nernst e com a Lei de Dulong e Petit. Nota-se, portanto, que o modelo de Einstein é um modelo quântico, uma vez que supõe a quantização da energia de cada oscilador.

O modelo de Einstein foi de grande valor devido ao fato de ter sido o primeiro a descrever o calor específico levando em conta a influência da mecânica quântica na rede cristalina de um sólido. Entretanto, apresenta desvios significativos em relação à curva experimental, salvo a altas temperaturas (acima de 300 K), para as quais mostra-se uma boa aproximação. O modelo de Debye, posterior ao de Einstein, aproximou tais desvios à curva experimental, considerando que numa rede cristalina as frequências de oscilação não são independentes, afetando umas às outras.

Posto isso, analisemos as duas asserções propostas no enunciado.

A asserção I é uma proposição falsa, pois afirma equivocadamente que o modelo de Einstein “foi bem-sucedido quando comparado com os dados experimentais *para qualquer valor de temperatura*, tanto qualitativamente quanto quantitativamente”.

Apresenta-se a seguir o gráfico qualitativo do calor específico molar isocórico em função da temperatura. Observa-se que as curvas experimentais, a prevista pelo modelo de Einstein e a prevista pelo modelo de Debye, alcançam a previsão clássica de Dulong e Petit para altas temperaturas, correspondendo, aproximadamente, ao valor de $3R$. Observa-se, no entanto, que a curva do modelo de Einstein diferencia-se da curva experimental para temperaturas abaixo de 300 K , não sendo uma boa aproximação quantitativa, ainda que seja uma aproximação qualitativa interessante. Além disso, como dito antes, o modelo de Debye acabou aproximando-se mais da curva experimental do que o de Einstein.

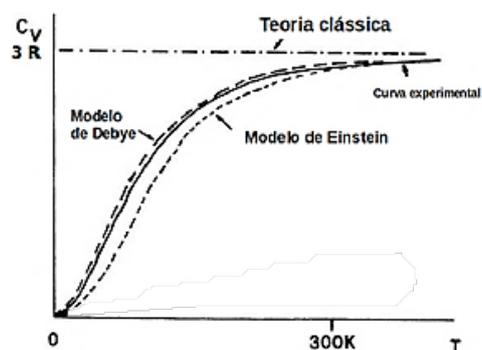


Imagem disponível em <http://what-when-how.com/wp-content/uploads/2011/07/tmp27656_thumb.jpg>, acessada em 28/08/2016 (adaptada).

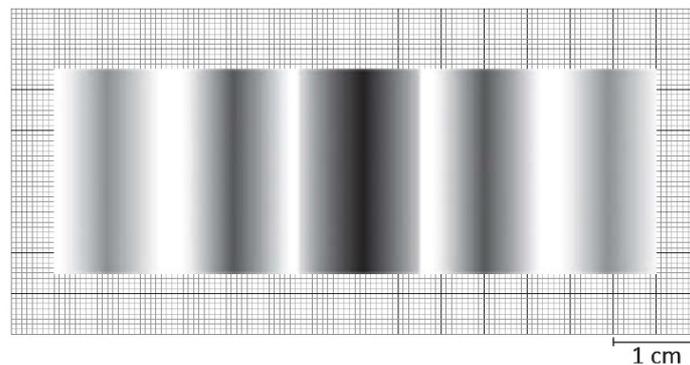
Com isso, conclui-se que a asserção I está incorreta ao afirmar que o modelo é uma boa aproximação para qualquer valor de temperatura.

A asserção II é uma proposição verdadeira, pois explica corretamente os fundamentos do modelo de Einstein, o qual se refere a um “[...] sólido formado por uma rede de osciladores em que todos os átomos da rede vibram em torno de suas posições de equilíbrio com a mesma frequência de oscilação”.

Reiterando, a asserção I é falsa e a II é verdadeira. Portanto, a alternativa correta é a letra D.

QUESTÃO 31 (BACHARELADO)

Em um laboratório didático de Física, foi realizado um experimento de fenda dupla de Young, utilizando luz monocromática. Uma tela foi colocada a 0,137 m de uma placa, onde foram cortadas duas fendas separadas por 0,0960 cm. As franjas de interferência observadas na tela são mostradas na figura abaixo, na qual as regiões escuras correspondem aos picos (interferência construtiva).



Com base nas informações acima e considerando que $d \sin \theta = m\lambda$, em que d é a distância entre as fendas, m é um valor inteiro correspondente ao primeiro máximo, conclui-se que o valor do comprimento de onda λ da luz monocromática utilizada é igual a

- A. 0,105mm.
- B. 0,210mm.
- C. 2,14mm.
- D. 1,05mm.
- E. 2,10mm.

- * **Gabarito: A.**
- * **Tipo de questão: escolha simples com indicação da alternativa correta.**
- * **Autores: Bruna Rodrigues Sehn, Mariana Adam Silveira e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.**

COMENTÁRIO

A experiência da fenda dupla de Young foi um marco na história da Física, pois por meio dela comprovou-se o caráter ondulatório da luz.

O fenômeno da difração e interferência era bem conhecido para ondas mecânicas propagando-se na água. A Figura 1, a seguir, ilustra frentes de ondas planas produzidas em um tanque de água, propagando-se no sentido de um obstáculo que apresenta duas pequenas fendas. Essas frentes de ondas serão parcialmente refletidas (não mostrado na figura) e parcialmente difratadas. Na difração, as pequenas fendas passam a se comportar como se fossem fontes para as novas frentes de ondas circulares. Por sua vez, na medida que estas frentes de ondas circulares se propagam, provenientes das duas fendas, elas interferem entre si, formando um padrão de interferência. Young adaptou esta experiência para a luz. A Figura 2 ilustra esse mesmo fenômeno de difração e interferência, porém representado em termos de propagação dos raios de luz.

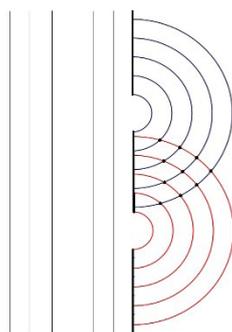


Figura 1

Figura 1

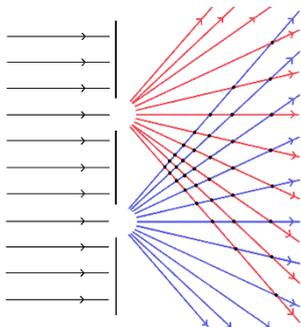


Figura 2

Para que duas ondas, cada uma proveniente de uma das fendas, interfiram construtivamente em um dado ponto P, é necessário que elas atinjam este ponto P em fase. Como nessa experiência as ondas atingem as fendas em fase, portanto a condição para a interferência construtiva em P é a de que a diferença de percurso entre estas duas ondas seja, em módulo, igual a um número inteiro m de comprimento de onda λ .

Como demonstrado nos livros de Física Geral, essa diferença de percurso pode ser dada em termos da distância d entre as fendas e da posição angular θ do ponto P. Portanto, a condição para a interferência construtiva em P pode ser escrita como $d \text{ sen } \theta = m\lambda$ (Eq. 1), sendo $m = 1$ para o primeiro máximo, conforme fornecido no enunciado da questão.

Por outro lado, a posição angular θ do ponto P (que corresponde ao primeiro máximo lateral), a distância y (entre o ponto P e o máximo central) e a distância D (entre as fendas e a tela de projeção) se relacionam por $\tan \theta = \frac{y}{D}$ (Eq. 2), conforme ilustrado na Figura 3.

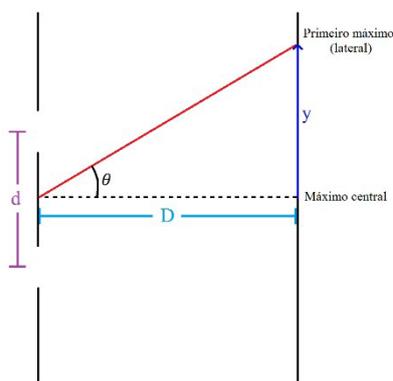


Figura 3.

Analisando-se a figura dada na questão, pode-se “medir” o valor da distância entre o máximo central e o primeiro máximo (lateral), para o qual obtém-se $y = 1,5\text{cm}$, aproximadamente. O valor da distância entre as fendas e a tela de projeção foi dado e vale $D = 0,137\text{m}$. Logo, substituindo-se esses valores na Eq.(2) obtém-se o valor:

$$\tan \theta = \frac{1,5}{13,7}.$$

Como essa razão é pequena, o valor do ângulo θ também será pequeno, o que por sua vez possibilitará usar a aproximação $\tan \theta = \text{sen } \theta$ (válida somente para ângulos pequenos).

Considerando-se que a distância entre as fendas dada no enunciado é $d = 0,0960\text{cm}$ e substituindo os outros valores numéricos na Eq. 1, tem-se:

$$\left(\frac{1,5 \text{ cm}}{13,7 \text{ cm}} \right) 0,096 \text{ cm} = 1\lambda.$$

Portanto, $\lambda = 0,0105\text{cm} = 0,105\text{mm}$.

Logo, a alternativa correta é a letra A.

QUESTÃO 32 (BACHARELADO)

Em física quântica, o comportamento de partículas subatômicas é descrito pela equação de onda ψ , que deve obedecer à equação de Schrödinger. Para estados estacionários, a equação de Schrödinger tem a sua forma geral dada por

$$\hat{H}\psi(x) = E\psi(x)$$

em que \hat{H} é o operador Hamiltoniano

$$\hat{H} = \frac{\hbar}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + V$$

em que V é o operador potencial que modela as características do meio no qual a partícula está inserida.

Considere um elétron em uma rede cristalina unidimensional que será modelada por um potencial periódico dado por $V(x) = V(x + a)$, em que a é a periodicidade da rede cristalina.

A partir da equação de Schrödinger, avalie as afirmações a seguir.

- I. O operador de translação T na rede cristalina, definido como $T\psi(x) = \psi(x + a)$, comuta com o hamiltoniano \hat{H} da rede.
- II. A função de onda $\psi(x)$ satisfaz a condição $\psi(x) = \psi(x + a)$.
- III. Para escrever $\psi(x) = e^{(ikx)}\phi(x)$, deve-se fazer $\phi(x) = \phi(x + a)$ e $k \in \mathfrak{R}$ com $k = n\pi/a$, $n \in \mathbb{N}$.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.
- D. II e III, apenas.
- E. I, II e III.

* Gabarito: A.

- * Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.
- * Autora: Professora Mestre Maria do Carmo Baptista Lagreca.

COMENTÁRIO

A afirmação I está correta. O teorema de Bloch afirma que o operador translação comuta com o operador hamiltoniano, ou seja, $(\hat{H}\hat{T} - \hat{T}\hat{H})\psi(x) = 0$.

A afirmação II, por outro lado, está incorreta. As autofunções $\psi(x)$ do operador T são dadas por $\psi(x) = e^{(ikx)}\phi(x)$, onde $\phi(x)$ é qualquer função periódica de período a , ou seja, $\phi(x + na) = \phi(x)$, para qualquer inteiro n . A função periódica $\phi(x)$ é modulada por uma onda plana de frequência k . Assim, a função de onda não satisfaz a condição imposta pela afirmativa II, quem satisfaz a condição de periodicidade é a $\phi(x)$.

A afirmação III também está incorreta. A $\psi(x)$ está sujeita às condições de ciclicidade, ou seja, $e^{(ikx)} = e^{ik(x+Na)}$, onde $e^{(ikNa)} = 1$.

Isso implica que $kNa = n2\pi$, onde n é um número inteiro incluindo o zero, no intervalo $\left[-\frac{N}{2}, \frac{N}{2}\right]$, N é igual ao número de células unitárias em uma rede cristalina e k é um número real. Assim, os vetores de onda k tem seus valores da forma $k = \frac{n2\pi}{Na}$. Os N valores de k podem ser escolhidos em qualquer uma das células unitárias do espaço recíproco. Ou seja, podemos escolher os N valores de k , usando $k = \frac{n2\pi}{Na}$ tal que, por exemplo, $0 \leq k < \frac{2\pi}{a}$ ou $-\frac{\pi}{a} \leq k \leq +\frac{\pi}{a}$, etc. Qualquer um destes intervalos é conhecido como *primeira zona de Brillouin*. Como podemos observar, $k = n\pi/a$ não pertence à *primeira zona de Brillouin*, pois a alternativa afirma que $n \in N$ e, de fato, $n \in Z$. Logo, a alternativa III está incorreta.

Portanto, a alternativa correta é a letra A.

QUESTÃO 33 (BACHARELADO)

Os múons são partículas subatômicas instáveis que podem decair com tempos de vida média de, aproximadamente, $2,2\mu s$, medidos em laboratórios. Devido à alta incidência de energia solar sobre a atmosfera terrestre, há grande produção de múons a alturas de, aproximadamente, 10 km. Após suas formações, essas partículas podem ter velocidades de $0,999c$, isto é, $\gamma = 22,4$, em que c é a velocidade da luz no vácuo e γ é o fator de Lorentz.

Considerando o ponto de vista de um observador em repouso na superfície da Terra, avalie as afirmações a seguir.

- I. O observador não consegue medir a incidência de múons na superfície da Terra.
- II. Um múon teria condições de viajar somente 660 m na atmosfera terrestre.
- III. Com os dados fornecidos, o tempo de vida média do múon, medido pelo observador, seria de $49,28\mu m$.

É correto o que se afirma em

- A. II, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.
- D. I e III, apenas.
- E. I, II e III.

* Gabarito: ANULADA.

* Tipo de questão: escolha combinada com indicação da alternativa correta.

QUESTÃO 34 (BACHARELADO)

A iluminação de um ambiente deve favorecer as atividades que nele serão realizadas. Uma sala de cirurgias, por exemplo, deve ser mais iluminada que um ambiente para leitura, como uma biblioteca. Por outro lado, em alguns ambientes, como salas de repouso, é interessante que a iluminação seja minimizada.

Suponha que um físico tenha sido consultado acerca da instalação de uma abertura no telhado de um ambiente de forma que a transmissão da radiação solar para esse local tenha intensidade de, no máximo, 240 W/m^2 . Para isso, a esquadria da abertura deve contar com um conjunto de 2 filtros polarizados.

Considerando que a intensidade máxima de radiação solar nesse local seja de 1080 W/m^2 , a consulta deve indicar que, para o efeito desejado, as direções de polarização dos dois filtros devem estar dispostas formando um ângulo θ , como $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$, tal que

- A. $\theta \geq \arccos(2/3)$.
- B. $\theta \geq \arcsen(2/3)$.
- C. $\theta \geq \arcsen(4/9)$.
- D. $\theta \geq \arccos(\sqrt{2}/3)$.
- E. $\theta \geq \arcsen(\sqrt{2}/3)$.

* **Gabarito:** A.

* **Tipo de questão:** escolha simples com indicação da alternativa correta.

* **Autores:** Mariana Adam Silveira e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

COMENTÁRIO

Uma onda eletromagnética constitui-se de campos magnético e elétrico perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação. No entanto, quando se trata de polarização, é suficiente referir-se à componente elétrica da onda para descrevê-la. Um feixe luminoso não polarizado é constituído por ondas eletromagnéticas cujas componentes elétricas vibram em todas as direções possíveis no plano perpendicular à direção de propagação do feixe, portanto, pode-se dizer que se tem a mesma intensidade de campo elétrico em duas direções quaisquer perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação do feixe.

A polarização total de um feixe de luz é o fenômeno no qual os campos elétricos das ondas vibram todos em uma mesma direção. Quando um feixe luminoso atravessa um polaroide, a componente do campo elétrico paralela à direção de orientação das moléculas do polaroide é retirada do feixe e a

componente perpendicular é transmitida. Portanto, quando um feixe não polarizado de intensidade I_0 incide no primeiro polaroide, a intensidade da luz transmitida I_1 cairá a metade, portanto $I_1 = \frac{I_0}{2}$ (Eq. 1).

Quando o feixe de luz de intensidade I_1 incide no segundo polaroide, observando-se que as direções de transmissão destes polaroides formam um ângulo θ , a intensidade luminosa I_2 transmitida pelo segundo polaroide será dada pela Lei de Malus:

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta \quad \text{Eq. (2).}$$

Nesta questão, a intensidade máxima de radiação solar incidente é $I_0 = 1080 \text{ W/m}^2$, então a intensidade I_1 transmitida pelo primeiro polaroide será:

$$I_1 = \frac{I_0}{2} = \frac{1080 \text{ W/m}^2}{2} = 540 \text{ W/m}^2.$$

Para que a intensidade luminosa ao atravessar o segundo polaroide seja, no máximo, 240 W/m^2 , o ângulo θ entre as orientações de transmissão dos dois polaroides será dado ao substituírem-se os valores numéricos na Eq. (2):

$$240 \geq 540 \cos^2 \theta$$

$$\frac{240}{540} \geq \cos^2 \theta$$

E, simplificando os valores, obtém-se:

$$\sqrt{\frac{4}{9}} \geq \cos \theta,$$

ou:

$$\frac{2}{3} \geq \cos \theta.$$

Isolando o ângulo θ , obtém-se:

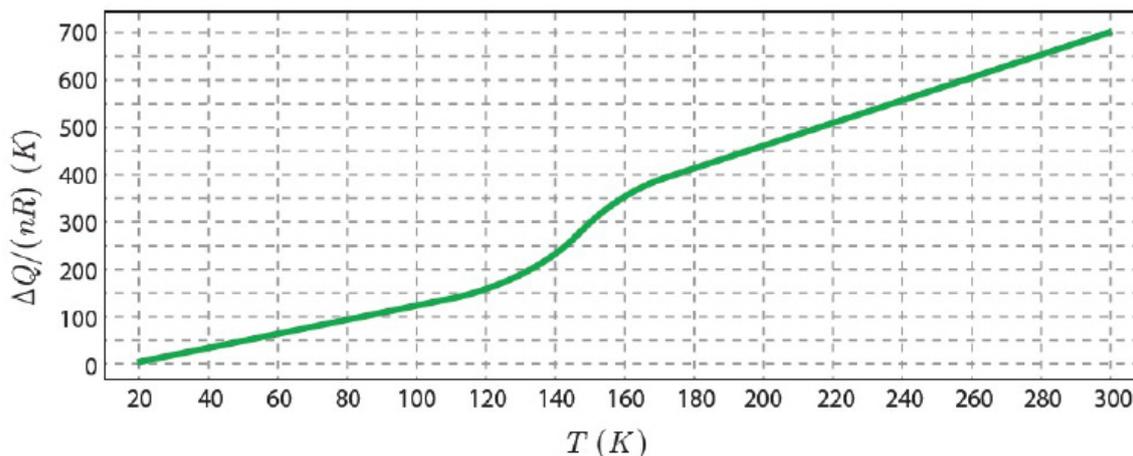
$$\theta \leq \arccos \frac{2}{3}.$$

Portanto, a alternativa correta é a A.

QUESTÃO 35 (BACHARELADO)

Um estudante realiza um experimento com gás rarefeito, que consiste em colocar o gás em um forno a volume constante e à temperatura inicial de 20 K . Em seguida, ele mede o calor fornecido ao gás em função de sua temperatura.

O resultado do experimento está representado na figura abaixo, que ilustra o gráfico da energia absorvida, ΔQ , pelo número de mols do gás, n , e pela constante universal dos gases, R , versus a temperatura absoluta, T , em kelvins.



A partir das informações acima, avalie as afirmações a seguir feitas pelo estudante em seu relatório.

- I. O gás é diatômico, com três graus de liberdade de translação e dois graus de liberdade rotacionais.
- II. O gás apresenta, nos intervalos aproximados de temperatura 20 K a 120 K e de 180 K a 300 K , valores de calor específico a volume constante iguais a $1,5 R$ e $2,5 R$, respectivamente.
- III. No intervalo de temperatura de 120 K a 180 K , há ganho significativo de energia cinética rotacional nas moléculas do gás, que origina a mudança de calor específico a volume constante.

É correto o que se afirma em

- A. I, apenas.
- B. III, apenas.
- C. I e II, apenas.
- D. II e III, apenas.
- E. I, II e III.

- * **Gabarito:** E.
- * **Tipo de questão:** escolha combinada com indicação da alternativa correta.
- * **Autores:** Matheus Ramos Caloni e Professora Doutora Maria Eulália Pinto Tarragó.

COMENTÁRIO

Para resolver esta questão, deve-se considerar que o “gás rarefeito” dado no enunciado comporta-se como gás ideal, embora a temperatura inicial seja bastante baixa.

Lembre-se de que a energia interna de um gás ideal se apresenta somente na forma de energia cinética, visto que a interação eletromagnética entre as moléculas pode ser desprezada, portanto o número de graus de liberdade do gás dependerá somente do número de maneiras diferentes de distribuir a energia cinética na molécula.

O Teorema da Equipartição de Energia permite escrever que a variação da energia interna de um gás ideal é dada por:

$$\Delta U = \frac{f}{2} nR\Delta T \quad \text{Eq. (1),}$$

na qual f é o número de graus de liberdade, n é a quantidade de matéria, R é a constante universal dos gases ideais e ΔT é a variação da temperatura.

O calor ΔQ recebido por um gás ideal a volume constante é dado por:

$$\Delta Q = nc_v\Delta T \quad \text{Eq. (2),}$$

onde c_v é o calor específico molar a volume constante. Se nesta equação isolarmos o calor específico molar a volume constante, teremos:

$$c_v = \frac{\Delta Q}{n\Delta T} \quad \text{Eq. (3).}$$

Para processos isométricos, a Primeira Lei da Termodinâmica se reduz a $\Delta U = \Delta Q$, pois não há realização de trabalho, o que possibilita igualar Eq. (1) e Eq. (2), encontrando-se para o calor específico molar a volume constante:

$$c_v = \frac{f}{2} R \quad \text{Eq. (4).}$$

Observa-se que o gráfico dado nesta questão mostra a “energia absorvida, ΔQ , pelo número de mols do gás, n , e pela constante universal dos gases, R , versus a temperatura absoluta, T , em kelvins”, e isso significa que, se quisermos o valor da energia absorvida por mols (para uma dada temperatura), deveremos multiplicar o valor lido no gráfico pela constante universal dos gases, R .

Posto isso, vamos avaliar as afirmações.

A afirmação I está correta. Pode-se ver no gráfico dado que para aumentar a temperatura de 1 mol deste gás, de 180 K a 300 K, é necessário fornecer uma quantidade de calor igual a $\frac{\Delta Q}{n} = 700RK - 400RK$. Aplicando-se a relação dada na Eq. (3), obtém-se para o calor específico molar a volume constante:

$$c_v = \frac{(700 - 400)RK}{(300 - 180)K} = \frac{5}{2}R.$$

Igualando-se o resultado acima com a Eq. (4), resulta em $c_v = \frac{f}{2}R = \frac{5}{2}R$. Conclui-se, então, que o número de graus de liberdade deste gás é 5. Portanto, este gás é diatômico (constituído por moléculas com dois átomos), pois três graus de liberdade devem-se aos movimentos de translação (nos eixos x, y e z) e dois graus de liberdade devem-se aos movimentos de rotação em torno de dois eixos, por exemplo y e z, se o “eixo de rotação que une os átomos” estiver na direção x, conforme ilustrado a seguir.

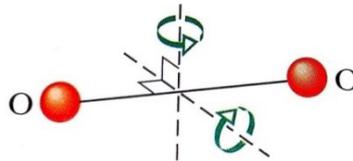


Figura 1: esquematização dos graus de liberdade rotacionais nas direções y e z de uma molécula de O₂.

Fonte: HALLIDAY, RESNICK, WALKER. **Fundamentos de Física**. 10. ed. Editora LTC. p. 243. v.2, cap. 19.

A afirmação II está correta. Pode-se “ler” no gráfico que para aumentar a temperatura de 1 mol deste gás, de 20K a 120K, é necessário fornecer uma quantidade de calor $\frac{\Delta Q}{n} = 150RK - 0RK$. Portanto, o calor específico molar a volume constante será:

$$c_v = \frac{(150 - 0)RK}{(120 - 20)K} = \frac{3}{2}R = 1,5R.$$

Para o intervalo de 180 K a 300 K, já demonstramos na afirmação I e vimos que $c_v = \frac{5}{2}R = 2,5R$.

A afirmação III também está correta. Como vimos, no intervalo de temperaturas entre **120 K** e **180 K**, o calor específico molar a volume constante é $3/2 R$, implicando o gás apresentar somente três graus de liberdade, correspondendo aos movimentos de translação nos eixos x, y e z. Por outro lado, quando a temperatura está no intervalo de **180 K** até **300 K**, o calor específico molar a volume constante é $5/2 R$ – as moléculas ganharam mais dois graus de liberdade e estes correspondem aos movimentos de rotação. Portanto, no intervalo de 120 a 180K, há um ganho significativo de energia cinética rotacional das moléculas do gás, o que se traduz no aumento do calor específico molar a volume constante.

Logo, a alternativa correta é a E.

