

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA
CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

CHAVE DE CORREÇÃO PROVA DA PROVA ESCRITA

Área 02: Ensino de Física

QUESTÃO 01

ALTERNATIVA (a)

Quais os possíveis resultados (equivocados) apresentados por uma rápida resolução do problema?

Uma rápida resolução pode levar estudantes ou professores a calcularem:

- A posição em relação a origem em 5 e 6 segundos, ou seja:

$$e(t = 5) = 25 + (40 \times 5) - 5 \times (5^2) = 100m$$

e

$$e(t = 6) = 25 + (40 \times 6) - 5 \times (6^2) = 85m,$$

obtendo como resposta 100m para 5s e 85m para 6s, respectivamente;

ou

- O deslocamento em 5 e 6 segundos, ou seja:

$$\Delta e(t = 5) = (40 \times 5) - 5 \times (5^2) = 75m$$

e

$$\Delta e(t = 6) = (40 \times 6) - 5 \times (6^2) = 60m,$$

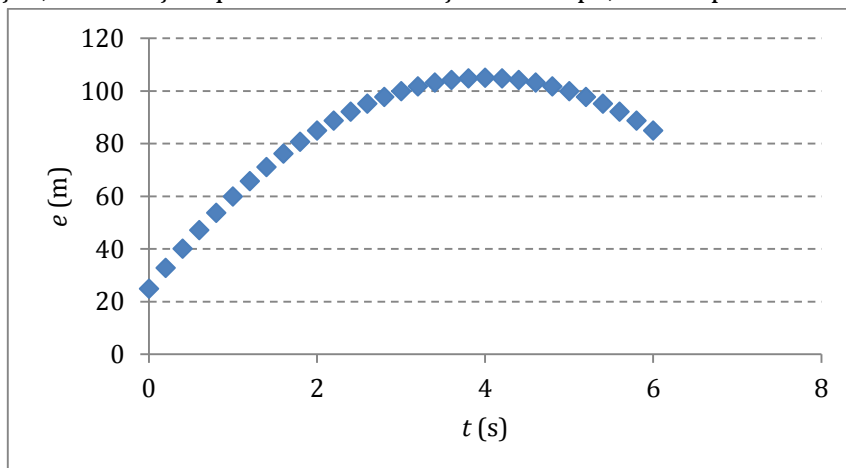
obtendo como resposta 75m para 5s e 60m para 6s, respectivamente.

Problema: “o objeto não pode ter percorrido em mais tempo menos distância!”

Quais as respostas corretas?

A equação trata-se do movimento de um objeto que avança com velocidade decrescente até parar e começar a retroceder. Assim, os resultados corretos são 85m após 5s (80m para frente e 5m para trás) e 100m após 6s (80m para frente e 20m para trás).

O gráfico da posição, uma função quadrática em relação ao tempo, é dado por:



**CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA
CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD**

CHAVE DE CORREÇÃO PROVA DA PROVA ESCRITA

Área 02: Ensino de Física

O objeto inverte o sentido do movimento em $t = 4s$, o que pode ser verificado pela derivada da equação horária (velocidade) e igualando a zero ($v = 0$):

$$v = 40 - 10t \rightarrow 0 = 40 - 10t \rightarrow t = 4s.$$

Considerando isso a distância percorrida será calculada da seguinte forma:

$$d(\text{após } 5s) = |\Delta e(t = 0 \text{ a } t = 4s)| + |\Delta e(t = 4s \text{ a } t = 5s)| = 80 + 5 = 85m.$$

$$d(\text{após } 6s) = |\Delta e(t = 0 \text{ a } t = 4s)| + |\Delta e(t = 4s \text{ a } t = 6s)| = 80 + 20 = 100m.$$

ALTERNATIVA (b)

1) A falta de reflexão qualitativa prévia, em outras palavras, ao operativismo mecânico com que se abordam nos problemas. A didática habitual de resolução de problemas costuma impulsionar a um operativismo abstrato, carente de significado, que pouco pode contribuir a uma aprendizagem significativa.

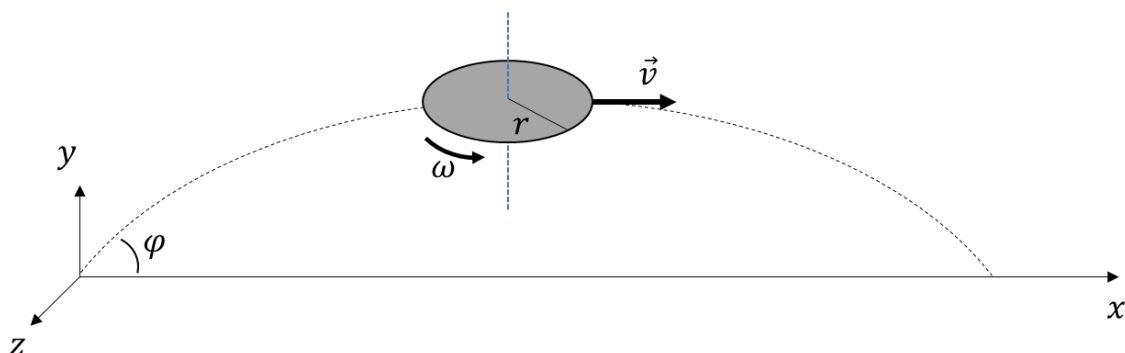
2) Um tratamento superficial que não se detém no esclarecimento dos conceitos. No problema considerado, confunde-se a distância da origem, deslocamento e distância percorrida. Além disso, a repetição de exemplos que pedem o espaço (distância da origem) e este coincide com o deslocamento e o movimento não retrocede, coincidindo com o espaço percorrido; promove não só a confundir os conceitos, mas a se tornar “desnecessária” a atenção ao sistema de referência. Os problemas, em vez de contribuir para uma aprendizagem significativa, ajudando a romper com visões confusas, favorecem sua manutenção.

Em resumo: os problemas, em vez de ser uma oportunidade privilegiada para construir e aprofundar os conhecimentos, transformam-se em reforço de erros conceituais e metodológicos.

QUESTÃO 02

ALTERNATIVA (a)

O movimento de um corpo rígido, no caso do disco, de acordo com a segunda lei de Newton é devido a ação de uma força sobre o mesmo, em algum instante de tempo. Portanto, o movimento descrito no lançamento do disco, como mostra a figura, é composto por velocidade translacional e rotacional.

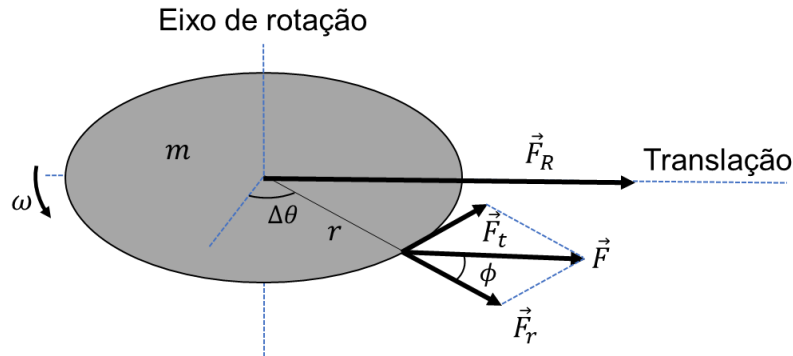


O movimento translacional é devido a velocidade linear, isto é, ao longo da trajetória, e neste caso, podemos associar a força aplicada no centro de massa do corpo. Para o movimento rotacional, a força tangencial é a responsável. As forças estão representadas, na figura, para um dado instante.

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA
CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR - EDITAL Nº 53/2018 - PROGRAD

CHAVE DE CORREÇÃO PROVA DA PROVA ESCRITA

Área 02: Ensino de Física



A força \vec{F}_R é responsável em deslocar o corpo ao longo da trajetória, a partir da variação do momento linear, desta forma

$$\vec{F}_R = \frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a}_R$$

Como é um lançamento sem resistência do ar, a força peso atua sobre o corpo e a partir da definição da aceleração, temos

$$\vec{F}_R = -mg\hat{j} \Rightarrow -mg\hat{j} = m\frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = -g\hat{j} \quad \text{integrando} \Rightarrow \vec{v} = \vec{v}_0 - gt\hat{j} \Rightarrow \vec{v} = v_0 \cos \varphi \hat{i} + (v_0 \sin \varphi - gt)\hat{j}$$

A posição do corpo é dada pela definição da velocidade

$$\vec{v} = \frac{d\vec{R}}{dt} = v_0 \cos \varphi \hat{i} + (v_0 \sin \varphi - gt)\hat{j} \quad \text{integrando} \Rightarrow$$

$$\vec{R} = [x_0 + v_0 \cos \varphi t]\hat{i} + \left[y_0 + v_0 \sin \varphi t - \frac{1}{2}gt^2 \right]\hat{j} \Rightarrow \vec{R} = x\hat{i} + y\hat{j}$$

O movimento pode ter relação com a posição, isto é, a dinâmica não está exclusivamente relacionada apenas com o tempo, logo

$$\vec{F}_R = m\frac{d\vec{v}}{dt} = m\frac{d\vec{v}}{d\vec{R}}\frac{d\vec{R}}{dt} = m\vec{v}\frac{d\vec{v}}{d\vec{R}} \quad \text{integrando} \Rightarrow \int_{R_a}^{R_B} \vec{F}_R \cdot d\vec{R} = \left[\frac{1}{2}mv_b^2 - \frac{1}{2}mv_a^2 \right]$$

onde

$$w = \int_{R_a}^{R_B} \vec{F}_R \cdot d\vec{R} \quad (\text{trabalho})$$

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA
CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

CHAVE DE CORREÇÃO PROVA DA PROVA ESCRITA

Área 02: Ensino de Física

$$\Delta K = \left[\frac{1}{2} m v_b^2 - \frac{1}{2} m v_a^2 \right] \quad (\text{energia cinética})$$

Isto significa que para uma determinada posição no espaço do campo gravitacional, existe uma energia associada e conseqüentemente para deslocar o corpo entre posições distintas, há uma transferência de energia por meio da realização de trabalho pela força. Em resumo é o que chamamos de teorema do trabalho e energia cinética

$$W = \Delta k.$$

Para o movimento rotacional, verificaremos a força \vec{F} . Aqui, podemos frisar que anteriormente, tratemos o corpo pontual de massa m para o estudo da translação, pois as dimensões do mesmo eram desprezíveis para a análise. No caso da rotação, o que vemos é que a posição de um determinado ponto do corpo é modificada (trajetória circular) em relação a um eixo de rotação. A força responsável pelo movimento circular é a componente transversal \vec{F}_t , a partir da variação do momento angular,

$$F_t = F \sin \phi$$

A capacidade de \vec{F} de fazer um corpo girar não depende apenas do módulo da componente tangencial \vec{F}_t mas também da distância r entre o ponto de m_i de aplicação e o eixo de rotação, portanto,

$$r(F \sin \phi) = (r \sin \phi)F \Rightarrow \vec{\tau}_i = \vec{r}_i \times \vec{F}_i \quad (\text{Torque})$$

$$\vec{\tau}_i = \vec{r} \times m\vec{a} = mr(a \sin \phi)[\hat{r} \times \hat{a}] = m_i r_i a_{t,i} [\hat{r} \times \hat{a}]$$

A variável a_t é a aceleração na direção da circunferência, que pode ser escrita em termos da aceleração angular α :

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{v_t}{r} \right) = \frac{a_t}{r}$$

$$a_{t,i} = r_i \alpha$$

Portanto, para a rotação do disco, o torque sobre o disco pode ser escrito como:

$$\tau = (\sum m_i r_i^2) \alpha$$

Como o disco é um corpo contínuo, a soma contínua é mais apropriada:

$$\tau = \left(\int r^2 dm \right) \alpha \Rightarrow \tau = I \alpha \quad (2^{\text{a}} \text{ lei de Newton para rotações})$$

onde I é o momento de inércia, que está relacionado como a massa está distribuída em relação ao eixo de rotação do corpo, no caso de um disco $I = \frac{1}{2} m r^2$, a segunda lei de Newton para rotação também, pode ser escrita como

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA
CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

CHAVE DE CORREÇÃO PROVA DA PROVA ESCRITA

Área 02: Ensino de Física

$$\vec{\tau}_i = \vec{r} \times m\vec{a} = \frac{d}{dt}(\vec{r} \times m\vec{v}) = \frac{d}{dt}(\vec{r} \times \vec{p}) = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

onde \vec{L} é o momento angular.

Analogamente à translação, a dinâmica no movimento rotacional pode estar relacionada com a coordenada espacial θ , ângulo em relação ao eixo de rotação do corpo,

$$\tau = I \frac{d\omega}{dt} = I \frac{d\omega}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = I\omega \frac{d\omega}{d\theta} \quad \text{integrando} \quad \int_{\theta_i}^{\theta_f} \tau d\theta = \frac{1}{2}I\omega_f^2 - \frac{1}{2}I\omega_i^2$$

onde

$$W = \int_{\theta_i}^{\theta_f} \tau d\theta \quad (\text{trabalho para a rotação})$$

$$\Delta K = \frac{1}{2}I\omega_f^2 - \frac{1}{2}I\omega_i^2 \quad (\text{energia cinética de rotação})$$

Portanto, no caso da rotação, o teorema do trabalho e energia cinética assume forma anterior.

ALTERNATIVA (b)

A tabela mostra as equações que descrevem o movimento de translação de um corpo rígido e as equações correspondentes para o movimento de rotação

Translação Pura	Rotação Pura
Posição \vec{R}	Ângulo θ
Velocidade $\vec{v} = \frac{d\vec{R}}{dt}$	Velocidade angular $\omega = \frac{d\theta}{dt}$
Aceleração $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$	Velocidade angular $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$
Massa m	Momento de Inércia I
Força \vec{F}	Torque $\vec{\tau}$
Momento linear \vec{p}	Momento Angular \vec{L}
Energia Cinética $K = \frac{1}{2}mv^2$	Energia Cinética $\frac{1}{2}I\omega^2$
Trabalho $W = \int Fdr$	Trabalho $W = \int \tau d\theta$

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA
CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

CHAVE DE CORREÇÃO PROVA DA PROVA ESCRITA

Área 02: Ensino de Física

QUESTÃO 03

Um gás pode trocar energia com o ambiente por meio do trabalho. O trabalho W realizado por um gás ao se expandir ou ao se contrair de um volume inicial V_i para um volume final V_f é dado por

$$W = \int_{V_i}^{V_f} p \, dV$$

onde p é a pressão no gás.

No caso dos processos termodinâmicos, a lei de conservação da energia assume a forma da primeira lei da termodinâmica, que pode ser enunciada de dois modos diferentes:

$$\Delta E_{int} = Q - W$$

$$dE_{int} = dQ - dW$$

Nas equações acima, E_{int} é a energia interna do material, que depende apenas do estado do material (temperatura, pressão e volume). $Q = C\Delta T = cM_a\Delta T$ ou $Q = Lm$ é a energia trocada com o ambiente, na forma de Calor. C é a capacidade térmica, c é o calor específico, M_a é a massa do material e L é o calor de transformação em mudanças de fase. Q e W dependem dos estados intermediários do processo e ΔE_{int} depende apenas dos estados final e inicial. A primeira lei da termodinâmica pode ser aplicada aos casos Figura 2:

$$\begin{aligned} \text{Processos AB Isocórico: } W &= 0, \quad \Delta E_{int} = Q \\ \text{Processos CA Isobárico: } \Delta E_{int} &= Q - W \\ \text{Processo BC isotérmico: } \Delta E_{int} &= 0, \quad W = Q \end{aligned}$$

Para um gás ideal (*moléculas não se interagem*), a pressão p , o volume V e a temperatura T estão relacionadas pela equação

$$pV = nRT \quad \text{ou} \quad pV = NkT$$

em que n é o número de mols do gás e $R = 8,31 \text{ J/Kmol}$ é a constante dos gases ideais. $k = \frac{R}{N_A} = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ é a constante de Boltzmann e $N = nN_A$ é o número de moléculas, sendo $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ é o número de Avogadro.

A energia interna de um gás ideal é função apenas da temperatura do gás, isto é, a partir da teoria cinéticas dos gases, a energia cinética de translação média de um átomo depende apenas da temperatura. Portanto, para uma amostra de n mols de um *gás ideal monoatômico*, a energia interna é

$$E_{int} = nN_A K_{méd} = nN_A \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} nRT$$

$$E_{int} = \frac{3}{2} nRT$$

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA
CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR - EDITAL Nº 53/2018 - PROGRAD

CHAVE DE CORREÇÃO PROVA DA PROVA ESCRITA

Área 02: Ensino de Física

A transferência de Calor Q em um gás ideal pode ser escrita como

$$Q = cM_a\Delta T = c(mN_A)\Delta T \Rightarrow cM = \frac{Q}{n\Delta T} = C_{V,p}$$

$$Q = nC_{V,p}\Delta T$$

Quando o calor Q é transferido à volume constante, pela primeira lei:

$$C_V = \frac{Q}{n\Delta T} = \frac{\Delta E_{int}}{n\Delta T} = \frac{3nR\Delta T}{2n\Delta T} = \frac{3}{2}R$$

$$C_V = \frac{3}{2}R \quad (\text{Calor Específico a } V = \text{Constante})$$

Portanto, no processo AB:

$$\Delta E_{int} = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}nR(T_B - T_A)$$

$$Q = \frac{3}{2}nR(T_B - T_A)$$

$$W = 0$$

Quando o calor Q é transferido à pressão constante, pela primeira lei:

$$C_p = \frac{Q}{n\Delta T} = \frac{\Delta E_{int} + W}{n\Delta T} = \frac{3nR\Delta T}{2n\Delta T} + \frac{nR\Delta T}{n\Delta T} = \frac{3}{2}R + R = C_V + R$$

$$C_p = C_V + R \quad (\text{Calor Específico a } p = \text{Constante})$$

Portanto, no processo CA:

$$\Delta E_{int} = \frac{3}{2}nR(T_A - T_C)$$

$$Q = \frac{5}{2}nR(T_A - T_C)$$

$$W = p\Delta V = p_{AC}(V_A - V_C)$$

Para o processo BC, temperatura constante, $T_B = T_C$, logo

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

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA
CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

CHAVE DE CORREÇÃO PROVA DA PROVA ESCRITA

Área 02: Ensino de Física

$$W = nRT \ln\left(\frac{V_C}{V_B}\right)$$

$$Q = nRT \ln\left(\frac{V_C}{V_B}\right)$$

Para *gases ideais diatômicos* ($f = 5$) e *poliatômicos* ($f = 6$), a molécula terá outros graus de liberdade f , rotação e translação, desta forma:

$$E_{int} = \frac{f}{2} nRT \Leftrightarrow C_V = \frac{f}{2} R$$

QUESTÃO 04

O campo elétrico no vácuo para uma carga estática q .

Partindo das equações de Maxwell

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{env}}{\epsilon_0}; \quad \oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0; \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}; \quad \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} + \mu_0 i_{env},$$

para o caso em que existam apenas cargas estáticas e correntes estacionárias, isto é,

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = 0; \quad \frac{d\Phi_E}{dt} = 0.$$

Desta forma, as equações ficam

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{env}}{\epsilon_0}; \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0; \quad \oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0; \quad \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i_{env}.$$

As duas primeiras equações definem a eletrostática e as duas últimas, a magnetostática.

A primeira equação,

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{env}}{\epsilon_0},$$

é a lei de Gauss, usada para determinar o campo elétrico \vec{E} , baseada na lei de Coulomb e no princípio da superposição, para sistemas de cargas fontes q , dispostas em uma certa simetria. A lei de Gauss define que o fluxo de campo elétrico, que atravessa uma superfície fechada imaginária, é proporcional à quantidade de cargas envolvidas por esta superfície (superfície gaussiana), onde $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ C²/Nm² é a constante de permissividade do vácuo. Para uma carga pontual q , o campo elétrico \vec{E} a uma distância r da carga é

**CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA
CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD**

CHAVE DE CORREÇÃO PROVA DA PROVA ESCRITA

Área 02: Ensino de Física

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}.$$

Este campo elétrico é observado quando uma carga de prova Q é posicionada em r . Neste caso, a carga de prova experimenta uma força dada por

$$\vec{F} = Q\vec{E}$$

A segunda equação,

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0,$$

estabelece que o campo \vec{E} é conservativo, isto é, se levamos uma carga de um ponto a até um ponto b e retorná-la para posição inicial, o trabalho realizado sobre essa carga pela força elétrica é nulo. Desta forma, para cada posição podemos associar uma energia potencial devido o campo elétrico, isto é

$$V = - \int_R^b \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Que é o potencial elétrico, onde R é um referencial local com $V = 0$.

A terceira equação,

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

é a lei de Gauss para o campo magnético \vec{B} , em que o fluxo magnético através de uma superfície gaussiana é zero. Por que é zero? Significa que as linhas, que representam o campo vetorial \vec{B} , são fechadas, sendo assim, as linhas que saem da superfície são as que entram. Lembrando que cargas elétricas positivas criam campos elétricos divergentes e cargas elétricas negativas convergentes, ou seja, as linhas do campo \vec{E} saem da carga positiva e entram na negativa. Assim, como as linhas de \vec{B} são fechadas, não são identificadas fontes pontuais magnéticas. Portanto, a lei de Gauss para \vec{B} , também, exprime que a estrutura magnética mais simples que é o dipolo magnético.

O campo magnético no vácuo para uma corrente estacionária i através de um fio longo.

A quarta equação,

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i_{env},$$

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA
CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR – EDITAL Nº 53/2018 – PROGRAD

CHAVE DE CORREÇÃO PROVA DA PROVA ESCRITA

Área 02: Ensino de Física

é a lei de Ampère, que analogamente à lei de Gauss para \vec{E} , determina o campo magnético \vec{B} em uma linha fechada (amperiana) que envolve uma corrente estacionária i (simetria adequada). Ou seja, a intensidade do campo \vec{B} a uma distância r de um fio é proporcional a corrente conduzida por este fio, onde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ é a constante de permeabilidade do vácuo. Desta forma, para um fio com corrente, o campo magnético é dado por

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$

É o mesmo resultado quando se aplica a lei de Biot-Savart

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{id\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}.$$

QUESTÃO 05

Um roteiro de uma prática experimental sobre difração

Título: deverá corresponder a situação física apresentada na Figura 1 e conter a palavra difração.

Objetivo: relatar a ação que será desenvolvida como, por exemplo, “medir o espaçamento da rede e a frequência espacial da rede de difração”.

Materiais utilizados: laser, rede de difração, anteparo, régua e/ou trena.

Introdução teórica:

O candidato deverá falar um sobre o que seria uma rede de difração como sendo um elemento óptico formado por uma série de fendas e obstáculos repetidos que provocam variações periódicas na amplitude e/ou fase de uma onda eletromagnética. A equação $d \sin \theta = m\lambda$ ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) deverá ser citada e explicada, assim como cada uma de suas grandezas.

Procedimentos: a seguir será relatado um possível modelo de etapas.

1. Faça incidir a luz do laser perpendicularmente na região central a rede de difração.
2. Coloque o anteparo na frente e a uma distância, por exemplo, com $L = 20,0$ cm da rede de difração de modo a observar as duas primeiras ordens de difração ($m = 0, \pm 1$) como mostra a Figura 1.
3. Utilizando uma régua, meça a distância Y_1 entre o máximo central ($m = 0$) e o primeiro máximo de interferência ($m = -1$ ou $m = +1$) no anteparo.
- 1.4. Determine o ângulo θ_1 em radianos, o espaçamento da rede d e a sua frequência espacial f em linhas por milímetro.

Possíveis dificuldades que os alunos poderiam ter:

- Visualização das linhas formadas no anteparo.
- Medição de Y_1 .
- Determinação do ângulo θ_1 é efetuada a partir da $\tan \theta_1 = \frac{Y_1}{L}$.
- Uso da calculadora como na obtenção do ângulo em radianos.
- Conversão de unidades (nm em mm) para a determinação de f .