



UFOP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas

Programa de Pós-graduação em Ensino de
Ciências - nível mestrado profissional

Seleção da primeira etapa de avaliação
em conhecimentos específicos

Instruções para a realização da prova

- Neste caderno responda às questões da prova de conhecimentos específicos de **Ensino de Física** (Questões 1 a 3).
- A prova deve ser feita à caneta, azul ou preta.
- Atenção: nas questões que exigem cálculo, não basta escrever apenas o resultado final. É necessário mostrar a resolução ou o raciocínio utilizado para responder às questões.
- Durante a realização das provas **não é permitido** o uso de qualquer aparelho eletrônico (calculadoras, relógios, celulares, *iPad's*, *tablets*). Estes aparelhos **devem permanecer desligados** e guardados embaixo das carteiras dos participantes.
- A duração total da prova é de **03 (três) horas**.

Número de inscrição do(a) candidato(a):

--

ATENÇÃO

Os rascunhos **não** serão considerados na correção.

Seleção da primeira etapa de avaliação em conhecimentos específicos

QUESTÃO 1

A Figura 1 representa um sistema formado por duas cunhas **A** e **B**, ambas com massa igual a m , sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa; não há contato entre a cunha **A** e essa superfície horizontal. O coeficiente de atrito estático entre as superfícies das cunhas é igual a μ_e . Sob ação de uma força \vec{F} horizontal constante, aplicada em **B**, como mostra a Figura 1, o sistema se move em movimento retilíneo uniformemente acelerado, sem que a cunha **A** deslize sobre a cunha **B**. O módulo de \vec{F} e demais condições são tais que o atrito entre as cunhas tem que impedir a cunha **A** de deslizar para cima sobre a **B**. Considere como dados m , \vec{F} , μ_e , o ângulo θ indicados na Figura 1 e a aceleração da gravidade \vec{g} .

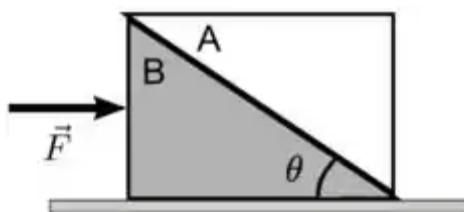


Figura 1. Sistema formado pelas cunhas **A** e **B**.

- Determine a força resultante sobre a cunha **A**.
- Calcule o módulo da força total que a cunha **B** exerce sobre a cunha **A**.
- Represente em um diagrama todas as forças que agem sobre cada uma das cunhas.
- Calcule o módulo da força de atrito entre as cunhas.
- Determine a máxima intensidade da força aplicada \vec{F} , de modo que a cunha **A** ainda não suba deslizando sobre a cunha **B**.

1) DADOS: $\begin{cases} M_e \\ m \\ g \\ F \\ \theta \end{cases}$

X: $F_r = F$

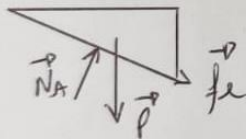
$(m+m) \cdot a = F$

$a = \frac{F}{2m}$

A $F_{KA} = m \cdot a$

$F_{KA} = m \cdot \frac{F}{2m} = \frac{F}{2}$

DCL
A



$\vec{F}_R - \vec{P} = \vec{f}_e + \vec{N}_A$

$\vec{F}_R = \vec{P} + \vec{f}_e + \vec{N}_A$

$\vec{R}_{\text{CHÃO}} = \vec{f}_e + \vec{N}_A$

$\vec{R}_{\text{CHÃO}} = \vec{F}_R - \vec{P}$

$|\vec{R}_{\text{CHÃO}}|^2 = R_{\text{CHÃO}x}^2 + R_{\text{CHÃO}y}^2$

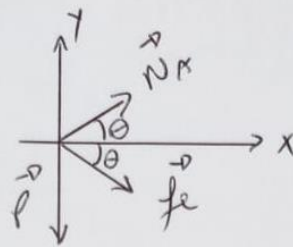
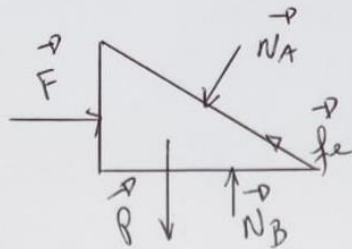
$|\vec{R}_{\text{CHÃO}}|^2 = F_R^2 + P^2 = \left(\frac{F}{2}\right)^2 + (mg)^2$

$|\vec{R}_{\text{CHÃO}}| = \sqrt{\frac{F^2}{4} + (mg)^2}$

$\vec{R}_{\text{CHÃO}x} = F_R$

$\vec{R}_{\text{CHÃO}y} = -P$

DCL
B



$$y: mg + f_{ey} = N_{Ay} \quad f_{ey} = f_e \sin \theta$$

$$mg + f_e \sin \theta = N_A \cos \theta \quad N_{Ay} = N_A \cos \theta$$

$$mg = N_A \cos \theta - f_e \sin \theta$$

$$x: F_R = f_{ex} + N_{Ax}$$

$$f_{ex} = f_e \cos \theta$$

$$N_{Ax} = N_A \sin \theta$$

$$\frac{F}{2} = f_e \cos \theta + N_A \sin \theta$$

$$F = 2 f_e \cos \theta + 2 N_A \sin \theta$$

$$\begin{cases} mg = N_A \cos \theta - f_e \sin \theta & (x - 2 \sin \theta) \\ F = 2 f_e \cos \theta + 2 N_A \sin \theta & (x \cos \theta) \end{cases}$$

$$\begin{cases} -2mg \sin \theta = -2N_A \sin \theta \cos \theta + 2f_e \sin^2 \theta \\ F \cos \theta = 2N_A \cos \theta \sin \theta + 2f_e \cos^2 \theta \end{cases}$$

$$F \cos \theta - 2mg \sin \theta = 2f_e \sin^2 \theta + 2f_e \cos^2 \theta$$

$$f_e = \frac{F \cos \theta - 2mg \sin \theta}{2}$$

SITUAÇÃO Limite $f_c = N_A \mu_c$

$$m_f = N_A \omega \theta - N_A \mu_c \operatorname{sen} \theta$$

$$F = 2 N_A \operatorname{sen} \theta + 2 N_A \mu_c \omega \theta$$

$$N_A = \frac{m_f}{\omega \theta - \mu_c \operatorname{sen} \theta}$$

$$N_A = \frac{F}{2 \operatorname{sen} \theta + 2 \mu_c \omega \theta}$$

$$\frac{m_f}{\omega \theta - \mu_c \operatorname{sen} \theta} = \frac{F}{2 \operatorname{sen} \theta + 2 \mu_c \omega \theta}$$

$$F = 2 m_f \left(\frac{\operatorname{sen} \theta + \mu_c \omega \theta}{\omega \theta - \mu_c \operatorname{sen} \theta} \right)$$

$$a) \quad F_{KA} = \frac{F}{2}$$

$$b) \quad |\vec{R}_{\text{CHÃO}}| = \sqrt{\frac{F^2}{4} + (m_f)^2}$$

$$d) \quad f_c = \frac{F \omega \theta - 2 m_f \operatorname{sen} \theta}{2}$$

$$e) \quad F = 2 m_f \left(\frac{\operatorname{sen} \theta + \mu_c \omega \theta}{\omega \theta - \mu_c \operatorname{sen} \theta} \right)$$

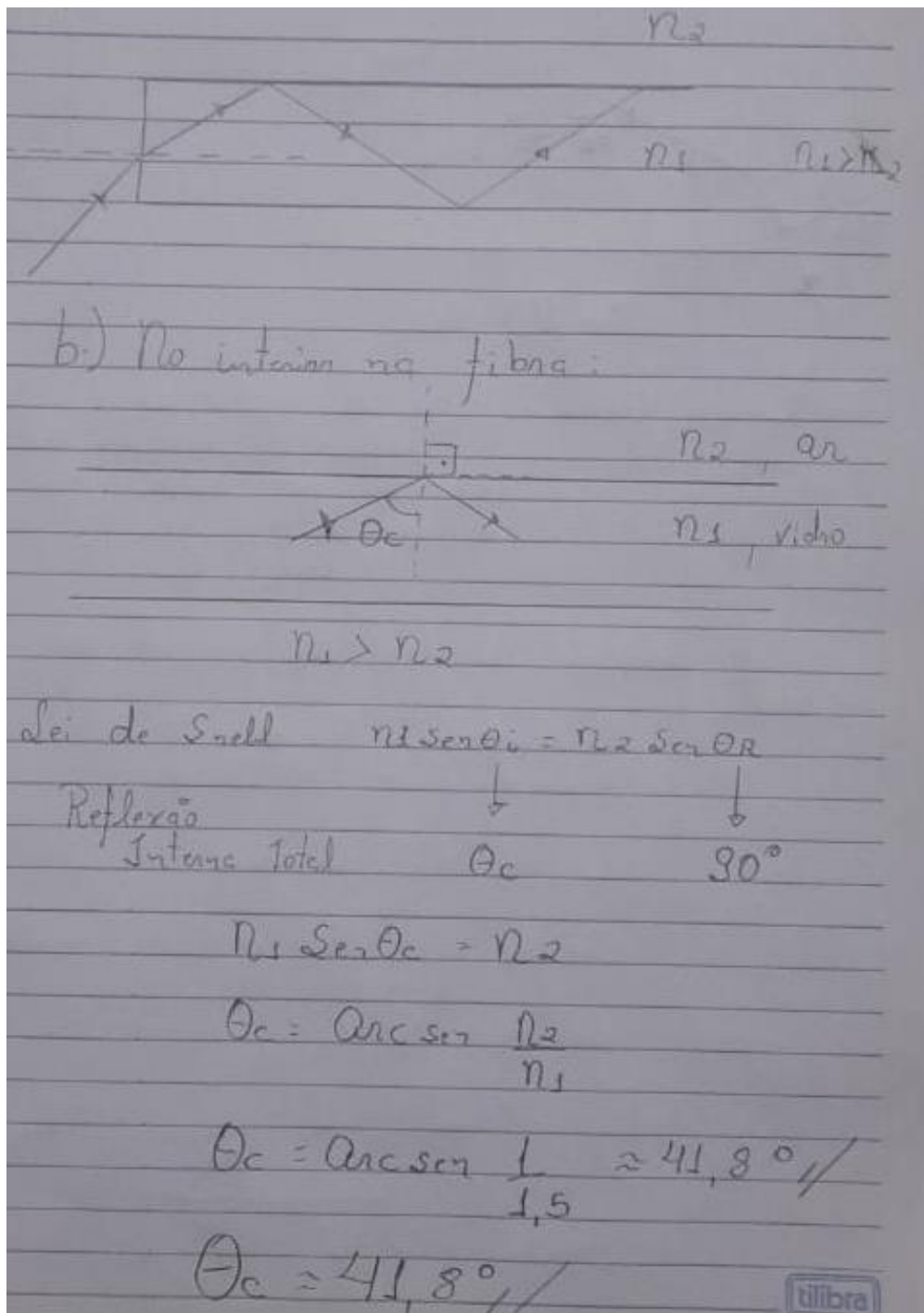
QUESTÃO 2

A luz, uma onda Eletromagnética, é um tema central e presente em vários desenvolvimentos conceituais na Física. No mesmo sentido, são inúmeros os desenvolvimentos tecnológicos baseados na propagação da luz e diferentes fenômenos tais como: reflexão, refração, difração e polarização.

Considerando uma fibra óptica (Figura 2) com núcleo de vidro rodeado por ar e os correspondentes índices de refração destes materiais para a propagação da luz com um certo comprimento de onda, respectivamente, $n_{\text{vidro}}=1,5$ e $n_{\text{ar}}=1$, responda:



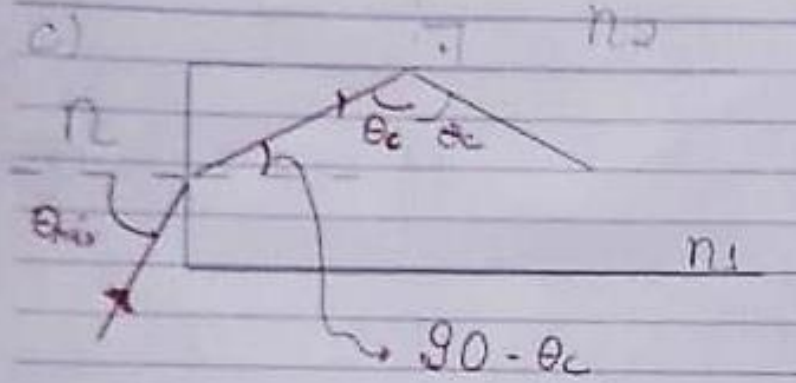
- a) Explique os princípios básicos envolvidos no funcionamento de uma fibra óptica (mencione os fenômenos ópticos envolvidos, faça esboços ilustrando os dióptros e a propagação da luz nos meios).
- a) A fibra óptica é um importante aparato com implicações na transmissão de dados (telecomunicações) e na construção de sensores de diversos tipos. Seu funcionamento baseia-se no fenômeno da Reflexão Interna Total. Poderiam ser comentados sobre os termos/fenômenos: refração, reflexão, dióptro, propagação da luz, mudança de meio, índice de refração, reflexão interna total, guia de onda.
- b) Qual o ângulo crítico para guiamento da luz no interior desta fibra?
- b) Conforme esquema abaixo, no interior da fibra poderá ocorrer a reflexão interna total. Para isto, é condição necessária que o índice de refração do núcleo da fibra seja maior do que o índice de refração do material externo ao núcleo, ar por exemplo. A Reflexão interna Total ocorre para ângulos acima de um certo valor a partir do qual o feixe refratado forma um ângulo de 90° com a normal ao ponto de incidência. Este ângulo limite é chamado de ângulo crítico.



- c) Para uma fibra com sua face cortada perpendicularmente a sua direção longitudinal (fibra cilíndrica), qual deverá ser o maior ângulo formado entre o feixe incidente e a direção perpendicular a face da fibra ($\theta_{\text{MÁX}}$) que garante o confinamento dos feixes de luz no interior desta fibra?
- c) Pode-se calcular o ângulo máximo de entrada de um feixe de luz na fibra $\theta_{\text{MÁX}}$ considerando-se a Reflexão Interna Total e a Refração que ocorre no dióptro de entrada desta fibra. Para os valores de índice de refração apresentados nesta fibra simples de núcleo de vidro envolto

por ar, este ângulo $\theta_{MÁX}=90^\circ$. Este parâmetro é associado ao termo Abertura numérica da fibra. Deixa-se aqui os cálculos para um caso geral.

c)



Caso geral: fibra de núcleo com índice de refração n_1 envolta por meio n_2 a face voltada ao ar, n

A refração na face de entrada da fibra:

$$n \sin \theta_{i\max} = n_1 \sin 90 - \theta_c$$

$$n \sin \theta_{i\max} = n_1 \cos \theta_c$$

$$\cos \theta_c = \frac{n}{n_1} \sin \theta_{i\max}$$

$$\cos^2 \theta_c = \left(\frac{n}{n_1} \right)^2 \sin^2 \theta_{i\max} = 1 - \sin^2 \theta_c$$

onde $\sin \theta_c = n_2 / n_1$

$$\frac{n^2}{n_1^2} \sin^2 \theta_{i\max} = 1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}$$

$$n \sin \theta_{i\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Inicialmente, esta questão discute uma importante aplicação tecnológica que fundamenta toda a área de telecomunicações e transmissão de dados. Contudo, dada a relevância da luz no desenvolvimento da Física:

- d) Mencione e disserte sobre situações de desenvolvimento e/ou discussão conceitual na Física onde a luz se posiciona como um elemento central (relevante).
- d) Nesta questão, o(a) candidato(a) poderia comentar sobre vários pontos, entre eles:
- Natureza da Luz, onda ou partícula;
 - Relatividade, c como velocidade constante e limite;
 - Existência do Éter;
 - Quantização da energia, Séries de Balmer, Paschen e Lyman, Radiação do Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico;
 - Gravitação;
 - Dualidade onda partícula;
 - Estabelecimento de padrões para unidades de medida, padrões de tempo e distância em termos de propriedades da luz;
 - Interação da radiação com a matéria, etc.

QUESTÃO 3

No final do século XIX foi apresentado o experimento do efeito fotoelétrico (Hertz 1887). Hertz demonstrou que quando se fazia incidir luz na superfície de alguns metais, estes emitiam elétrons (efeito fotoelétrico). Na época, apesar da comunidade científica ainda contestar tais resultados, alguns cientistas passaram a evidenciar como *superação dos paradoxos da visão clássica* (visão Newtoniana). Mais tarde, em 1905, Einstein mostrou que a luz comportava-se de forma quantizada, distribuindo-se em pequenos “pacotes” de energia que arrancavam elétrons do metal se, e somente se, esses pacotes tivessem um nível de energia que pudesse ser absorvido pelos átomos do metal:

$$E = eV_0 = h \frac{c}{\lambda}$$

Onde:

e (carga do elétron) = $1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$;

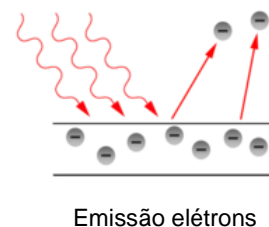
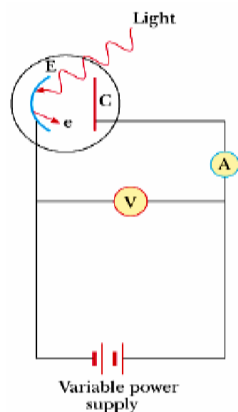
V_0 (potencial de corte);

h (constante de Planck);

c (velocidade da luz no vácuo) = $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$;

λ (comprimento de onda)

- a) Baseado em seu entendimento, faça um esboço (desenho) do experimento do efeito fotoelétrico, cite e explique no mínimo três destes paradoxos que foram superados, apontando as *diferenças entre a visão clássica e a nova visão da Física Moderna*;



1º) Se a frequência da radiação incidente for inferior a um determinado valor (característico do metal iluminado), não há emissão de elétrons.

Visão Clássica: Classicamente, os elétrons deveriam ser emitidos para qualquer frequência, desde que a intensidade luminosa fosse suficiente;

Visão Quântica: Se a energia dos fótons incidentes for menor do que a função de trabalho ϕ , os elétrons não terão energia suficiente para escaparem do metal.

2º) A energia cinética máxima dos foto-elétrons aumenta com a frequência da luz incidente, mas não com a intensidade.

Visão Clássica: Classicamente, essa relação entre a frequência da luz e a energia cinética dos elétrons não era esperada;

Visão Quântica: A energia cinética máxima é $E_{cMax} = h \nu - \phi$

3º O tempo de atraso entre o momento em que a luz é ligada e a ejeção dos primeiros elétrons é desprezível (10^{-9} s), não sendo afetado pela intensidade ou pela frequência da luz.

Visão Clássica: Classicamente, quanto menor fosse a intensidade e a frequência, maior seria o tempo de atraso;

Visão Quântica: A transferência de energia (por colisão) entre um fóton e um elétron é muito rápida!

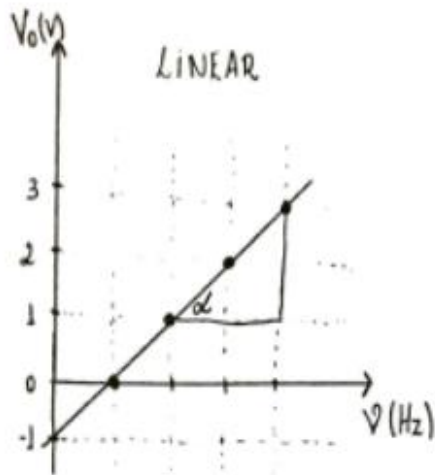
- b) Para um material do cátodo de uma experiência do efeito fotoelétrico, verifica-se um potencial de corte de 1 V para $\lambda=600$ nm, 2 V para $\lambda=400$ nm e 3 V para $\lambda=300$ nm. Calcule o valor da constante de Planck (h).

$V_0 = 1V$	$V_0 = 2V$	$V_0 = 3V$	$c = \lambda \cdot \nu \rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$
$\lambda = 600 \text{ nm}$	$\lambda = 400 \text{ nm}$	$\lambda = 300 \text{ nm}$	
$\nu = 0,5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$	$\nu = 0,75 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$	$\nu = 1,0 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$	

$$E_{c\text{máx}} = e V_0 \leftrightarrow E_{c\text{máx}} = h\nu - \Phi \text{ logo: } eV_0 = h\nu - \Phi$$

$$V_0 = \frac{h\nu}{e} - \frac{\Phi}{e} \rightsquigarrow Y = aX - b \quad a = h/e$$

$$b = -\Phi/e$$



pelos gráficos $V_0 = 0 \rightarrow \nu = 0,25 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

$$0 = \frac{h \cdot 0,25 \cdot 10^{15}}{e} - \frac{\Phi}{e}$$

$$\frac{\Phi}{h} = 0,25 \cdot 10^{15}$$

pelos gráficos $\nu = 0 \rightarrow V_0 = -1V$

$$-1 = \frac{h \cdot 0}{e} - \frac{\Phi}{e}$$

$$\frac{-\Phi}{e} = -1$$

$$\Phi = e \cdot 1$$

$$\Phi = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1V$$

$$\Phi = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\alpha = \frac{\Delta V_0}{\Delta \nu} = \frac{3 - 1}{1,0 \cdot 10^{15} - 0,5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}} = \frac{2}{0,5 \cdot 10^{15}} = 4 \cdot 10^{-15} \frac{\text{J} \cdot \text{s}}{\text{C}}$$

$$\alpha = \frac{h}{e} = 4 \cdot 10^{-15} \frac{\text{J} \cdot \text{s}}{\text{C}}$$

$$h = \left(4 \cdot 10^{-15} \frac{\text{J} \cdot \text{s}}{\text{C}} \right) \cdot \left(1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \right)$$

$$h = 6,4 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$