
Caderno de Questões – Teoria II
Instruções

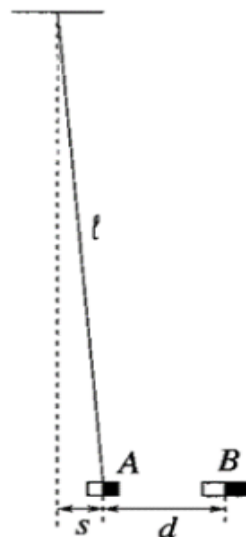
1. Este caderno de questões contém **DEZ** folhas, incluindo esta com as instruções. Confira antes de começar a resolver a prova.
2. A prova é composta por **QUATRO** questões. Cada questão tem o valor indicado no seu início. A prova tem valor total de **100 pontos**.
3. Use as **Folhas de Resposta** fornecidas para as resoluções, e coloquem **número das páginas** com identificação da questão. Use somente a parte da frente das folhas de resposta na resolução, o verso poderá ser utilizado para rascunhos.
4. As **Páginas de Rascunho** devem ser identificadas como tal e não serão levadas em consideração.
5. É permitido apenas o uso de caneta cor **azul ou preta, régua e calculadora não programável**. O uso do lápis e da borracha é permitido apenas no rascunho e no auxílio para a construção de gráficos.
6. Este caderno deve ser **devolvido** ao final da prova juntamente com as folhas de respostas e de rascunhos dentro do envelope disponível sobre sua mesa.
7. O estudante deverá permanecer na sala, **no mínimo**, 60 minutos.
8. A prova tem duração de **QUATRO HORAS**

Nome:	Série:
Nº e tipo de documento de identificação apresentado:	
Nome da Escola:	
Cidade:	Estado:
e-mail:	
Assinatura	

Questão 1: (25 pontos)

Um magneto A (ímã) muito pequeno de massa m é suspenso horizontalmente por uma corda inextensível de comprimento $l = 1$ m. Um outro magneto B também muito pequeno é aproximado lentamente ao magneto A de modo que os eixos horizontais dos magnetos estão sempre alinhados. Vide gráfico abaixo. Observa-se que quando a distância entre os magnetos atinge $d_0 = 4$ cm, e que o magneto A está a uma distância $s_0 = 1$ cm da sua posição inicial, o sistema permanece em equilíbrio. No entanto, a partir desta situação uma ínfima perturbação do magneto A para a direita faz com que este se mova abruptamente na direção de B. Considerando que a dependência da força de interação magnética em relação à distância x entre os magnetos pode ser escrita por $F_{MAG}(X) = \mp \frac{K}{x^n}$ onde o sinal depende da orientação relativa dos magnetos. Pergunta-se:

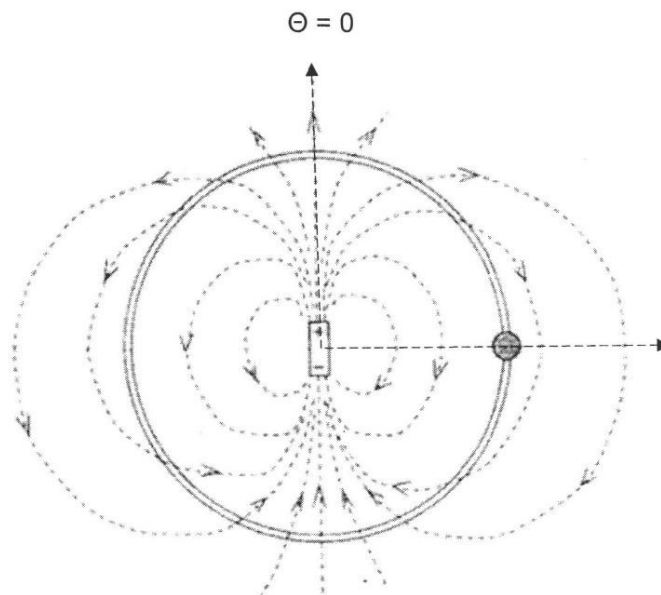
- Determine e coloque na figura as forças horizontais exercidas no magneto A para uma posição de equilíbrio qualquer.
- Determine os valores do n , e de K considerando $g = 10$ m/s² e $m = 10$ g.



Questão 2: (25 pontos)

Uma pequena missanga (conta) condutora de massa m e carga Q pode deslizar livremente sem atrito em um fio isolante e circular de raio R . Um dipolo elétrico de momento dipolo elétrico P muito pequeno é fixado no centro do círculo com o eixo do dipolo no plano do círculo em ângulo $\theta = 0$. Inicialmente a missanga está fixada no plano da simetria do dipolo como na figura abaixo com $\theta = \pi/2$. Ignorando o efeito da gravidade no movimento, assumindo que as forças elétricas são muito maiores que as gravitacionais, pergunta-se:

- Determinar a velocidade da missanga depois de ser solto da posição inicial.
- Determinar a força normal exercida pelo fio isolante na missanga.
- Em que ponto do círculo a missanga atingirá novamente a velocidade nula após a liberação?
- Qual seria o movimento da missanga se não existisse o fio circular?



Questão 3: (25 pontos)

Quando um filamento metálico, como tungstênio, é aquecido a alta temperatura observamos emissão de elétrons do metal denominada emissão termiônica de metais. Esta descoberta foi a base de toda eletrônica no início do século 20 com o desenvolvimento de tubos eletrônicos, e mesmo atualmente encontramos em vários dispositivos como tubos de raios catódicos e magnetrons. Para observar a corrente termiônica, o filamento emissor (catodo) e o coletor (anodo) são colocados em ambiente de vácuo para eliminar colisões de elétrons com os átomos presentes no meio. O filamento emissor sob alta temperatura perde os elétrons para o meio, onde devido ao efeito de carga espacial próximo ao filamento, forma-se uma nuvem eletrônica ao redor do filamento que acaba inibindo a emissão de elétrons subsequentes. Para evitar a formação desta nuvem de carga espacial, uma diferença de potencial é aplicada entre o filamento e o coletor. A equação que define a emissão termiônica do filamento em relação a sua temperatura é denominada de equação de Richardson:

$$J_R = A_0 T^2 e^{-\frac{e\phi}{k_B T}}$$

Onde J_R é a densidade de corrente emitido pelo filamento, T é a temperatura em graus Kelvin, $A_0 = 3,5 \times 10^4 \text{ A}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$ e ϕ =função trabalho de tungstênio=4,52 V. A temperatura do filamento T pode ser obtida observando a variação linear da resistividade com a temperatura. A resistência é obtida monitorando a tensão e corrente aplicada no filamento, vide figura abaixo. A resistividade do tungstênio a temperatura ambiente de 27° C é de $5,64 \times 10^{-6} \text{ } \Omega/\text{cm}$, o filamento tem comprimento $l = 6,65 \text{ cm}$ e diâmetro de $0,018 \text{ cm}$. O coeficiente de temperatura do tungstênio pode ser assumido de $0,004 \text{ K}^{-1}$

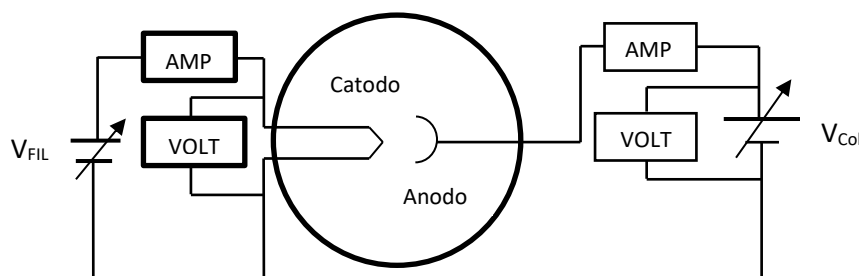
Por outro lado, a equação que mostra o efeito do potencial acelerador entre o catodo e o anodo para corrente termiônica é denominada Lei de Child. A densidade de corrente coletada pelo anodo depende também da geometria entre os dois eletrodos, sendo o mais comum

plana ou cilíndrica. Para o caso de geométrica cilíndrica, onde o catodo é colocado no centro do cilindro e o anodo na forma cilíndrica, temos:

$$J_c = \frac{4\epsilon_0}{9} \sqrt{\frac{2e}{m}} V^{\frac{3}{2}} r_a^{-2} \beta^{-2}$$

Onde J_c é a densidade de corrente coletado pelo anodo, V a diferença de voltagem aplicada entre catodo e anodo, e o diâmetro interno do cilindro $r_a = 3,23$ cm, e β é o coeficiente que depende da razão entre os raios do filamento, $\beta = 103,7 \times 10^{-2}$. Pergunta se:

- Considerando que a voltagem e corrente observadas nos respectivos medidores no filamento indicam 2,0 V e 1,70 A, determine a temperatura do filamento.
- Para a temperatura do item a) determine a corrente de saturação que pode obter.
- Esboce o gráfico linear de voltagem versus corrente termiônica observadas nos medidores do coletor. Como podemos verificar se as dependências destes parâmetros estão corretas?
- De que outra forma podemos determinar a temperatura do filamento utilizando os dados obtidos neste trabalho? E com este resultado, como podemos verificar o valor do função trabalho do filamento?



Questão 4: (25 pontos)

Em um experimento de efeito fotoelétrico, uma radiação de comprimento de onda conhecida ilumina um eletrodo, denominado de catodo (emissor de elétrons), que possui função trabalho W_c (energia que um elétron dentro do catodo precisa para que a mesma possa vencer a energia de ligação do elétron no material). Dependendo de certas condições da onda incidente, um elétron (fotoelétron) pode ser emitido e avançar em direção ao anodo (coletor de elétrons), que possui um função trabalho W_a . O função trabalho do anodo é maior que a do catodo para evitar emissão de elétrons secundários e novos fotoelétrons (pois só estamos interessados nos fotoelétrons emitidos pelo catodo). O circuito elétrico do experimento é mostrado na Figura 1 abaixo. Nesta figura o eletrômetro mede correntes baixíssimas, da ordem de 10^{-10} A. O multímetro mede a voltagem, DC aplicada nos dois eletrodos, e um potenciômetro regula a tensão aplicada nos eletrodos de uma bateria, em geral de ~ 7 V contínuo. Para se obter radiações de comprimentos de onda conhecidas, utilizamos uma lâmpada de mercúrio (Hg) com uma rede de difração para se obter as linhas espectrais. Na tabela1 abaixo listamos as principais linhas espectrais emitidas pelo vapor de mercúrio. Notando que o lado negativo da fonte é conectado ao anodo, de modo a repelir os fotoelétrons quando uma ddp é aplicada. E que a tensão observada entre os eletrodos é diferente da

tensão aplicada nos eletrodos. E que o função trabalho dos dois eletrodos devem atuar de modo distinto para os fotoelétrons. Responda:

- Qual deve ser o maior valor do função trabalho do catodo para que exista emissão de fotoelétrons para todas as cores dos espectros de mercúrio?.
- Considerando que um fóton $h\nu$ de maior energia dos espectros tenha iluminado o catodo, e que o mesmo tenha emitido fotoelétrons de uma certa energia, escreva a equação que relaciona a voltagem observada no multímetro com os demais elementos do circuito como comprimento de onda incidente no catodo e uma voltagem qualquer fornecida pelo potenciômetro.
- Considerando item b) acima, e admitindo que você é livre para ajustar a resistência no potenciômetro, explique e discuta em que valores de tensão teremos uma leitura de corrente máxima, nula e mínima no eletrômetro?
- De que forma podemos determinar o função trabalho do anodo de acordo com os dados experimentais obtidos nos itens anteriores?
- Esboce a curva de corrente versus voltagem para um espectro de emissão, e discuta que tipo de informações podemos obter desta curva.

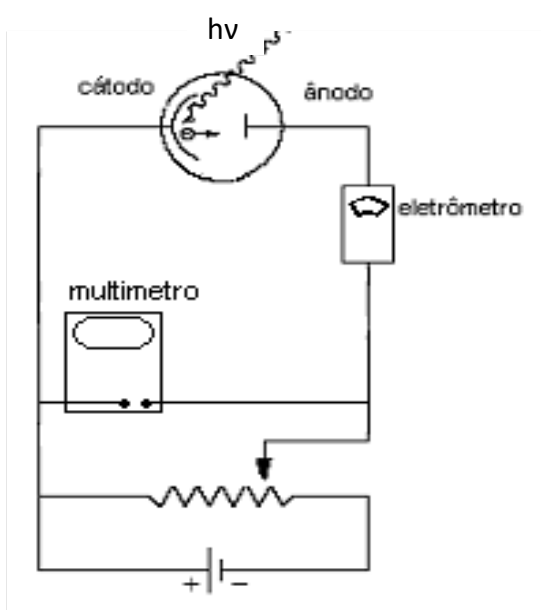


Figura 1: Esquema Exp. Fotoelétrico.

Tabela 1: Espectro do Mercúrio (Hg)

Cor	Frequência ($\times 10^{14}$ Hz)	Comprimento de onda (nm)
Vermelho	4,34	690,8
Amarelo	5,19	578,0
Verde	5,49	546,1
Azul	6,88	435,8
Violeta	7,41	404,7
Ultravioleta	8,20	365,5

Algumas Constantes da Física e Fatores de Conversão.

$c = 3,00 \times 10^8$ m/s
 $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C
 $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ kg
 $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$ kg
 $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ F/m
 $\mu_0 = 1,26 \times 10^{-6}$ H/m
 $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s
 $R = 8,31$ J/mol.K

$k_B = 1,38 \times 10^{-23}$ J/K
 1 Joule = $6,24 \times 10^{18}$ eV = 1×10^7 erg
 1 atm = $1,013 \times 10^5$ Pa = 760 mmHg
 1 bar = 0,1 Mpa
 1 torr = 1 mm Hg
 1eV = $1,60 \times 10^{-19}$ J



Avaliação Teórica I Seleção Final 2018
Olimpíadas Internacionais de Física
14 de Março de 2018



