



Sociedade Portuguesa de Física

Olimpíadas de Física

Etapas Nacional

06 DE JUNHO DE 2015

DURAÇÃO DA PROVA: 1 h 15 min

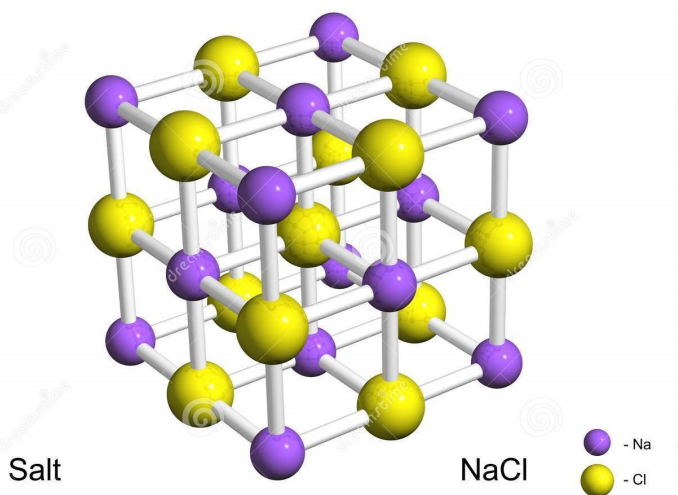
PROVA TEÓRICA Escalão B

Problema 1 – CRISTAIS

Os sólidos cristalinos, como o cloreto de sódio (composto muito comum no sal da cozinha), apresentam uma distribuição espacial regular dos seus átomos. Em muitos problemas físicos, é útil considerar a existência de um volume mínimo que, por justaposição no espaço, reproduz a chamada rede cristalina. A este volume chama-se célula unitária.

Na figura 1, podemos ver uma célula unitária da estrutura cristalina do NaCl, que é um cubo com lado de comprimento $a = 5.6402 \times 10^{-10}$ m.

Figura 1.



Download from
Dreamstime.com
This watermark is for previewing purposes only.

8059853
Vasilyev | Dreamstime.com



i) Indica, justificando, quantos átomos de cloro e de sódio há na célula unitária representada na figura 1.

ii) Sabendo que a massa molar do cloro, Cl, é $35,5 \text{ g mol}^{-1}$ e que a densidade do cloreto de sódio é $2,22 \text{ g cm}^{-3}$, calcule a massa de um átomo de sódio na unidade SI.

iii) A ordem de grandeza da energia de coesão por mole de pares de iões pode ser estimada utilizando um modelo simples para o cristal. A energia de atração entre duas cargas com sinais opostos é dada por:

$$U = -k \frac{|q_1 q_2|}{d}$$

sendo $k = 9 \times 10^9 \text{ N m C}^{-2}$ uma constante, e q_1 e q_2 as cargas elétricas dos iões. Considera um modelo muito simples, em que a interação predominante é entre os primeiros vizinhos. Com base neste modelo, calcula a energia de coesão do cristal de cloreto de sódio, expressa em joule por mole de pares de iões.

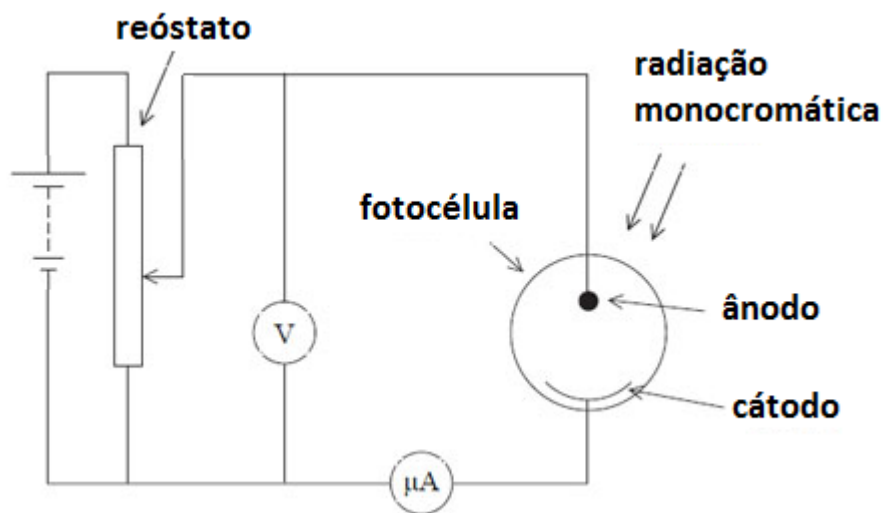
$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

1 uma = $1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

Problema 2 – EFEITO FOTOELÉTRICO

O efeito fotoelétrico foi explicado por Einstein em 1905, baseado na ideia de que a luz é formada por quanta, de energia $E = hf$, sendo h a constante de Planck e f a frequência da radiação.

Um grupo de alunos realizou uma experiência para estudar o efeito fotoelétrico. Para isso utilizaram uma montagem experimental que se encontra esquematizada na figura 2.



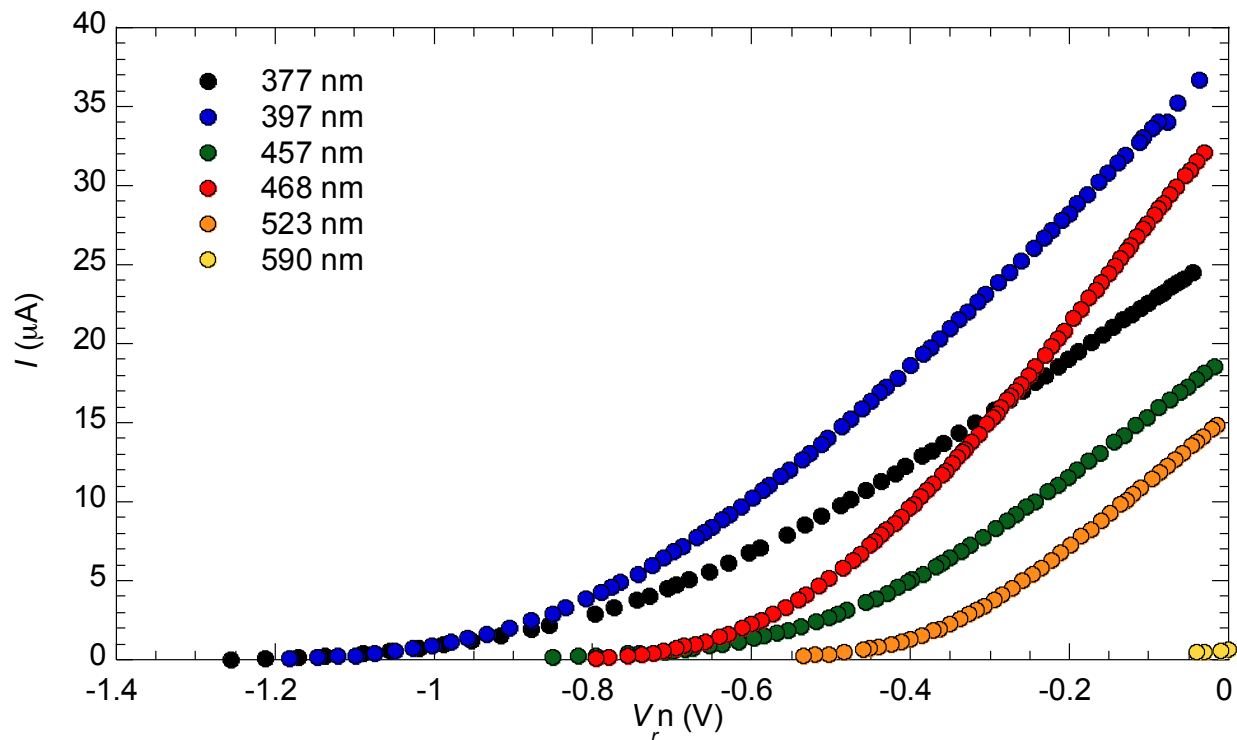
A iluminação do ânodo é feita com um conjunto de LED, que emitem luz na espectro visível, e que se pode considerar praticamente monocromática.

Estabelece-se uma diferença de potencial entre o ânodo e o cátodo, que pode ser variada com a ajuda do reóstato. Os eletrões removidos do ânodo por efeito fotoelétrico movem-se sob a ação do campo elétrico estabelecido entre o ânodo e o cátodo, dando origem à corrente elétrica, que pode ser medida com o micro-amperímetro.

i) Admita que a diferença de potencial entre o ânodo e o cátodo é nula. Em que condições a radiação que incide no ânodo liberta eletrões?

Os alunos procederam do seguinte modo. Escolheram um dos LED e ligaram-no à respetiva fonte de alimentação. A radiação emitida pelo LED iluminou a janela de entrada da fotocélula. Com o valor da diferença de potencial entre o ânodo (V_a) e o cátodo (V_c) no valor nulo, mediram a intensidade de corrente. Atuando no reóstato, os estudantes variaram a diferença de potencial de modo que $V_r = V_c - V_a < 0$. Para cada valor de diferença de potencial, registaram o valor da intensidade de corrente.

Repetiam este procedimento iluminado a fotocélula com os restantes LED. O gráfico da figura seguinte mostra os resultados obtidos.



ii) Determine a energia cinética máxima dos elétrons emitidos quando a fotocélula é iluminada com radiação de comprimento de onda 377 nm. Calcule ainda a energia mínima de remoção de elétrons do material de que é feito o ânodo.

iii) Uma forma de determinar com precisão a energia mínima de remoção de elétrons do material do ânodo, consiste em analisar o gráfico da diferença de potencial de paragem (diferença de potencial a partir da qual os elétrons com maior energia cinética não atingem o cátodo) em função da frequência da radiação. Com base nos dados apresentados na figura anterior, esboça esse gráfico na folha de papel milimétrico que te é fornecida juntamente com o enunciado da prova. Qual é o significado físico da ordenada na origem e do declive da melhor reta que se ajusta aos resultados experimentais? Justifica.

iv) Esboça, justificando, o gráfico da corrente elétrica em função de $V_r > 0$.

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$



Problema 3 – SISTEMA VASCULAR

Neste problema iremos considerar que o sangue é um líquido incompressível, mas com viscosidade. Seja μ a densidade do sangue, que neste problema consideraremos igual à da água. O coeficiente de viscosidade dinâmica do sangue é $\eta = 4,5 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Consideremos que os vasos sanguíneos são cilíndricos, com raio interno r e comprimento L .

O fluxo do sangue através dos vasos sanguíneos pode ser descrito utilizando um modelo semelhante ao da corrente elétrica: a relação entre a diferença de pressão (Δp) nas extremidades de um tubo e o caudal (Q) que nele circula é dado por:

$$\Delta p = RQ$$

sendo R a resistência dinâmica, definida por:

$$R = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

i) O caudal volumétrico é o volume de sangue que passa num capilar por unidade de tempo. Mostra que o caudal volumétrico pode ser calculado pelo produto da área da seção reta do capilar e a velocidade de escoamento.

No que se segue, considera os seguintes dados:

- caudal volumétrico de sangue: $Q = 100 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$.
- raio interno de um capilar: $r = 4 \text{ }\mu\text{m}$.
- comprimento de um capilar: $L = 1 \text{ mm}$.
- diferença de pressão através do capilar: $\Delta p = 1 \text{ kPa}$.

ii) Calcula o número de capilares que existe no corpo humano.

iii) Calcula a velocidade com que sangue flui através de um capilar.