

## PROBLEMA 1 (40 pontos)

### Decaimento Radioativo

Uma amostra contendo um isótopo radioativo (denominado de isótopo pai - elemento inicial da série) tem um tempo de meia vida de 10.000 anos. Este isótopo decai em uma série de elementos até atingir um isótopo estável. Chamaremos a série de isótopos instáveis resultantes do decaimento do isótopo pai de isótopos filhos. Dentre os isótopos filhos o que possui a maior meia vida tem esta com um valor de 20 anos. Todos os outros isótopos filhos têm um tempo de meia vida menor do que 1 ano. Suponha que em  $t=0$  existam  $10^{20}$  núcleos do isótopo inicial (pai). (1 ci (Curie) =  $3,7 \times 10^{10}$  desintegrações por segundo)

- a) **(5 pontos)** Em  $t=0$  determine a atividade radioativa do isótopo pai.
- b) **(15 pontos)** Quanto tempo será necessário para que o isótopo cujo tempo de meia vida são 20 anos atinja aproximadamente 97% de seu valor de equilíbrio.
- c) **(10 pontos)** Para  $t = 10^4$  anos quantos núcleos do isótopo filho de tempo de meia vida de 20 anos estarão presentes na amostra?
- d) **(5 pontos)** O isótopo filho cuja meia vida é 20 anos tem dois canais de decaimento: partículas  $\alpha$  (99,5%); e  $\beta$  (0,5%). Em 10.000 anos determine a atividade radioativa deste isótopo resultante do decaimento  $\beta$ .
- e) **(5 pontos)** Dentre os isótopos filhos, algum destes pode atingir a população de equilíbrio muito mais rapidamente (ou muito mais lentamente) que o isótopo filho cujo tempo de meia vida são 20 anos. Quais são? Justifique.

## PROBLEMA 2 (30 pontos)

### Emissão e troca de radiação entre placas paralelas no vácuo

Considere inicialmente duas placas paralelas (não transparentes a radiação) colocadas num ambiente de vácuo e separadas por uma distância muito pequena quando comparada com suas dimensões e mantidas a temperaturas  $T_1$  e  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ). Este sistema pode representar, por exemplo, recipientes onde são mantidos líquidos criogênicos com Nitrogênio ou Hélio, denominados de “Dewars” (garrafas térmicas).

- a) (5 pontos)** Determine a energia  $W$  transferida por unidade de área e tempo entre as duas placas se estas forem consideradas como corpos negros, sendo  $T_1 = 300\text{K}$  e  $T_2 = 4,2\text{K}$ .
- b) (10 pontos)** Determine  $W$  se  $n$  corpos negros idênticos forem adicionados entre as duas placas. Obtenha o valor numérico para  $n=10$ .
- c) (15 pontos)** Voltemos a considerar as duas placas do enunciado do problema. Considere que as placas têm coeficientes de emissão representados por  $e_1$  e  $e_2$  respectivamente. Determine a energia  $W$  transferida por unidade de área e tempo entre as duas placas. Considere  $E_1$  e  $E_2$  como taxas de emissão para corpos negros a temperaturas  $T_1$  e  $T_2$ .

**PROBLEMA 3 (30 pontos)****Alargamento Doppler em transições atômicas**

Considere um gás composto por íons de  $^{12}\text{C}$  (não que não interagem entre si) emitem fótons numa transição entre níveis de energia num comprimento de onda de aproximadamente 500nm. Os íons estão em equilíbrio a uma temperatura equivalente a  $kT=20$  eV, a uma densidade de  $10^{24}$  ions/m<sup>3</sup>. Devido ao equilíbrio térmico os íons estão em constante movimento resultando numa distribuição característica de velocidades. Esta distribuição de velocidades irá causar um alargamento na energia de emissão devido ao efeito Doppler, ou seja, os íons emitem radiação em movimento. Considerando o efeito Doppler em 1ª aproximação faça uma estimativa do alargamento espectral para a transição em 500nm.