

9ª Série de Problemas
Termodinâmica e Estrutura da Matéria
MEBM, MEFT e LMAC

1. A energia solar que atinge o topo da atmosfera tem a intensidade de 1340 Wm^{-2}
 - 1.a) Calcule a temperatura de equilíbrio da Terra, se não existisse atmosfera.
 - 1.b) De que modo a atmosfera altera o cálculo anterior?

2. Em 1964, Penzias e Wilson, ao medirem os sinais de rádio emitidos por uma galáxia, descobriram uma radiação de fundo correspondente a um corpo negro a 3K. Esta radiação encontra-se por todo o universo conhecido e é um dos factos que sugere a ocorrência de uma grande explosão inicial (o big bang).
 - 2.a) Calcule o comprimento de onda correspondente à intensidade máxima.
 - 2.b) Calcule o fluxo de radiação do espaço estelar (W/m^2).

3. A temperatura da pele humana é aproximadamente igual a $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Qual é o comprimento de onda para o qual se verifica o máximo da radiação emitida?

4. A radiação de fundo de micro-ondas presente no Universo identifica-se com a radiação emitida por um corpo negro com temperatura $T_0=2.7 \text{ K}$. A teoria Cosmológica Padrão estima para o raio actual do Universo o valor $R \approx 10^{15} \text{ m}$. Consciente destes factos, um astrofísico pretende estimar a densidade de fótons presentes na radiação de fundo.
 - 4.a) Considerando o Universo como um corpo negro esférico calcule a potência por ele emitida.
 - 4.b) Qual é o comprimento de onda da radiação de fundo com intensidade máxima?
 - 4.c) Admitindo que todos os fótons da radiação de fundo têm o comprimento de onda obtido na alínea anterior, estime o número de fótons emitidos pelo universo por unidade de tempo.

5.
 - 5.a) O espectro da radiação solar tem um máximo para o comprimento de onda de 483 nm . Admitindo que a radiação do Sol tem as mesmas características da emitida por um corpo negro, qual a temperatura da superfície do Sol?
 - 5.b) Num dia de bom tempo, em que a temperatura da superfície da Terra seja de 300 K , qual o comprimento de onda da radiação mais intensa emitida, na aproximação de que a superfície terrestre se comporta como um corpo negro?

- 5.c)** Durante a noite, a temperatura que corresponde à radiação mais intensa emitida pelas estrelas, na nossa região da galáxia onde a Terra se encontra, é muito baixa, embora superior a 3 K. Porque é que a superfície da Terra, não iluminada pelo Sol durante a noite, não tende a ficar a essa temperatura?
- 6.** O pirómetro óptico é um aparelho que se destina a medir as temperaturas à distância, através da análise da radiação emitida pelos corpos.
- 6.a)** Sabendo que os comprimentos de onda da radiação de intensidade máxima emitida por 2 estrelas são, respectivamente, $\lambda_1=45 \times 10^{-8}$ m (cor azul) e $\lambda_2=61 \times 10^{-8}$ m (cor vermelha), diga a que temperatura se encontram. Assuma que a radiação emitida é a de um corpo negro.
- 6.b)** Em qual das estrelas a potência emitida por unidade de superfície é maior? Quantas vezes maior?
- 7.** Num quarto a cerca de 29°C , a temperatura da superfície da pele de uma pessoa (cerca de $1,5 \text{ m}^2$), sem roupa e em repouso, é de 33°C . A emissividade para as frequências na região do espectro visível varia com a cor da pele. No entanto, para a radiação emitida de maior intensidade (infravermelhos de grande comprimento de onda — faça as contas!) tem-se $e \cong 1$ (corpo negro).
- 7.a)** Calcule a potência perdida por radiação. Note que a pessoa emite calor por radiação à temperatura do corpo, mas absorve radiação ambiente à temperatura do quarto.
- 7.b)** Sabendo que a perda de calor por condução é desprezável, e que a perda por convecção, nestas condições, é de cerca de 50% do total, quantas calorias tem a pessoa de ingerir por dia só para assegurar o seu metabolismo nessas condições? (Suponha que a pessoa está todo o dia em repouso e não quer engordar...)
- 8.** Um campista possui uma tenda que tem o tecto interior em plástico transparente. Num noite de Verão, num vale da Serra da Estrela, decidiu não montar o tecto exterior e adormeceu a ver as estrelas (o tecto interior é transparente!). Além disso, como estava uma temperatura agradável de 22°C , deitou-se em calções. A sua área de pele voltada para cima é $0,9 \text{ m}^2$ e a emissividade da pele é 0,9.
- 8.a)** Sabendo que a superfície da pele do campista estava a uma temperatura de 35°C , calcule o comprimento de onda a que corresponde a intensidade máxima de radiação emitida pelo campista.
- 8.b)** Calcule a energia perdida pelo campista por unidade de tempo devido às trocas de calor por radiação entre este e o céu. Suponha que o efeito do céu se traduz por uma fonte a -5°C (se não houvesse atmosfera era $\sim 3\text{K}$), que actua na superfície da pele do campista.
- 8.c)** O metabolismo de uma pessoa deitada fornece ao corpo uma potência de 50W. Calcule a temperatura de equilíbrio da pele do campista, se se desprezarem as trocas de calor com o ar ambiente e com o solo.
- 8.d)** O campista acorda a meio da noite (enregelado!) e puxa um cobertor que tem a mesma emissividade da pele e uma espessura de 2

cm. Que valor de condutividade térmica, k , tem de ter o cobertor para que o campista não sinta frio?

Sugestão: lembre-se que o metabolismo fornece 50 mW e que a temperatura da superfície do cobertor tem que ser igual ao resultado da alínea c); se não respondeu considere 10°C.

9. Um copo de água está colocado debaixo de uma lâmpada acesa, cujo filamento se encontra à temperatura $T=3200^\circ\text{C}$. A distância à lâmpada é 50 cm. A área do filamento é 10 mm^2 . O copo é cilíndrico e tem de base 50 cm^2 .

9.a) Determine a potência emitida pelo filamento da lâmpada (considere o filamento como um corpo negro).

9.b) Qual o comprimento de onda correspondente à intensidade máxima de luz emitida?

9.c) Ao fim de quanto tempo a água começa a ferver se a temperatura inicial for $T_{\text{água}}=40^\circ\text{C}$ e o volume de água no copo $V_{\text{água}}=100\text{ ml}$? Considere que a água absorve toda a radiação que sobre ela incide e despreze as perdas de energia da água.

10. Suponha que tem uma esfera de cobre de raio $a=5\text{ cm}$, com emissividade aproximadamente igual a 0.92. A esfera é suspensa num recipiente em vácuo, cujas paredes são mantidas a uma temperatura $T_0=300\text{ K}$.

10.a) Determine a temperatura de equilíbrio da esfera e o comprimento de onda do máximo da radiação que emite.

10.b) Admita que a esfera é trocada por outra idêntica, mas inicialmente à temperatura $T_0/2$. Determine a taxa de ganho de energia por radiação da esfera nesse instante.

10.c) Admita agora que a esfera é aquecida por uma resistência eléctrica $R=100\ \Omega$ que está no seu interior. A resistência é ligada a uma bateria com diferença de potencial $V=12\text{ V}$. Qual a nova temperatura de equilíbrio da esfera? Como se modifica o comprimento de onda da radiação máxima emitida?