
Série 2
1 mars 2010
Photométrie I

Exercice 1 – Loi de Newton sur le rayonnement.

Une petite sphère en aluminium, noircie, à la température T , est suspendue par un fil fin et isolant dans une cavité creusée dans un bloc de glace à $T_e=273\text{K}$.

- a) Montrer que, si $T-T_e$ est petit, l'énergie transférée, pendant la durée élémentaire dt , se met sous la forme : $\delta Q=KS(T_e-T)dt$, K étant une constante et S la surface émettrice (loi de Newton sur le rayonnement)
- b) Trouver la durée τ au bout de laquelle la température de la sphère passe de T_1 à T_2 , connaissant sa masse et sa capacité thermique massique.

Exercice 2 –Rayonnement d'une sphère en expansion.

On considère une sphère dont le rayon R augmente au cours du temps et à l'intérieur de laquelle existe un rayonnement électromagnétique. On note p la pression de radiation exercée par le rayonnement isotrope. Soit W l'énergie interne volumique totale.

- a) On suppose l'expansion de la sphère isentropique (i.e. adiabatique et réversible). En utilisant le bilan énergétique du premier principe de la thermodynamique et la relation $p=W/3$ (on démontrera cette relation dans la prochaine série d'exercices), montrer que la température T de la sphère varie comme $1/R$.
- b) Selon le modèle standard, 700000 années après la singularité initiale, appelée big-bang (grande explosion), la température du rayonnement cosmique valait $T_e=3000\text{K}$. Aujourd'hui la température associée au rayonnement n'est plus que $T=2.72\text{K}$. En déduire le rapport d'expansion de l'univers.

Exercice 3 – Cryostat à hélium.

Un cryostat à hélium est constitué de deux enceintes, supposées sphériques. L'enceinte extérieure, de rayon $R_2=6\text{ cm}$, est à la température ambiante T_{amb} ($T_{\text{amb}}=20^\circ\text{C}$). L'enceinte intérieure, de rayon $R_1=3\text{ cm}$, est en équilibre thermique avec l'hélium 4 liquide qu'elle contient, à la température de $T_{\text{He}}=4,2\text{ K}$. Elle est ouverte sur l'extérieur par un petit tube. Le vide règne entre les deux enceintes. On assimilera les deux enceintes à des corps noirs.

- a) Quel type de transfert thermique a lieu?
- b) A quoi sert le petit tube. Calculer la masse d'hélium qui s'évapore de l'enceinte intérieure en une heure. (Chaleur latente d'évaporation de l'hélium $L_{\text{He}}=82\text{ J/mol}$ et masse molaire $M_{\text{He}}=4\text{g/mol}$)
- c) Même question en interposant entre les deux enceintes une couronne sphérique d'épaisseur ϵ d'azote liquide à $T_{\text{N}_2}=77\text{K}$. Commenter. (Chaleur latente de vaporisation de l'azote : 198.4 J/g)