

**Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne**  
**Exercices de physique générale**

Génie mécanique, Science et Génie des Matériaux

quatrième semestre

Série 21
----------

**Question 1**

Quelle est la température  $T$  de la Terre en supposant que l'atmosphère laisse passer tout le rayonnement provenant du Soleil mais qu'elle absorbe intégralement celui provenant de la surface terrestre ? On admet que les rayonnements concernés correspondent à des émissions de corps noir et que les transferts de chaleurs se font par rayonnement. La température  $T$  sera exprimée en utilisant la constante de Stefan  $\sigma$  et l'intensité du Soleil  $I_s$  au niveau de la Terre. Modéliser la Terre comme étant une sphère et négliger l'épaisseur de l'atmosphère par rapport au rayon de la Terre.

<b>A</b> $T = \sqrt[4]{\frac{I_s}{2\sigma}}$	<b>B</b> $T = \sqrt[4]{\frac{2I_s}{\sigma}}$
<b>C</b> $T = \sqrt[4]{\frac{\pi I_s}{2\sigma}}$	<b>D</b> $T = \sqrt[4]{\frac{I_s}{\sigma}}$

**Exercice 1**

Si on envoie de la lumière UV sur une plaque métallique isolée, on observe qu'elle émet des électrons seulement pendant un court instant. Expliquer ce phénomène.

**Exercice 2**

Dans le modèle d'Einstein, permettant en particulier de calculer la chaleur spécifique d'un solide, on assimile le mouvement vibratoire des atomes à celui d'oscillateurs harmoniques quantiques ayant tous la même fréquence  $\nu_E$ . L'énergie de chaque mode vibratoire est ainsi donnée par :  $E_n = (n + \frac{1}{2})h\nu_E$  avec  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

On définit la température d'Einstein  $T_E$  par  $h\nu_E = k_B T_E$ .

(a) La température d'Einstein de l'aluminium est de  $T_E = 290$  K. Calculer la fréquence de vibration  $\nu_E$  pour l'aluminium, ainsi que l'écart  $\Delta E$  entre deux niveaux d'énergie.

(b) Montrer que l'énergie interne  $U$  d'une mole d'un solide peut s'écrire :

$$U = 3RT_E \left[ \frac{1}{2} + \frac{1}{e^x - 1} \right]$$

où  $x = T_E/T$  et  $R = k_B N_{Av}$  est la constante des gaz parfaits.

(c) Représenter graphiquement  $U(T)$  en fonction de  $T$ . Etudier en particulier le comportement de  $U$  pour  $T \gg T_E$  (i.e.  $x \ll 1$ ) et  $T \ll T_E$ .

(d) Sur la base du graphique établi en (c), représenter qualitativement la chaleur spécifique d'un solide d'Einstein en fonction de la température. Que vaut  $C_{\text{molaire}}$  à haute et basse température.

**NB** : L'énergie moyenne d'un oscillateur harmonique de fréquence  $\nu$  est donnée par :

$$\langle E \rangle = h\nu \left[ \frac{1}{2} + \frac{1}{\exp \frac{h\nu}{k_B T} - 1} \right]$$

en tenant compte de l'énergie vibrationnelle de point zéro.

### Exercice 3

(a) Montrer que l'énergie  $E$  d'un photon est reliée à sa longueur d'onde  $\lambda$  par :

$$E = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{\lambda}$$

(b) On envoie de la lumière monochromatique sur un film photographique. Les photons incidents laisseront une trace si ils ont assez d'énergie pour dissocier la molécule de AgBr dans le film. L'énergie minimale pour faire cela est de 0.60 eV. Trouver la fréquence à partir de laquelle la lumière ne sensibilise plus le film. Dans quelle région du spectre cette fréquence apparaît-elle ?

### Exercice 4

(a) Un satellite maintient ses panneaux solaires à angle droit avec les rayons du soleil. On suppose que la lumière est monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 550 \text{ nm}$  et arrive avec une intensité de  $1.38 \text{ kW/m}^2$ . Quelle doit-être la surface du panneau solaire afin qu'une mole de photons arrive chaque minute.

(b) En admettant que les photons sont absorbés par le panneau, quelle est la force exercée par le rayonnement solaire sur le satellite.