Physique générale : quantique, Série 2

Assistants et tuteurs :

elena.acinapura@epfl.ch
sara.alvesdossantos@epfl.ch
felice.bordereau@epfl.ch
jeanne.bourgeois@epfl.ch
sofia.brizigotti@epfl.ch
thomas.chetaille@epfl.ch
marco.dimambro@epfl.ch
leo.goutte@epfl.ch
douaa.salah@epfl.ch
arianna.vigano@epfl.ch

Exercice 1 : Métabolisme basal d'un être humain

Nous aimerions estimer l'énergie dépensée par le métabolisme basal d'un individu adulte de taille et poids moyens. On rappelle ici que le métabolisme basal est une mesure de la quantité d'énergie que le corps dépense en 24 heures, lorsqu'il est au repos. Nous allons faire l'hypothèse que toute l'énergie dépensée au repos est dissipée sous forme de chaleur et que cette chaleur est émise par rayonnement électromagnétique (en réalité, une partie de cette chaleur sera émise par contact avec l'air). Nous allons supposer que le corps humain émet du rayonnement selon les lois du corps noir vues au cours, et qu'il absorbe complètement le rayonnement de corps noir émis par l'environnement externe.

On supposera que la température externe est $T_{ext} = 22\,°\mathrm{C}$, que la température du corps humain est de $T_{corps} = 37\,°\mathrm{C}$, que la surface du corps humain est de 1.7 m^2.

Pour comparer le résultat avec nos connaissances en nutrition, il vaudra mieux convertir l'énergie de Joules en calorie, en rappelant qu'une calorie équivaut à 4.186 Joules. On rappelle également que la "calorie" dont on parle normalement dans le contexte de la nutrition est en réalité une kilocalorie.

Sachant que le métabolisme basal est d'environ 1800 kilocalories par 24 heures, discuter le résultat obtenu. De quels effets faudrait-il tenir compte pour améliorer l'estimation ?

Exercice 2 : Limites de la loi de Planck

1. Démontrer que la loi de Planck pour le spectre du corps noir permet de déduire les lois de Rayleigh-Jeans et de Wien, respectivement dans les limites de longue et de courte longueur d'onde.
2. Démontrer que la loi de Planck permet également de déduire la loi de Stefan-Boltzmann et la loi du déplacement de Wien.

On rappelle que $c = 299792458$ m/s, $k_B = 1.38064852 \times 10^{-23}\,\mathrm{m^2\,kg\,s^{-2}\,K^{-1}}$, et $h = 6.62607004 \times 10^{-34}\,\mathrm{m^2\,kg\,s^{-1}}$. Pour le calcul final utilisez l'intégrale $\int_0^\infty dx \frac{x^3}{e^x - 1} \simeq 6.5$ et le fait qu'une solution approximative à $e^x(1 - \frac{x}{5}) = 1$ est $x \simeq 4.965$.

Exercice 3 : Le soleil est un corps noir

1. La constante solaire est définie comme le flux de rayonnement du soleil qui atteint la surface de la terre. Elle vaut $C_s = 1000\,\mathrm{W/m^2}$. Estimer la température de la surface du soleil, en faisant l'hypothèse que le soleil émet son rayonnement selon la loi du corps noir. On rappelle que $R_S = 7.0 \cdot 10^5$ km est le rayon du Soleil et $d_{TS} = 1.5 \cdot 10^8$ km est la distance Terre-Soleil.
2. Estimer maintenant la température du soleil en imposant l'équilibre thermique de la surface de la terre, qu'on suppose avoir une température uniforme $T_0 = 300\,\mathrm{K}$. Pour cela, faire l'hypothèse que l'effet de l'atmosphère terrestre est de réfléchir une fraction ϵ du rayonnement (provenant du soleil et émis par la terre elle-même).
   Note : Le côté illuminé de la Terre absorbe le rayonnement solaire avec une surface effective égale à sa section efficace, c'est-à-dire celle d'un cercle de rayon R_T (le rayon de la Terre).

Exercice 4 : Question de type examen

La surface d'un objet fait de sodium est illuminée par de la lumière avec une longueur d'onde de 300 nm. Le travail de sortie du sodium est $\phi_{\mathrm{Na}} = 2.46$ eV. Calculer l'énergie cinétique maximale K_{max} des électrons éjectés de la surface. Le résultat vaut

A) $K_{max} = 4.13$ eV

B) Cela dépend de l'intensité de la lumière

C) $K_{max} = 1.67$ eV

D) $K_{max} = -1.67$ eV