

## PHYS-F-201 : exercices

### Thermodynamique du rayonnement

---

1. Calculez les capacités calorifiques et les coefficients thermomécaniques d'un gaz de photons.

---

2. Démontrez la loi de déplacement de Wien à partir de la formule de Planck de la densité d'énergie d'un corps noir. Remarque : la solution de l'équation  $5(e^x - 1) = xe^x$  est approximativement égale à  $x = 4,965$ .

---

3. Montrez que l'énergie et l'entropie émises par un corps noir par unité de temps et de surface sont données par

$$\frac{dU}{dt d\Sigma} = -\frac{\varsigma c}{4} T^4,$$
$$\frac{dS}{dt d\Sigma} = -\frac{\varsigma c}{3} T^3.$$

En première approximation, la Terre et le Soleil peuvent être assimilés à des corps noirs. Montrez par un bilan énergétique que la température à la surface de la Terre est environ vingt fois plus basse que la température à la surface du Soleil. Montrez que la Terre émet vingt fois plus d'entropie qu'elle n'en reçoit du Soleil. Commentez. Indication : la distance Terre-Soleil est d'environ 150 millions de km, le rayon du Soleil 700 000 km.

---

#### Question posée à l'examen d'août 2016

Un échantillon solide assimilé à un corps noir de surface  $\Sigma$  est disposé à l'intérieur d'une enceinte dont les parois sont maintenues à la température  $T_0$ .

- (a) Rappelez la définition d'un corps noir.
- (b) Montrez que l'énergie rayonnée par l'échantillon à la température  $T$  au cours d'un intervalle de temps  $dt$  est donnée par

$$dU_{\text{émise}} = -\frac{\varsigma c}{4} T^4 \Sigma dt,$$

où  $c$  désigne la vitesse de la lumière dans le vide, et  $\varsigma$  la constante de Stefan. Montrez que l'énergie reçue par l'échantillon pendant la même durée est donnée par

$$dU_{\text{reçue}} = \frac{\varsigma c}{4} T_0^4 \Sigma dt.$$

- (c) En supposant que  $|T - T_0| \ll T_0$ , montrez que la variation d'énergie interne de l'échantillon est approximativement donnée par

$$dU \approx K \Sigma (T_0 - T) dt,$$

où  $K$  est une constante que vous préciserez.

- (d) Etablissez l'expression de la durée  $\tau$  au bout de laquelle la température de l'échantillon varie de  $T_1$  à  $T_2$ , en fonction de sa capacité calorifique massique  $c_V$  et de sa masse  $m$ .