Interrogation - Physique

Lundi 17 Mars 2025

Durée : 30 minutes (40 minutes pour les tiers-temps).

Exercice 1 : Vrai ou Faux ($\sim$ 5 points)

Pour chacune des affirmations suivantes, dire si elle est Vraie ou Fausse. Justifier *brièvement*.

1/ La divergence est un opérateur qui s'applique à un vecteur.

2/ Il y a besoin d'un milieu matériel pour qu'il y ait rayonnement.

3/ La longueur d'onde maximale émise par un corps noir augmente lorsque la température du corps noir augmente.

4/ Une transformation adiabatique est une transformation où l'entropie est constante.

5/ La densité de flux de chaleur est dirigé du point le plus froid d'un système vers son point le plus chaud.

Exercice 2 : Questions de cours ($\sim$ 5 points)

1/ Énoncer le premier principe de la thermodynamique. Expliciter chaque terme de l'équation.

2/ Donner l'identité thermodynamique pour l'enthalpie libre (dH en fonction des variables d'états et de leur différentielles).

3/ Exprimer T comme une dérivée partielle de H.

4/ Énoncer la loi de l'hydrostatique pour un fluide incompressible.

5/ Énoncer l'équation de conservation de la chaleur.

Exercice 3 : Dérivées partielles, gradient, divergence ($\sim$ 5 points)

Dans tout l'exercice, on considérera le repère orthonormé cartésien $(\overrightarrow{u}_x, \overrightarrow{u}_y, \overrightarrow{u}_z)$.

1/ Soit $f(x, y, z) = 2\cos x + 6xy + yz^4$. Calculer $\frac{\partial f}{\partial x}$, $\frac{\partial f}{\partial y}$ et $\frac{\partial f}{\partial z}$.

2/ Donner la différentielle totale de f.

3/ Calculer le gradient de f.

4/ Calculer le laplacien de f.

5/ Soit $\overrightarrow{A} = \mathrm{e}^{(2xy)}\overrightarrow{u}_x - 5y\overrightarrow{u}_y + y^2z\overrightarrow{u}_z$. Calculer la divergence de $\overrightarrow{A}$.

Exercice 4 : Pompe à chaleur ($\sim$ 5 points)

Une pompe à chaleur fonctionne sur le même principe qu'un réfrigérateur, mais avec un but différent : on veut prendre de la chaleur à une source froide et la transmettre à une source chaude. C'est un dispositif qui est couramment utilisé pour chauffer les maisons. On peut par exemple prendre une source froide qui est un lac à T_f =10°C pour chauffer une maison qui est à T_c =25°C.

On considère donc un cycle réversible sans changement d'état. Pendant la transformation isobare entre un point B et un point C, le moteur échange une chaleur Q_f avec une source à la température T_f. Pendant la transformation isobare d'un point D à un point A, le moteur échange une chaleur Q_c avec une source à la température T_c. Pour ce cycle, l'efficacité est définie comme $e = \frac{-Q_c}{W}$: Q_c est la quantité de chaleur froide fournie par le frigo, et W est le travail que l'opérateur fournit au frigo pour qu'il marche.

1/ Dessiner le cycle dans le diagramme $P(V)$.

2/ Déterminer la relation entre W, Q_f et Q_C.

3/ Déterminer la relation entre Q_c, T_c, Q_f et T_f.

4/ En déduire l'efficacité pour une machine réversible. La calculer dans le cas de la pompe à chaleur chauffant la maison à partir du lac.

Exercice 5 : Chauffage d'une théière avec une bougie ($\sim$ 5 points)

FIGURE 1 – Théière chauffée par une bougie. Crédits : GiFi, Freepick.

On considère une bougie chauffe-plat qui chauffe avec une puissance de 30 W une plaque carrée d'aluminium de longueur $L = 20$ cm et d'épaisseur $e = 3$ cm. Pour simplifier, on considérera que la partie de la plaque faisant face à la bougie reçoit toute la puissance. On ne s'intéressera ici qu'à la conduction thermique par la place d'aluminium (conductivité thermique $\lambda_{\text{Al}} = 185$ W.m^{-1}.K^{-1}).

1/ Exprimer la quantité de chaleur qui traverse la surface carrée de la plaque entre t et $t + dt$ en fonction du vecteur densité de flux de chaleur $\overrightarrow{j}_Q$, L et dt.

2/ En déduire $\|\overrightarrow{j}_Q\|$.

3/ Énoncer la loi de Fourier.

4/ Si on se débrouille pour maintenir la face de la plaque chauffée par la bougie à 80°C, quelle est la température sur la face de la plaque où la théière est posée ?