

TD 2 : Premier principe de la thermodynamique

Exercice 1 : Transformation isobare

On considère une masse $m = 2 \text{ kg}$ de diazote (N_2) en échauffement isobarique, de la température $T_1 = 300 \text{ K}$ à la température $T_2 = 1000 \text{ K}$. Ici on assimilera le diazote à un gaz parfait et on prendra $c_v = 714 \text{ J/(kg K)}$, $r = 295.5 \text{ J/(kg K)}$.

(a) Le volume du gaz va-t-il augmenter ou diminuer ? Déterminer le rapport $\gamma \equiv V_2/V_1$ entre le volume final et le volume initial.

(b) Calculer : la variation d'énergie interne, la quantité de chaleur et le travail, associés à cette transformation.

(c) Déterminer la pression du gaz en fonction de γ et vérifier ses dimensions physiques. Si $V_1 = 0,1 \text{ m}^3$, quelle est la valeur de la pression ?

Exercice 2 : Conservation de l'énergie

Un récipient parfaitement isolé contenant du gaz (parfait) de masse molaire m et de chaleur massique à volume constant c_v , se déplace à la vitesse v . Calculer l'accroissement de la température du gaz à l'arrêt brutal du récipient. Préciser les hypothèses nécessaires au calcul.

Exercice 3 : Transformation isochore

Un gaz est contenu dans un récipient de volume constant thermiquement isolé. À son intérieur, une résistance électrique est alimentée de manière à dissiper une puissance P de 60 W pendant 20 minutes.

(a) Quelle est la variation de l'énergie interne du gaz ?

(b) Si le gaz considéré est l'air dans un volume cubique de 3 m de côté, quelle est la variation de température correspondante ? Ici on modélisera l'air comme un gaz parfait et on prendra $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$, $c_v = 713 \text{ J/(kg K)}$.

Exercice 4 : Transformation adiabatique irréversible

Une masse $m = 122 \text{ g}$ d'air placée dans un dispositif cylindre-piston, parfaitement calorifugé (transformations adiabatiques), est en équilibre de pression avec l'extérieur (piston de masse négligeable). Initialement son volume est $V_0 = 100 \text{ l}$, sa température $T_0 = 15^\circ\text{C}$ et sa pression communiquée par l'extérieur est égale à la pression atmosphérique $p = 1 \text{ atm}$.

Brutalement la pression extérieure passe à $p = 20 \text{ atm}$.

(a) Que peut-on dire de la transformation de l'air à l'intérieur du dispositif cylindre-piston ?

(b) Calculer l'expression du travail échangé par le système avec le système extérieur :

— par un calcul direct du travail de la force de pression extérieure ;

— à l'aide du premier principe appliqué à l'air contenu dans le dispositif cylindre-piston.

(c) En utilisant les résultats de la question précédente, calculer le volume V_1 occupé par la masse m d'air, suite à la transformation. On fournit : $c_v = 713 \text{ J/(kg K)}$, $r = 287 \text{ J/(kg K)}$.

Exercice 5 : Conservation de l'énergie pour un liquide incompressible

On considère une masse $M = 100 \text{ kg}$ d'eau contenue dans un récipient thermiquement isolé ayant hauteur $H = 100 \text{ m}$; la température initiale vaut $T_1 = 20^\circ\text{C}$. Une masse $m = 5 \text{ kg}$ d'aluminium est placée (au repos)

au sommet du récipient et elle est ensuite laissée libre de tomber jusqu'au fond du récipient sous l'action de la pesanteur. Dans cette situation finale, elle se trouve à nouveau à l'équilibre thermodynamique avec l'eau. Calculer la température finale T_2 .

Les chaleurs massiques de l'eau et de l'aluminium valent, respectivement : $c_{H_2O} = 4186 \text{ J}/(\text{kg K})$ et $c_{Al} = 900 \text{ J}/(\text{kg K})$; l'accélération de la pesanteur est $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$.