

Série 6 : Thermodynamique

Exercice 1 : Champignon atomique

Juste après l'explosion d'une bombe atomique, la boule de feu qui apparaît (gaz très chaud) a un rayon $r_i = 10 \text{ m}$ et une température $T_i = 3 \times 10^5 \text{ K}$. Faites l'hypothèse que l'expansion du gaz puisse être considérée comme réversible (cette hypothèse, bien qu'elle ne soit pas réaliste, nous permet de résoudre le problème avec les transformations vues au cours).

- Quel type de transformation peut décrire l'expansion du gaz ?
- Donnez une expression en fonction de r_i , T_i et T_f pour le rayon r_f de la zone touchée par l'explosion, c'est-à-dire le rayon de la boule de gaz, quand le gaz s'est refroidi à $T_f = 300 \text{ K}$. Estimez l'ordre de grandeur de r_f sans utiliser de machine à calculer.

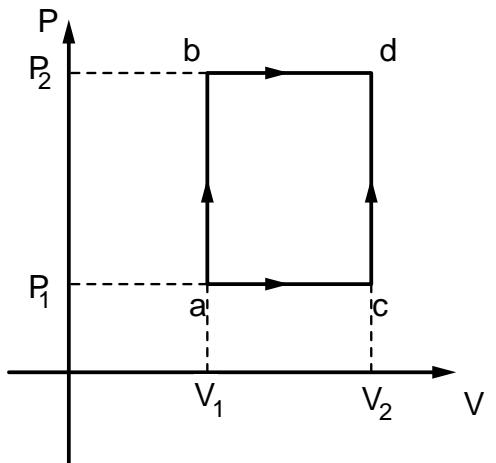
Indication : Supposez un gaz formé de molécules diatomiques. Considérez deux cas : avec et sans degrés de liberté liés à l'oscillation le long de l'axe de la molécule.

Exercice 2 : Variation de l'énergie interne lors de processus thermodynamiques

Une série de processus thermodynamiques est représentée dans le diagramme $p - V$ ci-contre, pour lequel $p_1 = 2 \times 10^4 \text{ Pa}$, $p_2 = 6 \times 10^5 \text{ Pa}$, $V_1 = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ et $V_2 = 8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. De la chaleur est ajoutée au système : 700 J lors du processus $a \rightarrow b$ et 5 kJ lors du processus $b \rightarrow d$.

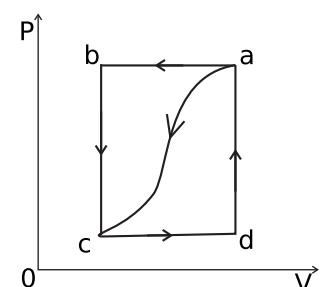
Trouver :

- le changement d'énergie interne lors du processus $a \rightarrow b$,
- le changement d'énergie interne lors du processus $a \rightarrow b \rightarrow d$,
- la chaleur échangée lors du processus $a \rightarrow c \rightarrow d$.



Exercice 3 : Conservation de l'énergie

Quand un gaz suit la transformation de l'état a à l'état c le long de la trajectoire courbe dans le plan $p - V$ (sans passer par les points b ou d , cf. figure), un travail W_{ac} et une chaleur Q_{ac} sont échangés. Le long de la trajectoire $a \rightarrow b \rightarrow c$, le travail effectué *par ou sur* le gaz est W_{abc} .



- Calculez la chaleur Q_{abc} échangée par le gaz lors de la transformation $a \rightarrow b \rightarrow c$.
- Si $p_c = \frac{1}{2}p_b$, quel est le travail W_{cda} produit *par ou sur* le gaz lors de la transformation $c \rightarrow d \rightarrow a$?
- Calculez la variation $\Delta U_{ca} = U_a - U_c$ de l'énergie interne du gaz lorsqu'il subit une transformation qui l'amène de l'état c à l'état a .
- Calculez la chaleur Q_{cda} échangée pour la transformation $c \rightarrow d \rightarrow a$.
- Connaissant la variation $\Delta U_{cd} = U_d - U_c$ de l'énergie interne du gaz, quelle est la chaleur Q_{da} échangée pour la trajectoire $d \rightarrow a$?

Application numérique (à la fin) : $W_{ac} = -35 \text{ J}$, $Q_{ac} = -63 \text{ J}$, $W_{abc} = -48 \text{ J}$, $\Delta U_{cd} = 5 \text{ J}$.

Exercice 4 : Cycle thermodynamique

Une mole d'hélium (gaz monoatomique) à la température de 25 °C occupe initialement un volume $V_A = 0.21 \text{ l}$. Le gaz subit tout d'abord une transformation isobare qui fait augmenter le volume jusqu'à la valeur V_B , puis une transformation sans échange de chaleur qui l'amène à un volume V_C qui est le double du volume initial V_A , et enfin une transformation à température constante qui le ramène à l'état initial. Toutes ces transformations sont faites par une succession d'états proches de l'équilibre thermodynamique.

- Expliquez brièvement pourquoi il est possible de représenter ces transformations sur un diagramme de variables d'état.
- Représentez ces transformations sur le plan $p - V$. S'agit-il d'un moteur ou d'un réfrigérateur ?
- Déterminez la température à l'état B.
- Calculez le travail effectué sur le cycle complet.
- Evaluez le rendement du cycle.

Indication : La constante des gaz parfaits vaut $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Exercice 5 : Processus thermodynamiques dans le diagramme $p - V$

Un gaz parfait de capacité molaire à volume constant C_V subit une série de processus thermodynamiques représentée dans le diagramme $p - V$ ci-contre. On connaît les pressions p_1 et p_2 ainsi que les volumes V_a , V_b , V_c et V_d . La température du gaz aux différents états n'est pas connue. Lors du processus $a \rightarrow b$, le système perd une quantité de chaleur Q_{ab} et il reçoit une quantité de chaleur Q_{bd} lors de la transformation $b \rightarrow d$.

- Calculez le travail effectué lors de la transformation $a \rightarrow b$. Quel est son signe ? Est-il effectué *par ou sur* le gaz.
- Calculez la variation d'énergie interne ΔU_{abd} du gaz.
- Calculez la chaleur Q_{acd} reçue par le système lors du processus $a \rightarrow c \rightarrow d$.

