

PHYS-F-201 : exercices

Cycles thermodynamiques

-
1. Considérez un gaz de van der Waals ($P = N k_B T / (V - bN) - aN^2/V^2$) pour lequel C_V ne dépend pas de la température.
 - (a) Démontrez que $C_V = \tilde{c}N$ où \tilde{c} est une constante indépendante de T , de N et de V .
 - (b) Que vaut \tilde{c} dans la limite où a et b tendent vers 0 pour un gaz monoatomique?
 - (c) Calculez l'énergie interne en supposant que vous connaissiez l'énergie interne du système $U(V_0, T_0, N)$ pour un volume donné V_0 et une température donnée T_0 (suggestion : partez de l'expression de dU à N constant).
 - (d) Calculez l'entropie en supposant que vous connaissiez l'entropie $S(V_0, T_0, N)$ pour un volume donné V_0 et une température donnée T_0 .
 - (e) Utilisez ces résultats pour calculer les échanges de travail et de chaleur au cours de chacune des quatre transformations qui composent un cycle de Carnot pour un gaz de van der Waals.
 - (f) Calculez le rendement d'une machine basée sur ce cycle et montrez qu'il est bien égal au rendement maximum calculé au cours pour un gaz parfait

Question posée à l'examen d'août 2013

Les moteurs à essence fonctionnent selon un cycle imaginé par Alphonse Beau de Rochas et Nikolaus Otto en 1860. Ce cycle repose sur les transformations suivantes d'un mélange d'air et d'essence : une compression adiabatique, suivie d'une combustion isochore (le volume du gaz étant alors V_{\min}), puis une détente adiabatique et enfin un refroidissement isochore (le volume du gaz atteignant V_{\max}). Le gaz sera supposé parfait et son nombre de molécules constant au cours du cycle.

- (a) Précisez dans quel cas, le rendement du moteur sera maximal.
- (b) Représentez ces transformations dans des diagrammes pression-volume et température-entropie.
- (c) Calculez le rendement maximal en fonction des volumes V_{\min} et V_{\max} ainsi que du rapport $\gamma = C_P/C_V$ des capacités calorifiques du mélange gazeux à pression constante et à volume constant respectivement.

Question posée à l'examen de janvier 2017

Le moteur inventé par Rudolf Diesel en 1892 fonctionne selon le cycle de transformations suivantes de l'air : une compression adiabatique au cours de laquelle le volume varie de V_A à V_B , suivie d'une détente isobare au terme de laquelle le volume est V_C , puis d'une détente adiabatique et enfin une détente isochore. L'air sera supposé parfait et le nombre de molécules constant au cours du cycle.

- (a) Précisez dans quel cas, les performances du moteur seront optimales.
- (b) Représentez ces transformations dans un diagramme pression-volume.
- (c) Calculez les quantités de chaleur et de travail échangées au cours de chacune des transformations.
- (d) Déterminez le rendement maximal de ce moteur en fonction des taux de compression et de détente $\alpha_{AB} = V_A/V_B$, $\alpha_{AC} = V_A/V_C$, ainsi que du rapport $\gamma = C_P/C_V$ des capacités calorifiques à pression constante et à volume constant respectivement.

Question posée à l'examen d'août 2018

Le moteur thermique qui équipe les véhicules hybrides repose généralement sur un cycle thermodynamique imaginé par l'ingénieur britannique James Atkinson à la fin du XIX^{ème} siècle. Ce cycle consiste en une série de transformations d'un mélange d'air et d'essence : une compression adiabatique (la pression du gaz variant de P_1 à P_2), suivie d'une combustion isochore (la pression du gaz atteignant alors P_3), puis une détente adiabatique et enfin un refroidissement isobare. Le gaz sera supposé parfait et son nombre de molécules constant au cours du cycle.

- (a) Précisez dans quel cas, le rendement du moteur sera maximal. Ces conditions seront supposées remplies dans la suite.
- (b) Déterminez le comportement de la pression P en fonction du volume V , puis celui de la température T en fonction de l'entropie S lors de chacune des transformations. Représentez le cycle dans des diagrammes pression-volume et température-entropie.
- (c) Calculez le rendement maximal en fonction des rapports de pression P_2/P_1 et P_3/P_2 ainsi que du rapport $\gamma = C_P/C_V$ des capacités calorifiques du mélange gazeux à pression constante et à volume constant respectivement.
- (d) Le moteur thermique des véhicules conventionnels fonctionne selon le cycle d'Otto-Beau de Rochas. Ce dernier diffère du cycle d'Atkinson par le fait que le refroidissement du gaz n'est pas isobare mais isochore. Montrez que le cycle d'Atkinson a un rendement plus élevé.