TD T3 - Premier principe

Exo-1: Travail d'une force

Un piston de section S peut coulisser sans frottement dans le cylindre.On considère une mole de gaz (CO_2) enfermé dans le cylindre.

Le vide règne à l'extérieur. A l'état initial est défini par (V_0, T_0) et l'état final par $\left(\frac{V_0}{2}, T_0\right)$.

AN : $n = 1\ mol$; $V_0 = 24\ L$; $T_0 = 298\ K$; $a = 3,59\ atm.L^2.mol^{-1}$ et $b = 43\ mL.mol^{-1}$.

On traitera le problème successivement pour les deux gaz suivants :

- d'un gaz parfait
- d'un gaz de Van der Waals $P + \frac{a}{V^2}.(V - b) = R.T$

On exerce de manière très progressive une force sur le piston jusqu'à arriver à une intensité F, permettant d'obtenir l'état final pour le gaz.

1. Exprimer la pression du gaz pour un état intermédiaire correspondant à un volume V de gaz.
2. Déterminer l'expression du travail de la force au cours de la transformation.
3. Faire l'application numérique

On applique brutalement cette force F sur le piston jusqu'à obtenir l'équilibre thermodynamique du système.

4. Déterminer le travail de la force.
5. Effectuer l'application numérique et comparer à la valeur précédente. Conclure.

Exo-2: compressions monotherme et isotherme

Le piston de section $S = 5\ cm^2$ a une masse de $m = 100\ g$. Il renferme dans le cylindre $n_0 = 4.10^{-1}\ mol$ d'un gaz parfait monoatomique. Ses parois sont diathermes. Le cylindre est placé dans un bain marie à une température $T_0 = 298\ K$, la pression extérieure est $P_{ext} = 1\ atm$.

On place une masse $M = 5\ Kg$ sur le piston.

1. Déterminer le nouvel état d'équilibre pour le gaz.
2. Calculer le travail reçu par le système au cours de la transformation.

On fait en sorte d'arriver au même état d'équilibre par une transformation quasi statique.

3. Déterminer le travail des forces de pression au cours de cette transformation.
4. Quelle conclusion en tirez-vous ?

Exo-3: Cycle d'un gaz

Un récipient de $V = 10\ L$ contient de l'air sous la pression $P_0 = 76\ cmHg$ à la température de $\theta_0 = 20\ ^\circ c$. On assimile l'air à un gaz parfait. On lui fait subir

- une compression isotherme quasi-statique jusqu'à la pression $P_1 = 760\ cmHg$.
- On ramène le gaz à sa pression initiale par une transformation isochore.
- Ce gaz est enfin ramené à son état initial par une transformation isobare.

1. Représenter le cycle dans le diagramme de Clapeyron
2. Pour chacune des transformations, étudier l'état d'équilibre final ainsi que des transferts d'énergie et variation d'énergie interne.

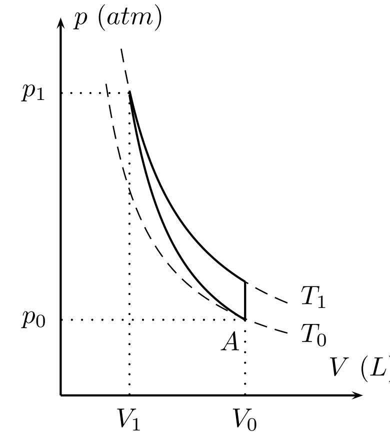
Exo-4: compression/détente brutales

Un cylindre fermé par un piston mobile sans frottements contient un gaz parfait de coefficient $\gamma = 1,4$. Cylindre et pistons sont parfaitement calorifugés. Le piston, de section $S = 5\ cm^2$, dans le plan horizontal, referme le haut du cylindre. Il est supposé sans masse. La pression à l'extérieur du piston est $p_0 = 1\ atm$. Le cylindre contient $n_0 = 0,1\ mol$ de gaz à la température initiale $T_0 = 298\ K$. On pose alors sans vitesse initiale une masse $M = 5\ kg$ sur le piston puis on attend le nouvel état d'équilibre.

1. Calculer P_1, V_1 et T_1 pour ce nouvel état. Quel a été le travail W_1 reçu par le gaz ?
2. On enlève alors brusquement la masse puis on attend l'équilbre. Calculer P_2, V_2 et T_2. Quel a été le travail W_2 reçu par le gaz ?

3. Conclure

Exo-5: cycle moteur

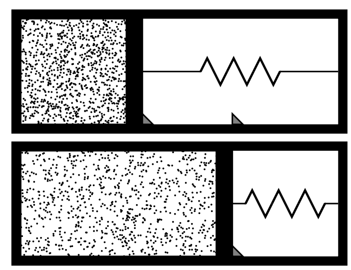


On considère n moles d'un gaz parfait de coefficient γ, subissant un cycle de transformations quasistatiques isotherme, isochore, isobare ou adiabatique.

1. Calculer le nombre de moles de gaz n.
2. L'état initial correspond au point A, le cycle est moteur. Nommer les transformations AB, BC et CA.
3. Déterminer la valeur du coefficient γ de ce gaz. Est-ce un gaz monoatomique ou diatomique ?
4. Déterminer l'expression du travail fourni par le système à l'extérieur au cours d'un cycle de transformations.

Données :$V_0 = 2,44\ L$; $V_1 = 0,91\ L$; $p_0 = 1\ atm$; $p_1 = 4\ atm$; $T_0 = 298\ K$ et $T_1 = 442\ K$.

Exo-6: couplage avec un ressort



Un piston initialement bloqué sépare une enceinte adiabatique en deux compartiments.
– Le compartiment de gauche contient une mole de gaz parfait, initialement à la pression $p_0 = 1\ atm$ et à la température $\theta_0 = 20\ ^\circ c$
– La section du piston est $s = 10\ cm^2$.
– Le compartiment de droite est vide
– Le ressort est de longueur à vide $l_0 = 1\ m$ et de constante de raideur $k = 500\ N.m^{-1}$.

Une cale maintient le ressort initialement à sa longueur à vide. Une seconde cale bloquera le piston lorsque la longueur du ressort atteint $\dfrac{l_0}{2}$.

1. On enlève la première cale. Déterminer le travail reçu par le ressort au cours du déplacement du piston.
2. En déduire la variation de température du gaz dans le compartiment.

Exo-7: Compressions successives

On souhaite comprimer de manière quasistatique une mole gaz parfait diatomique d'une pression $p_0 = 1\ bar$ à une pression $p_1 = 10\ bar$. Sa température initiale est $T_0 = 300\ K$. Chaque compression sera considérée suffisamment lente pour être quasi-statique mais assez rapide pour éviter tout transfert thermique avec l'extérieur.

On effectue la compression du gaz en une seule étape.

1. Représenter la transformation dans le diagramme de Clapeyron.
2. Déterminer les variables d'état pour le gaz dans son état final ainsi que le travail fourni.

On effectue une première compression jusqu'à une pression intermédiaire p, puis on maintient cette pression jusqu'à l'équilibre thermodynamique du gaz avec l'extérieur à la température T_0. On effectue alors une seconde compression pour atteindre l'état final.

3. Représenter la transformation dans le diagramme de Clapeyron.
4. Exprimer le travail fourni au gaz.
5. En déduire la valeur de p permettant de minimiser le travail fourni.
6. On considère désormais une très grande quantité de compressions successives décrites à la question précédente. Vers quel type de transformation tend-on alors ? Quel sera par conséquent le travail fourni ?

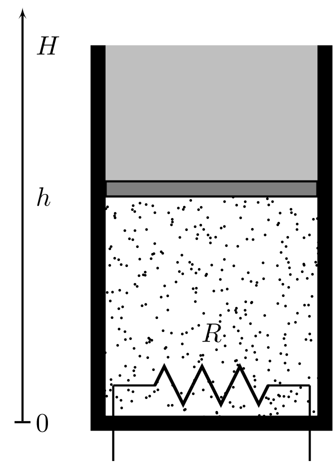
Exo-8: calorimétrie

Un calorimètre contient $m_0 = 95\ g$ d'eau à $\theta_0 = 20\ ˚C$. On y ajoute $m_1 = 71\ g$ d'eau à $\theta_1 = 50\ ˚C$.

1. Quelle serait la température d'équilibre si l'on pouvait négliger la capacité thermique du calorimètre et de ses accessoires ?
2. La température d'équilibre observée est $\theta_f = 31,3\ ˚C$. En déduire la « valeur en eau » μ du calorimètre et de ses accessoires.
3. Le même calorimètre contient $m_0 = 95\ g$ d'eau à $\theta_0 = 20\ ˚C$. On y plonge désormais un échantillon métallique de masse $m_2 = 25\ g$ sortant d'une étuve à $\theta_2 = 95\ ˚C$. La température d'équilibre étant $\theta_{éq} = 16,7\ ˚C$, calculer la capacité thermique massique du métal

   Données :Pour l'eau, $c_e = 4,18\ J.g^{-1}.K^{-1}$.

Exo-9: Travail d'une force variable



Un cylindre de section $S = 10\ cm^2$ et de hauteur totale $H = 1\ m$ est refermé au niveau de sa base inférieure. Un piston, supposé sans masse et coulissant sans frottement, sépare un gaz enfermé dans le cylindre du mercure situé au dessus du piston et venant à raz-bord du cylindre. l'excès de mercure peut s'écouler librement. On nomme h la hauteur occupée par le gaz. LA pression extérieure est $p_{atm} = 1\ atm$.
Les parois ainsi que le piston sont calorifugées.
Le gaz est initialement à la température $T_0 = 300\ K$ et occupe une hauteur $h_0 = 0,5\ m$ du cylindre. On fait alors passer un courant d'intensité $I = 0,2\ A$ dans une résistance $R = 10\ \Omega$ située en contact avec le gaz.
On rapelle que pour un liquide incompressible $p + \rho.g.z = C^{te}$ avec $\rho_{Hg} = 16,6\ kg.L^{-1}$.

1. $1\ atm = 760\ mm.Hg$. En déduire la masse volumique ρ_{Hg} du mercure
2. Déterminer l'expression du travail élémentaire des forces de pression appliquées au gaz au cours d'un déplacement dz du piston.
3. En déduire la température de gaz lorsque celui-ci occupe la totalité du cylindre.