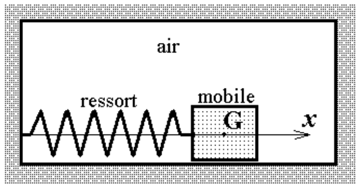
T20. Elle est fraîche !
Un corps solide indéformable (donc considéré comme indilatable et incompressible) de masse $m = 1$ kg, de capacité thermique massique $c = 460$ J·K^{-1}·kg^{-1}, à la température $T_1 = 350$ K, est placé dans un lac de montagne à la température $T_0 = 280$ K.
1) Pourquoi peut-on considérer le lac comme un thermostat ?
2) Quelle est la température du corps lorsque celui-ci a atteint son nouvel état d'équilibre ?
3) Déterminer la variation d'énergie interne $\Delta\mathcal{U}$ du corps lors de ce refroidissement.

T21. Chauffage d'un gaz parfait
Un échantillon gazeux de diazote, de formule N_2, assimilé à un gaz parfait, de masse $m = 56$ g, à la température $T_i = 0$°C, voit son énergie interne s'accroître de 4 kJ sous l'effet de différents apports extérieurs. Calculer la température T_f atteinte à la fin du processus.

Données : $M(\mathrm{N}) = 14$ g·mol^{-1} ; $C_{Vm} = \dfrac{5}{2}R$; $R = 8{,}314$ J·K^{-1}·mol^{-1}.

Rép : 96 °C

T 22. Bilan d'énergie et introduction à la thermodynamique.



Considérons le système ci-contre, délimité par une paroi rigide et athermane (c'est-à-dire thermiquement isolante) constitué d'un ressort, d'un mobile solide de masse m et de barycentre G, et de l'air contenu dans le volume fermé. Caractéristiques du ressort : masse négligeable, raideur k, longueur à vide l_V. La masse de l'air est négligée ; sa viscosité provoque des frottements fluides sur le ressort et le mobile.
Nous ferons l'étude énergétique de ce système dans le référentiel lié à la paroi, supposé galiléen.
À $t = 0$, on écarte le mobile de x_0 vers la droite, et on le lâche sans vitesse initiale.
1) Quel est le barycentre du système {ressort + mobile + air} ?
2) Effectuer le bilan des actions extérieures puis intérieures au système {ressort + mobile + air}. En déduire l'énergie potentielle du système. On en prendra l'origine dans la position d'équilibre, c'est-à-dire lorsque l'allongement du ressort est nul.
3) Montrer sans calcul que l'énergie mécanique du système diminue (on utilisera le théorème de l'énergie mécanique). Exprimer sa variation entre $t = 0$ et $t = +\infty$.
4) Interprétation thermodynamique.
   On pose $\mathcal{E}_{c\mu}$: énergie cinétique microscopique de l'air. Cette énergie non prise en compte en mécanique est proportionnelle à la température absolue du fluide.
   En admettant que la quantité $\mathcal{E} = \mathcal{E}_m + \mathcal{E}_{c\mu}$ est constante, montrer que la température de l'air augmente.
5) Application numérique : $x_0 = 10$ cm ; $k = 100$ N·m^{-1} ; $\mathcal{E}_{c\mu} = 2T$. Calculer ΔT.

T23. Pression d'un pneumatique
La pression d'un pneumatique est ajustée l'hiver à -10 °C à 2 bar, pression préconisée "à froid" par le constructeur. (Cette pression est en fait la pression relative p' par rapport à la pression atmosphérique $p_a = 1$ bar, la pression de l'air enfermé dans le pneumatique valant : $p = p' + p_a$).
Sachant que le conducteur est capable de ressentir les effets néfastes d'un écart de 10 % par rapport à cette pression relative, sera-t-il nécessaire de corriger celle-ci l'été, lorsque la température sera devenue $+ 30$ °C ? (On négligera la dilatation du pneu, l'air sera considéré comme un gaz parfait, le nombre de moles d'air sera supposé constant dans le pneu).

T24. Mes pneus chauffent docteur, c'est normal ?
Un pneu sans chambre, de volume supposé constant, est gonflé à froid, à la température $T_1 = 20$ °C , sous la pression relative $p'_1 = 2{,}1$ bar (donc la pression absolue est $p_1 = 3{,}1$ bar).
Après avoir roulé un certain temps, le pneu affiche une pression relative $p'_2 = 2{,}3$ bar ; quelle est alors sa température ?
NB : l'air sera considéré comme un gaz parfait.

T25. Bouteille d'air
Une bouteille d'acier, munie d'un détendeur, contient dans un volume $V_i = 60$ L, de l'air comprimé sous $p_i = 15$ bar (pression absolue). En ouvrant le détendeur à la pression atmosphérique, quel volume d'air peut-on extraire à température constante ?
NB : l'air sera considéré comme un gaz parfait. On prendra $p_a \approx 1$ bar.

T26. Gonflage à la bouteille

Un pneu de volume $V_P = 50$ L est gonflé au moyen d'air comprimé contenu dans une bouteille de volume $V_0 = 80$ L sous $p_0 = 15$ bar (pression absolue). Si la pression relative initiale dans le pneu est nulle et la pression relative finale $p'_P = 2{,}6$ bar , déterminer la pression p dans la bouteille à la fin du gonflage d'un pneu, puis le nombre de pneus que l'on peut gonfler, l'opération se passant à température constante.

NB : l'air sera considéré comme un gaz parfait ; on prendra pour la valeur de la pression atmosphérique : $p_a \approx 1$ bar.

T28. Capacités thermiques d'un gaz parfait

Exprimer les capacités thermiques C_V et C_P d'un gaz parfait en fonction de R et γ.

T29. Dilatation de l'eau. Phase condensée idéale ?

Entre $\theta = 0$ °C et $\theta = 40$ °C, le volume massique de l'eau sous la pression standard est donné, en $\mathrm{cm^3.kg^{-1}}$ par :

$u = a - b\theta + c\theta^2 - e\theta^3$ avec $a = 999{,}87$; $b = 6{,}426.10^{-2}$; $c = 8{,}504\ 5.10^{-3}$; $e = 6{,}79.10^{-5}$.

1) Calculer la température à laquelle l'eau présente un maximum de densité.

2) Calculer le coefficient de dilatation α dans les CSTP.

On indique que $\alpha = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ soit, si la pression est fixée $\alpha = \frac{1}{V}\left(\frac{dV}{dT}\right)$ ou $\frac{1}{V}\left(\frac{dV}{d\theta}\right)$, car $dT = d\theta$.

3) En déduire la variation de volume subie par 10 L d'eau pour un échauffement de 1 °C. Critiquer le modèle de la phase condensée idéale.

4) Comparer au coefficient de dilatation d'un gaz parfait sous la pression standard.

Rép : 2,1 kW

T30. Compression d'un solide.

Un solide a un coefficient de compressibilité isotherme $\chi_T = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$ qu'on supposera constant, (c'est-à-dire indépendant de V, p, et T). Il subit une transformation isotherme telle que la pression passe des valeurs p_1 à p_2.

1) Pourquoi peut-on supposer que la transformation est mécaniquement réversible ?

2) Calculer le travail reçu par ce solide. Application numérique : $\chi_T = 10^{-11}\ \mathrm{Pa^{-1}}$; $p_1 = 1$ bar, $p_2 = 100$ bar, $V = 1$ L.

Note : on supposera la variation de volume du solide suffisamment faible pour être négligée devant le volume lui-même. Vérifier cette hypothèse.

3) Comparer au travail que recevrait un gaz parfait de même volume initial sous la pression p_1, lors d'une augmentation identique de la pression.

T32. Puissance d'une pompe.

Calculer la puissance d'une pompe servant à comprimer de 1 bar à $3{,}5$ bar, $1\ \mathrm{m^3}$ d'air par minute, à la température constante de 0 °C. La compression sera supposée mécaniquement réversible et l'air sera assimilé à un gaz parfait.

T34. Calculs de différents travaux reçus par un gaz parfait

On comprime une masse de 1 kg d'air, de température $T_i = 300$ K et de pression $p_i = 2{,}0$ bar, de telle sorte que son volume initial soit réduit de moitié. Sachant que l'air peut être considéré comme un gaz parfait, de masse molaire $M = 29\ \mathrm{g{\cdot}mol^{-1}}$, calculer le travail qu'il reçoit dans les évolutions mécaniquement réversibles suivantes.

On donne $R = 8{,}314\ \mathrm{J.K^{-1}.mol^{-1}}$ et $\gamma = 7/5$.

1) La compression se fait à la pression constante p_i.

2) La compression est isotherme à la température T_i.

3) La compression est adiabatique. Justifier l'emploi de la loi de Laplace ($pV^\gamma = cste$). En déduire T_f.

Montrer que $W = \frac{5}{2} nR\Delta T$

4) La compression suit la loi : $pV^k = cste$, dite loi des transformations polytropiques.

Comparer graphiquement ce cas aux précédents en supposant $1 < k < \gamma$.