Thermodynamique – chapitre 1

Correction du TD

I Pression des pneus

La pression préconisée sur les roues avant d'une Mégane est de 2,2 bars. On règle la pression des pneus un jour froid de cet hiver, par une température extérieure de $-5\,°C$.

1) En supposant que le volume des pneus ne varie par et qu'il n'y a aucune fuite d'air possible, quelle sera l'indication du manomètre un jour chaud cet été, par une température extérieure de $30\,°C$?

Réponse

Comme la quantité de matière n d'air contenue dans le pneu et son volume sont des constantes, alors d'après l'équation d'état du gaz parfait on a

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{nR}{V}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{P_2 = \frac{T_2}{T_1} P_1} \Rightarrow \underline{P_2 = 2{,}5\,\text{bars}}$$

◇

2) Calculer la variation relative de pression due au changement de température. Que conseillez-vous ?

Réponse

La variation relative de pression est supérieure à 10%, ce qui est loin d'être négligeable. Le meilleur conseil à donner est de refaire la pression des pneus ! Notez par ailleurs qu'il est préconisé de la vérifier chaque mois, et **indispensable** de le faire au moins deux fois par an **et** avant les grands trajets.

◇

II Fuite d'hélium

On considère une bouteille de volume constant $V = 10\,\text{L}$ contenant de l'hélium, modélisé comme un gaz parfait monoatomique, à la pression $P = 2{,}1\,\text{bars}$ et à la température $T = 30\,\text{K}$.

$M(\text{He}) = 4{,}0\,\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, $k_B = 1{,}38 \times 10^{-23}\,\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$.

1) Calculer la masse m d'hélium dans la bouteille, puis la densité particulaire n^*, c'est-à-dire le nombre d'atomes par unité de volume.

Réponse

solu

◇

2) Calculer la vitesse quadratique moyenne des atomes.

Réponse

solu

◇

3) À la suite de l'ouverture de la bouteille, la pression passe à $P' = 1{,}4\,\text{bars}$ et la température à $T' = 290\,\text{K}$. Calculer la masse Δm de gaz qui s'est échappé de la bouteille.

Réponse

solu

◇

4) On a vite refermé la bouteille. À quelle température T'' faudrait-il porter le gaz pour atteindre à nouveau la pression P ?

Réponse

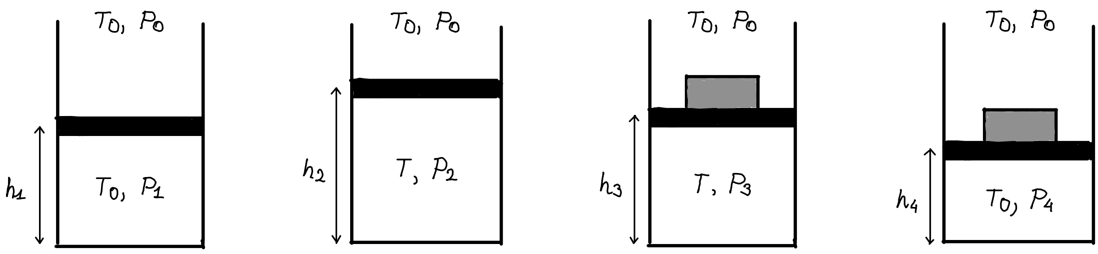
solu

◇

III Gaz parfait dans une enceinte

Une quantité de matière n de gaz parfait est enfermée dans une enceinte de surface de section S. Cette enceinte est fermée par un piston de masse m, à même de coulisser sans frottement, et permet les transferts thermiques, si bien que lorsqu'on attend suffisamment longtemps le gaz contenu dans l'enceinte est en équilibre thermique avec l'extérieur. Le milieu extérieur se trouve à température et pression constantes T_0 et P_0 . On fait subir au gaz la série de transformations suivante :

1. Initialement, dans l'état (1), le système est au repos depuis suffisamment longtemps pour avoir atteint l'équilibre thermique et mécanique ;
2. État (2) : le gaz est chauffé jusqu'à ce qu'il atteigne la température $T > T_0$;
3. État (3) : on place brusquement une masse supplémentaire M sur le piston, l'équilibre thermique n'est pas atteint ;
4. État (4) : l'équilibre thermique est atteint.



1) Exprimer les hauteurs h_1 à h_4 du piston dans chaque état.

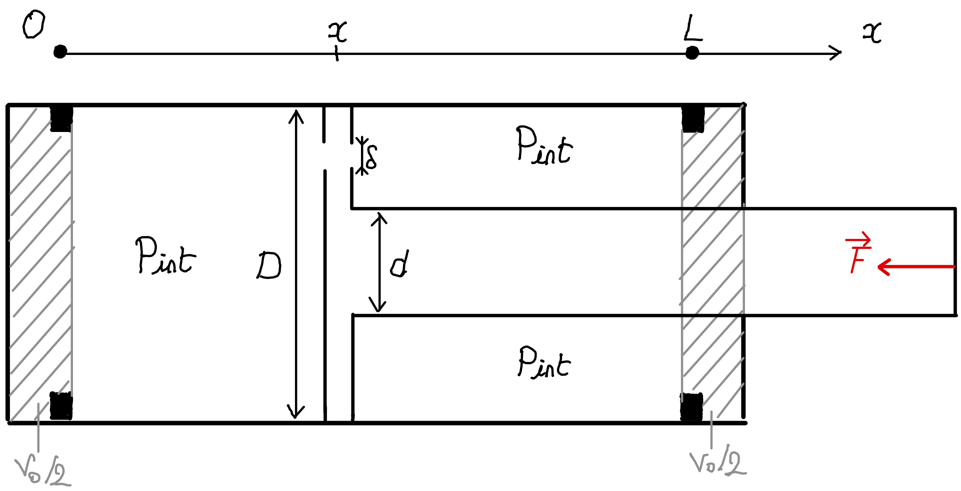
Réponse

solu

◇

IV Ressort à gaz

Les sièges de bureaux sont souvent montées sur un vérin cylindrique permettant d'en ajuster la hauteur. On décrit ce vérin cylindrique à air comprimé, supposé parfait, par le schéma ci-dessous.



Le piston a une épaisseur nulle, et on pourra négliger la section de l'orifice de communication de diamètre δ devant les autres sections. On note V_0 l'ensemble des deux volumes morts que le piston ne peut atteindre, situés en $x < 0$ et $x > L$. On prendra également $D = 2d$. On supposera que l'équilibre thermique du gaz avec l'air extérieur de température T_0 est réalisé pour toute position du piston, et on note P_0 la pression extérieure.

1) Exprimer le volume $V(x)$ disponible pour le gaz dans le vérin en fonction de L, x et d.

Réponse

solu

◇

2) Donnez l'expression de $p_{\text{int}}(x)$ en fonction de $V(x)$.

Réponse

solu

◇

3) On suppose le système à l'équilibre mécanique avec le piston à la position x. Une personne s'assoie sur le siège, exerçant une force $\overrightarrow{F}$. Exprimer la force $\overrightarrow{F'}$ qu'exerce la tige sur le système extérieur.

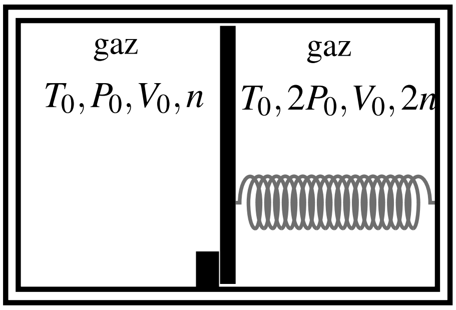
Réponse

solu

◇

V Recherche d'un état final

Une enceinte indéformable aux parois calorifugées[1] est séparée en deux compartiments par une cloison étanche de surface S, mobile, diathermane[2] et reliée à un ressort de constante de raideur k. Les deux compartiments contiennent chacun un gaz parfait. Dans l'état initial, le gaz du compartiment 1 est dans l'état (T_0, V_0, P_0, n), le gaz du compartiment 2 dans l'état (T_0, V_0, $2P_0$, $2n$), une cale bloque la cloison mobile et la longueur du ressort est égale à sa longueur à vide. On enlève la cale et on laisse le système atteindre un état d'équilibre.



1) Décrire qualitativement l'évolution du système.

Réponse

solu

◇

2) Écrire cinq relations faisant intervenir certaines des six variables d'état : V_1 et V_2 les volumes finaux de chaque compartiment, P_1 et P_2 leurs pressions, et T_1 et T_2 leurs températures.

Réponse

solu

◇

1. Qui ne laisse pas passer la chaleur.
2. Qui laisse passer la chaleur.