



- Deux sous-systèmes simples séparés par une paroi diatherme, mobile et perméable
- Equilibre
 - Thermique
 - Mécanique
 - Chimique

Thermodynamique

Bonjour et bienvenue à ce mot de thermodynamique. Cette leçon est consacrée à la notion d'équilibre. Pour ce faire, on va considérer. Un système isolé qui est constitué de deux sous systèmes simples qui sont séparés par une paroi à terme mobile et perméable. On va en déduire. La condition d'équilibre. On verra que cette condition d'équilibre requiert. Premièrement l'équilibre thermique. Deuxièmement, l'équilibre mécanique. Et troisièmement, l'équilibre chimique.

Notes

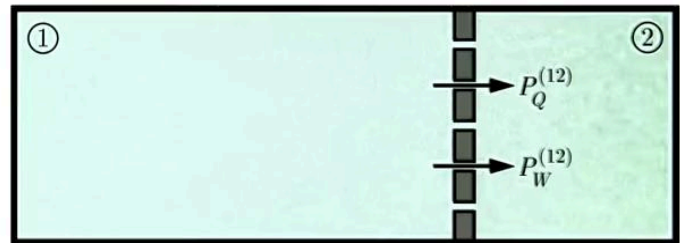
Summary



0m 05s

Paroi diatherme mobile et perméable

- Système isolé :
 $P_Q = P_W = 0$
- Sous-systèmes simples (1) et (2)
- Variables d'état extensives :
 - Entropies S_1 et S_2
 - Volumes V_1 et V_2
 - Nombre de moles N_1 et N_2



Thermodynamique

On considère donc un système. Isolée constituée de deux sous systèmes. Qui sont séparés par une paroi dit à terme mobile et perméables. Le système est isolé, ce qui signifie que la puissance thermique P_Q et la puissance mécanique P_W qui sont exercées par l'extérieur sur le système sont nuls. Pour décrire la thermodynamique de ce système, il faut trois types de variables d'état extensive l'entropie, le volume et le nombre de mole. Étant donné qu'il y a deux sous systèmes qui sont des sous systèmes simples, il faudra deux variables entropie S_1 et S_2 , deux variables volumes V_1 et V_2 et deux variables nombre de moles N_1 et N_2 .

Notes

Summary



0m 41s

Dérivée temporelle de l'énergie interne

- Dérivée temporelle de l'énergie interne (sous-systèmes 1 et 2) :

$$\dot{U}_1(S_1, V_1, N_1) = T_1(S_1, V_1, N_1) \dot{S}_1 - p_1(S_1, V_1, N_1) \dot{V}_1 + \mu_1(S_1, V_1, N_1) \dot{N}_1$$

$$\dot{U}_2(S_2, V_2, N_2) = T_2(S_2, V_2, N_2) \dot{S}_2 - p_2(S_2, V_2, N_2) \dot{V}_2 + \mu_2(S_2, V_2, N_2) \dot{N}_2$$

- Energie interne (fonction d'état extensive) :

$$U(S_1, S_2, V_1, V_2, N_1, N_2) = U_1(S_1, V_1, N_1) + U_2(S_2, V_2, N_2)$$

- Dérivée temporelle de l'énergie interne (système isolé) :

$$\dot{U}(S_1, S_2, V_1, V_2, N_1, N_2) = \dot{U}_1(S_1, V_1, N_1) + \dot{U}_2(S_2, V_2, N_2) = 0$$

- Identité :

$$\dot{U}_1(S_1, V_1, N_1) = -\dot{U}_2(S_2, V_2, N_2)$$

Thermodynamique

Notes

On va maintenant exprimer la dérivée temporelle de l'énergie interne de chaque sous système en fonction de ces variables d'état. Un point. Qui est fonction des variables d'état. Du premier sous système, c'est à dire S_1 et n_1 un est égal à $T_1 S_1$ un point moins $p_1 V_1$ un point plus $\mu_1 N_1$ un point. Deux points. Qui est fonction des variables d'état. Du deuxième sous système, à savoir. S_2 v_2 n_2 est égal à $T_2 S_2$ deux points moins $p_2 V_2$ deux points plus $\mu_2 N_2$ deux points. L'énergie interne du système est une fonction d'état. C'est donc une fonction de l'ensemble des variables d'état du système, à savoir S_1 , S_2 , V_1 et V_2 , N_1 et N_2 . C'est une fonction d'état extensive, c'est donc la somme des énergies internes des deux sous système U de Gala U_1 plus U_2 . On peut prendre. La dérivée temporelle de cette expression du point est égale à un point plus deux points. Le système global est isolé, ce qui signifie que l'énergie interne du système est une constante, donc du point égale à zéro. Par conséquent, on a l'identité suivante \dot{U}_1 un point est égal à moins de deux points.

Summary



1m 42s



- Entropie (variable d'état extensive) :

$$S = S_1 + S_2$$

- Volume (variable d'état extensive) :

$$V = V_1 + V_2$$

- Nombre de moles (variable d'état extensive) :

$$N = N_1 + N_2$$

- Dérivée temporelles des variables d'état :

$$\dot{S} = \dot{S}_1 + \dot{S}_2 \quad \dot{V} = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 \quad \dot{N} = \dot{N}_1 + \dot{N}_2$$

- Système isolé :

$$\dot{N} = 0 \quad \Rightarrow \quad \dot{N}_1 = -\dot{N}_2$$

$$\dot{V} = 0 \quad \Rightarrow \quad \dot{V}_1 = -\dot{V}_2$$

Thermodynamique

On doit maintenant tenir compte explicitement de l'extensibilité des variables d'état. Commençons par l'entropie. L'entropie S du système est la somme des entropies S_1 et S_2 des deux sous systèmes. Le volume V du système est la somme des volumes V_1 et V_2 des deux sous systèmes. Le nombre de mol n du système est la somme du nombre de moles n_1 et n_2 . Les deux sous systèmes. On peut maintenant prendre la dérivée temporelle des variables d'état. Ce point est égal à \dot{S} un point plus \dot{S}_2 un point. \dot{V} point est égal à \dot{V}_1 un point plus \dot{V}_2 point un point est égal à \dot{N} un point plus \dot{N}_2 points. On doit maintenant tirer compte du fait que le système est isolé. Ce système est isolé. Le nombre de moles du système est une constante, donc \dot{N} point zéro. Ceci implique que \dot{N}_1 un point est égal à moins \dot{N}_2 point. Et le volume est constant, ce qui signifie que \dot{V} point est égal à zéro. Par conséquent, \dot{V}_1 un point est égal à moins \dot{V}_2 points.

Notes

Summary



3m 24s

Dérivée temporelle de l'entropie

- Dérivées temporelles de l'entropie (sous-systèmes 1 et 2) :

$$\dot{S}_1 = \frac{1}{T_1(S_1, V_1, N_1)} \left(\dot{U}_1(S_1, V_1, N_1) + p_1(S_1, V_1, N_1) \dot{V}_1 - \mu_1(S_1, V_1, N_1) \dot{N}_1 \right)$$

$$\dot{S}_2 = \frac{1}{T_2(S_2, V_2, N_2)} \left(\dot{U}_2(S_2, V_2, N_2) + p_2(S_2, V_2, N_2) \dot{V}_2 - \mu_2(S_2, V_2, N_2) \dot{N}_2 \right)$$

- Système isolé :

$$\dot{U}_2(S_2, V_2, N_2) = -\dot{U}_1(S_1, V_1, N_1) \quad \text{et} \quad \dot{V}_2 = -\dot{V}_1 \quad \text{et} \quad \dot{N}_2 = -\dot{N}_1$$

- Dérivée temporelle de l'entropie :

$$\begin{aligned} \dot{S} = & \left(\frac{1}{T_1(S_1, V_1, N_1)} - \frac{1}{T_2(S_2, V_2, N_2)} \right) \dot{U}_1(S_1, V_1, N_1) \\ & + \left(\frac{p_1(S_1, V_1, N_1)}{T_1(S_1, V_1, N_1)} - \frac{p_2(S_2, V_2, N_2)}{T_2(S_2, V_2, N_2)} \right) \dot{V}_1 \\ & - \left(\frac{\mu_1(S_1, V_1, N_1)}{T_1(S_1, V_1, N_1)} - \frac{\mu_2(S_2, V_2, N_2)}{T_2(S_2, V_2, N_2)} \right) \dot{N}_1 \end{aligned}$$

Thermodynamique

Compte tenu. Des relations qu'on a établi pour un point et deux points. On peut maintenant en tirer des expressions explicites pour les dérivées temporelles de l'entropie des deux sous systèmes, c'est à dire S un point et s deux point et 5.1 sur T1 qui multiplie U un point plus p1 v un point moins mais 1.1 point. S 2.71 sur deux qui multiplie. Euh. Deux point plus p2 v deux point moins U2 un deux point. Le système est isolé et on vient de montrer que si le système est isolé. Il doit satisfaire trois relations. Tout d'abord, une point qui est également en lui un pont. Ensuite, 22 points qui est égal à 21 points et finalement un deux points qui est égal à moi et non un point. En sommant les deux expressions qu'on a obtenu. Pour les dérivés temporaires de l'entropie et de sous systèmes, on obtient. La dérivée temporelle de l'entropie du système est fois, en tenant compte bien entendu des trois relations obtenues pour le système isolé. Le premier terme, c'est un sur un mois, un sur deux qui multiplie. Euh, un pour le deuxième term CP et un sur T1 moins p2 sur T2 qui multiplie v un point.

Notes

Summary



4m 37s

- Identités :

$$dS = \dot{S} dt, \quad dU_1 = \dot{U}_1 dt$$

$$dV_1 = \dot{V}_1 dt \quad \text{et} \quad dN_1 = \dot{N}_1 dt$$

- Dérivées partielles de l'entropie :

$$\frac{\partial S}{\partial U_1} = \frac{1}{T_1(S_1, V_1, N_1)} - \frac{1}{T_2(S_2, V_2, N_2)}$$

$$\frac{\partial S}{\partial V_1} = \frac{p_1(S_1, V_1, N_1)}{T_1(S_1, V_1, N_1)} - \frac{p_2(S_2, V_2, N_2)}{T_2(S_2, V_2, N_2)}$$

$$\frac{\partial S}{\partial N_1} = \frac{\mu_2(S_2, V_2, N_2)}{T_2(S_2, V_2, N_2)} - \frac{\mu_1(S_1, V_1, N_1)}{T_1(S_1, V_1, N_1)}$$

- Condition d'équilibre (entropie maximale) :

$$\frac{\partial S}{\partial U_1} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial V_1} = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\partial S}{\partial N_1} = 0$$

- Equilibre :

- Equilibre thermique :

$$T_1(S_1, V_1, N_1) = T_2(S_2, V_2, N_2)$$

- Equilibre mécanique :

$$p_1(S_1, V_1, N_1) = p_2(S_2, V_2, N_2)$$

- Equilibre chimique :

$$\mu_1(S_1, V_1, N_1) = \mu_2(S_2, V_2, N_2)$$

Thermodynamique

Et le troisième terme c'est moins U1 sur T1 deux sur T2 qui multiplie un en un point afin de pouvoir extraire de cette expression de la dérivée temporelle de l'entropie des dérivées partielles de l'entropie par rapport à U1, V1 et N-1. On va multiplier cette expression par l'intervalle de temps infinitésimal dt et on obtient dans le membre de gauche ds qui est égal à s dt et dans le membre de droite, on a trois termes. Le premier est proportionnel à D1 qui est égal à eu un point dt. Le deuxième terme est proportionnel à V1 qui est égal à v un point dt et le troisième terme est proportionnel. À Diana qui est égale à un un point DD. On en déduit donc trois dérivées partielles de l'entropie. La première, c'est la dérivée partielle de l'entropie S par rapport à l'un des ronds s sur des ronds qui est égale à un sur T1 un sur T2. La deuxième, c'est la dérivée partielle de l'entropie par rapport au volume vient des ronds s sur des ronds v1 qui est égal à P1 sur T1, moins p2 sur T2. La troisième, c'est la dérivée partielle de l'entropie S par rapport à n un des ronds S sur des ronds n un qui est égal à deux sur T2 moins mais un sur T1.

Notes

Summary



- Identités :

$$dS = \dot{S} dt, \quad dU_1 = \dot{U}_1 dt$$

$$dV_1 = \dot{V}_1 dt \quad \text{et} \quad dN_1 = \dot{N}_1 dt$$

- Dérivées partielles de l'entropie :

$$\frac{\partial S}{\partial U_1} = \frac{1}{T_1(S_1, V_1, N_1)} - \frac{1}{T_2(S_2, V_2, N_2)}$$

$$\frac{\partial S}{\partial V_1} = \frac{p_1(S_1, V_1, N_1)}{T_1(S_1, V_1, N_1)} - \frac{p_2(S_2, V_2, N_2)}{T_2(S_2, V_2, N_2)}$$

$$\frac{\partial S}{\partial N_1} = \frac{\mu_2(S_2, V_2, N_2)}{T_2(S_2, V_2, N_2)} - \frac{\mu_1(S_1, V_1, N_1)}{T_1(S_1, V_1, N_1)}$$

- Condition d'équilibre (entropie maximale) :

$$\frac{\partial S}{\partial U_1} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial V_1} = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\partial S}{\partial N_1} = 0$$

- Equilibre :

- Equilibre thermique :

$$T_1(S_1, V_1, N_1) = T_2(S_2, V_2, N_2)$$

- Equilibre mécanique :

$$p_1(S_1, V_1, N_1) = p_2(S_2, V_2, N_2)$$

- Equilibre chimique :

$$\mu_1(S_1, V_1, N_1) = \mu_2(S_2, V_2, N_2)$$

Thermodynamique

La condition d'équilibre du deuxième principe requiert que l'entropie soit maximale à l'équilibre pour un système isolé. Ceci donne lieu à trois conditions différentes sur chacune des dérivées, chacune des dérivées doit s'annuler. Les ronds assurent un égal zéro zéro un sur zéro et des ronds s sur des ronds n égal zéro. La première condition implique que T_1 est égal à T_2 . La première condition est donc une condition d'équilibre thermique. La température doit être la même dans les deux sous systèmes. Compte tenu de cette condition d'équilibre thermique. La deuxième condition des ronds est sur des ronds v_1 égale zéro. Implique alors que P_1 égale P_2 . Elle implique alors la condition d'équilibre mécanique, à savoir que la pression des deux sous systèmes doit être la même. Compte tenu de la condition d'équilibre thermique, la dernière condition des ronds s sur des ronds est égale à zéro implique alors. Que U_2 est égal à μ_1 . C'est la condition d'équilibre chimique. Le potentiel chimique des deux sous systèmes doit être le même. Par conséquent, la condition d'équilibre global requiert que le système soit à la fois à l'équilibre thermique, à l'équilibre mécanique et à l'équilibre chimique. C'est à dire ? Que l'ensemble des fonctions d'état intensives, qui sont conjuguées aux variables d'état extensive des sous systèmes, soient les mêmes dans les deux sous systèmes.

Notes

Summary

