

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

Chapitre 4

allal Mahdade

Groupe scolaire La Sagesse Lycée qualifiante

21 décembre 2015

Sommaire

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

- 1 Introduction
- 2 Existe-t-il d'autres formes d'énergies ?
- 3 Énergie interne d'un système

Introduction

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

L'énergie cinétique et l'énergie potentielle ne sont pas les seules formes d'énergie d'un système. Nous allons voir d'autres effets que peut avoir le travail d'une force sur un système et ainsi on va pouvoir définir une autre énergie qu'on appelle énergie interne. Qu'est ce que l'énergie interne d'un système ?

Introduction

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système



Le soleil transfère de l'énergie par rayonnement . lorsqu'on frotte nous deux mains, l'une contre l'autre , elles s'échauffent. Les hommes préhistorique ont réussi à faire du feu en frottant deux morceaux de bois l'un contre l'autre . Dans tous ces exemples, il y a élévation de la température.

Comment peut on expliquer cette élévation de la température ?

I. Existe-t-il d'autres formes d'énergies ?

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

Quelques définitions :

L'état macroscopique

L'état macroscopique de la matière concerne la matière qui est accessible à l'échelle humaine et en particulier dans la vie quotidienne. Cet état est quantifié par la masse ou la quantité de matière (g ou mol)

L'état microscopique

L'état microscopique de la matière concerne la matière à l'échelle atomique ou moléculaire. Entre l'état macroscopique et microscopique, il existe une constante de liaison : le nombre d'Avogadro $N_A = 6,023 \times 10^{23}$ particules par mole. Depuis les années 80 grâce aux microscopes à effet tunnel et aux microscopes à force atomique, on peut observer la surface des atomes.

I. Existe-t-il d'autres formes d'énergies ?

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

On a vu qu'un transfert d'énergie sous forme de travail peut modifier l'énergie cinétique et/ou l'énergie potentielle de pesanteur d'un corps solide.

I. Existe-t-il d'autres formes d'énergies ?

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système


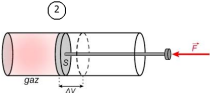

1. Y-a-t-il d'autres effets du travail d'une force ?

Activité 1 : Le travail d'une force peut modifier la valeur de la vitesse d'un système ou /et l'altitude de son centre d'inertie.

Exemple la grue qui soulève une charge du sol à une altitude h .

Peut-il modifier d'autre caractéristiques de ce système ?

On vous citez les trois exemples ci-dessous

<p>①</p>  <p>Lors de la découpage d'une plaque métallique à l'aide d'une meuleuse, la plaque et le disque s'échauffent.</p>	<p>②</p>  <p>Lors d'appliquer une force pressante sur le gaz qu'est enfermer dans une seringue, lorsqu'on relâche le piston le gaz se détend et tend à revenir à sa position initiale</p>	<p>③</p>  <p>Lors du mouvement de la luge sur la glace, la glace se fond juste au-dessous de la luge</p>
--	--	--

Dans chaque exemple, indiquez les forces qui effectuent un travail et l'effet de ce travail.

I. Existe-t-il d'autres formes d'énergies ?

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

☞ **Exemple 1** : la force qui effectue un travail est la force de frottement entre le disque et la plaque qui provoque un échauffement au niveau des surfaces de contact. ce travail qui sera reçu par le système ne fait varier ni l'énergie cinétique ni l'énergie potentielle de pesanteur mais il a pour effet d'élever la température du milieu environnant.

I. Existe-t-il d'autres formes d'énergies ?

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

Conclusion

Le travail de la force de frottement peut fournir au système une énergie qui provoque une augmentation de la température.

L'augmentation de la température d'un corps correspond, à l'échelle microscopique une augmentation de **l'agitation** de ses atomes .

Donc , dans, le disque et la plaque, une autre forme d'énergie est stockée sous forme **d'énergie cinétique microscopique** . qui se disperse ensuite dans l'environnement .

I. Existe-t-il d'autres formes d'énergies ?

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

☞ **Exemple 2** : la force qui effectue un travail est la force pressant exercée par l'opérateur. et qui provoque la compression du gaz dans le cylindre : la pression augmente et le volume diminue.

Le travail fourni par l'opérateur pour comprimer le gaz permet de transférer une énergie qui sera stockée dans le gaz (responsable sur l'augmentation de pression) et lorsqu'on lâche le piston le gaz libère cette énergie (une détente diminution de pression et augmentation de volume) .

I. Existe-t-il d'autres formes d'énergies ?

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

Conclusion

Le travail de la force pressante peut fournir au système une énergie qui provoque une augmentation de pression.

L'augmentation de pression d'un gaz correspond, à l'échelle microscopique une augmentation de **chocs** entre les constituants du gaz et la paroi de cylindre .

Donc , le gaz a stocké une autre forme d'énergie.

I. Existe-t-il d'autres formes d'énergies ?

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

☞ **Exemple 3** : la force qui effectue un travail la force de frottement entre la luge et la glace qui provoque un échauffement au niveau des surfaces de contact. ce travail qui sera reçu par le système ne fait varier ni l'énergie cinétique ni l'énergie potentielle de pesanteur mais il a pour effet de fondre la glace (la température à dépasser $0^{\circ}C$ dans cet exemple il se produit un changement d'état de l'état solide à l'état liquide et les constituants du système passe d'un état ordonné vers un état désordonné i.e que **l'énergie cinétique microscopique et l'énergie potentielle microscopique** des particules constituant des matériaux augmentent.

I. Existe-t-il d'autres formes d'énergies ?

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

conclusion

Le travail de la force de frottement peut fournir au système une énergie qui provoque un changement de son état physique.

Le changement d'état d'un système correspond, à l'échelle microscopique une augmentation de **de désordre** de ses constituants .

Donc , dans la glace et la luge une autre forme d'énergie est stockée sous forme **d'énergie cinétique microscopique et énergie potentielle microscopique** . qui provoque un changement d'état du système.

I. Existe-t-il d'autres formes d'énergies ?

Conclusion

L'énergie transférée par travail à un système peut augmenter son énergie cinétique ou/et son énergie potentielle de pesanteur, elle peut aussi, suivant la nature du système, provoquer :

- * une élévation de la température du système ;
- * une augmentation de la pression du système (le cas d'un gaz) ;
- * un changement d'état du système .

Cette forme d'énergie stockée dans le système (énergie cinétique microscopique et énergie potentielle d'interaction entre les particules qui dues à la modification de leur position relative dans le système) est appelé **énergie interne**.

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies?

Énergie
interne
d'un
système

1. Définition

On appelle énergie interne U d'un système l'ensemble de toutes les énergies qui se manifestent au niveau des particules microcosmiques (énergie cinétique, potentielle, ...)

$$U = \mathcal{E}_c(\text{micro}) + \mathcal{E}_p(\text{micro}) \quad (1)$$

l'unité de l'énergie interne est le joule (J)

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

2. Énergie totale d'un système

On définit l'énergie totale d'un système par la somme de son énergie mécanique E_m et de son énergie interne U :

$$E = E_m + U = E_c + E_{pp} + U \quad (2)$$

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies?

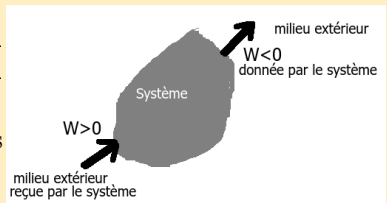
Énergie
interne
d'un
système

3. La variation de l'énergie interne

Rappel :

Par convention : tout système reçoit de l'énergie (W) du milieu extérieur alors $W > 0$

Lorsqu'il libère de l'énergie vers l'extérieur alors $W < 0$



II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

Variation de l'énergie interne

On ne peut pas déterminer l'énergie interne d'un système mais seulement la variation de l'énergie interne :

$$\Delta U = U_f - U_i \quad (3)$$

Un système dont l'énergie interne augmente stocke l'énergie.
Inversement un système dont l'énergie interne diminue libère de l'énergie.

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

4. Échange de l'énergie avec le milieu extérieur

La variation de l'énergie interne d'un système se fait soit par l'agitation des particules qui les constituent ou par les interactions qui existent entre ces particules.

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies?

Énergie
interne
d'un
système

5. Énergie transférée par travail à un système

Lorsqu'un système est soumis à des forces extérieures qui effectuent un travail W , ce système échange de l'énergie avec le milieu extérieur, et la variation de l'énergie interne ΔU dans ce cas égale à la quantité d'énergie échangée, c'est le travail W .

$$\Delta U = W$$

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

Application 1

On considère un chariot de masse $m = 5,0\text{kg}$ pouvant glisser sur deux rails orientés selon la plus grande pente d'un plan incliné.

On lance le chariot d'un point A situé dans le plan horizontal , avec une vitesse initiale $v_A = 7,0\text{m/s}$, il atteint un point C situé à la hauteur $h = 1,9\text{m}$ du plan horizontal.

On prendra $g = 9,8\text{N/kg}$ intensité de pesanteur.

1. calculer la variation de l'énergie mécanique au cours de ce mouvement ?
2. quelle est la variation de l'énergie interne du système ?

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

Application 2

On considère un gaz enfermé dans un cylindre en position horizontale, fermé par un piston P . le gaz n'échange pas de chaleur avec le milieu extérieur. l'opérateur applique une force \vec{F} constante , d'intensité $F = 80N$ sur le piston en effectuant un déplacement $\Delta l = 15cm$.

1. Y-t-il une variation d'énergie interne au cours de cette transformation ? justifier votre réponse .
2. Si la réponse est oui , calculer cette variation .

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

Solution

1. On considère que le système à étudier est le gaz enfermé dans le cylindre , l'opérateur exerce une force \vec{F} sur le piston, son point d'application se déplace de A à B donc la force effectue un travail W_{AB} que le système le reçoit de l'extérieur . donc il y a un échange d'énergie entre l'opérateur et le système (le gaz) par le travail qu'a pour effet d'augmenter la pression du gaz et diminuer le volume (le nombre de choc entre les particules du gaz et le paroi du cylindre) i.e l'augmentation de l'énergie interne, donc $\Delta U > 0$.

II. Énergie interne d'un système

Solution

2. on sait que la variation de l'énergie totale du système est :

$$\Delta E = \Delta E_m + \Delta U$$

$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_{pp}$ avec $\Delta E_c = 0$ en considérant que le déplacement de piston est lent (vitesse constante) et $\Delta E_{pp} = 0$ le cylindre est horizontal . Donc :

$$\Delta E = \Delta U$$

et puisque le système reçoit de l'énergie de l'extérieur on

$$\Delta E = W_{AB}(\vec{F}) = F \cdot \Delta l.$$

Donc

$$\Delta U = F \cdot \Delta l$$

$$\Delta U = 12J$$

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

6. Transfère d'énergie par chaleur : transfère thermique

a. Définition

Lorsque deux corps à des températures différentes sont mises en contact , on constate que la température du corps chaud diminue, tandis que la température du corps froid augmente. Il y a transfert d'énergie entre les deux corps : c'est le transfert thermique.

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

b. Sens de transfert thermique :

Un transfert thermique s'effectue spontanément du corps de température plus élevée au corps de température plus basse .

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies?

Énergie
interne
d'un
système

Remarque :

Le terme chaud et froid sont relatif . (Une quantité d'eau à $0^{\circ}C$ et une autre à $-10^{\circ}C$, les deux quantités sont froides mais la première quantité est plus chaude que la deuxième).

Si le contact entre les deux corps a lieu en suffisamment de temps , ils ont la même température on dit que **les deux corps en équilibre thermique.**

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

c. Modes de transfert thermique

☞ Transfert thermique par conduction

Exemple 1 : lorsqu'on chauffe le bout d'une plaque métallique au bout d'un petit moment , en touchant l'autre bout , il devient chaud i.e qu'il y a un transfert thermique de l'extrémité chaud de la barre vers l'extrémité froid .

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies?

Énergie
interne
d'un
système

Exemple 2 : On prend deux béciers , l'un contient de l'eau chaude et l'autre de l'eau froide et on les relie par un plaque métallique , au bout d'un certain temps, l'eau dans les deux béciers a la même température i.e que la plaque métallique favorise le transfert thermique de l'eau chaude vers l'eau froide. Dans les deux cas il y a **transfert thermique par conduction** i.e il s'effectue sans transport de la matière .

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

Conclusion

Un transfert thermique s'effectue par conduction ou par convection . Ces deux modes de transfert nécessitent la présence d'un milieu matériel : ils ne peuvent pas s'effectuer dans le vide .

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies?

Énergie
interne
d'un
système

d. Effet du transfert thermique

Le transfert thermique peut élever la température d'un corps .
Le transfert thermique peut aboutir à un changement d'état physique d'un corps pur.

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

e. Transfert thermique et énergie thermique

Définition :

Un transfert thermique est un transfert d'énergie d'un corps chaud vers un corps froid , cette énergie s'appelle **énergie thermique** ou **quantité de chaleur** on le note Q , son unité est le joule (J)

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies ?

Énergie
interne
d'un
système

Expression de l'énergie thermique :

On admet dans le cas d'un échauffement régulier , que l'énergie reçu par un corps de masse m (sans qu'il change d'état) et dont la température s'élève de θ_i à θ_f est proportionnelle à m et à la différence $(\theta_f - \theta_i)$ et ceci se traduit par la relation :

$$Q = mc(\theta_f - \theta_i) \quad (4)$$

où c est une constante caractérisant la matière qui constitue le corps : appelée capacité thermique massique du corps .

II. Énergie interne d'un système

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies?

Énergie
interne
d'un
système

☞ La capacité thermique massique d'un corps pur est l'énergie thermique nécessaire à 1 kg de ce corps pour élever sa température de $1^{\circ}C$.

Son unité dans SI ($J.kg^{-1}.K^{-1}$)

Exemples des capacité thermique massique : L'eau : $4180J/kg.K$, Éthanol : $2420J/kg.k$, Aluminium : $904J/kg.K$, Dihydrogène : $1400J/kg.K$.

II. Énergie interne d'un système

- **Remarque 1 :** La capacité thermique massique d'un corps dépend de sa température initiale, cependant , dans la plus part des cas , elle peut être constante dans un domaine limité de températures .
- **Remarque 2 :** La capacité thermique μ d'un corps de masse m est l'énergie thermique nécessaire pour élever sa température de $1^{\circ}C$, elle est exprimée par la relation

$$\mu = m.c$$

- où c est la capacité thermique massique du corps. son unité dans S.I est $J/^{\circ}C$ ou J/K .
La capacité thermique d'un système (S) formé de plusieurs corps est égale à la somme des capacités thermiques de ces corps :

$$\mu_S = \Sigma\mu_i = \Sigma m_i c_i$$

II. Énergie interne d'un système

7. Transfère d'énergie par rayonnement

- La terre se réchauffe sous l'effet des rayons solaires , mais il y a le vide entre la terre et le soleil qui ne permet pas un transfert thermique . Quel mode de transfert d'énergie existent-il entre la terre et le soleil ?
Ce sont les radiations visibles et invisibles émises par le soleil qui permettent de transfert d'énergie appelé : **transfert par rayonnement** .
- Tout corps , du fait de sa température rayonne . Ce rayonnement est de même nature que la lumière : les **ondes électromagnétique transportant de l'énergie**.

III. Le première principe de la thermodynamique

TRAVAIL
ET
ÉNERGIE
INTERNE

allal
Mahdade

Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies?

Énergie
interne
d'un
système

☞ Travail , chaleur et rayonnement constituent des modes de transfert d'énergie.

Si le transfert d'énergie se fait par chaleur , travail et rayonnement , alors la variation de l'énergie interne du système est :

$$\Delta U = Q_t + W \quad (5)$$

avec Q_t est l'énergie transférée par chaleur ou rayonnement .

Énoncé du première principe de la thermodynamique :

La variation de l'énergie interne d'un système au cours d'une transformation , est égale à la somme des énergies transférée (par travail , par chaleur , ou par rayonnement) entre le système et le milieu extérieur .

III. Le première principe de la thermodynamique

TRAVAIL ET ÉNERGIE INTERNE

allal
Mahdade

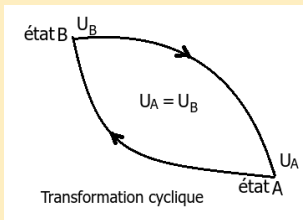
Introduction

Existe-t-il
d'autres
formes
d'énergies?

Énergie
interne
d'un
système

Le cas d'une transformation cyclique :

On dit qu'un système effectue une transformation cyclique ou fermée si l'état final coïncide avec l'état initial et par conséquent $\Delta U = 0$ la variation de l'énergie interne est nulle.



III. Le première principe de la thermodynamique

Bilan énergétique :

- L'énergie totale d'un système est égale à la somme de son énergie mécanique et l'énergie interne :

$$E = E_m + U$$

- Si le système est isolé (n'échange ni matière ni énergie avec le milieu extérieur) $\Delta E = 0$. Donc

$$\Delta E_m + \Delta U = 0$$

ce résultat exprime la conservation de l'énergie totale du système .