PHYSIQUE-CHIMIE · PREMIÈRE / COURS

Énergie cinétique, potentielle et mécanique

Astrolab Cours · astrolabcours.fr

01 Le problème

Un skateur s'élance du haut d'une rampe. En bas, il va vite. Il remonte de l'autre côté, ralentit, s'arrête un instant, redescend. S'il ne pousse jamais, il remonte un peu moins haut à chaque aller-retour. Quelque chose se transforme, et quelque chose se perd.

01 L'idée : deux seaux d'eau

Imagine deux seaux. L'un s'appelle **hauteur**, l'autre **vitesse**. Le skateur verse sans cesse l'eau de l'un dans l'autre :

- en descendant, le seau hauteur se vide dans le seau vitesse ;
- en remontant, c'est l'inverse.

La quantité totale d'eau, c'est l'**énergie mécanique**. Sans frottement, elle ne change jamais. Avec des frottements, un peu d'eau fuit à chaque transvasement : elle ne disparaît pas, elle chauffe les roues et l'air.

01 L'énergie cinétique

Un système de masse m en translation à la vitesse v possède l'énergie cinétique

$$E_c = \frac{1}{2}\, m\, v^2$$

E_c en joules, m en kilogrammes, v en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

Le travail d'une force

Une force fait varier l'énergie d'un système quand son point d'application se déplace. Pour une force F constante, sur un déplacement rectiligne de A à B :

$$W_{AB}(F) = F \cdot \overrightarrow{AB} = F \times AB \times \cos\alpha$$

avec α l'angle entre la force et le déplacement.

- $\alpha < 90^\circ$: travail **moteur** (positif), la force aide le mouvement.
- $\alpha = 90^\circ$: travail **nul**, la force ne change pas l'énergie.
- $\alpha > 90^\circ$: travail **résistant** (négatif), la force freine.

Travail du poids. Avec un axe z vertical vers le haut : $W_{AB}(P) = m\, g\, (z_A - z_B)$. Il ne dépend que de la différence d'altitude, pas du chemin suivi.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/premiere/energie-mecanique/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

Travail d'une force de frottement constante, opposée au déplacement : $W_{AB}(f) = -f \times AB$.

Le théorème de l'énergie cinétique

La variation d'énergie cinétique d'un système entre A et B est égale à la somme des travaux des forces qui s'exercent sur lui :

$$E_c(B) - E_c(A) = \sum W_{AB}(F)$$

L'énergie potentielle de pesanteur

Le poids a une propriété précieuse : son travail ne dépend pas du chemin. On dit que c'est une force **conservative**. On lui associe une énergie stockée, l'énergie potentielle de pesanteur :

$$E_{pp} = m\,g\,z$$

avec z l'altitude, l'axe étant vertical vers le haut. Le choix de l'origine de z est libre : seules les variations de E_{pp} comptent. On a $W_{AB}(P) = -\Delta E_{pp} = E_{pp}(A) - E_{pp}(B)$.

L'énergie mécanique

$$E_m = E_c + E_{pp}$$

- Si le système n'est soumis qu'à des forces conservatives (ou à des forces qui ne travaillent pas), E_m **se conserve**.
- Si des forces non conservatives travaillent (frottements), $\Delta E_m = W(\text{forces non conservatives})$. Avec des frottements, E_m **diminue** : l'énergie perdue est dissipée en énergie thermique.

Exemple : une balle lâchée sans vitesse d'une hauteur h, sans frottement. En haut, $E_m = mgh$. En bas, $E_m = \frac{1}{2}mv^2$. Donc $v = \sqrt{2gh}$, indépendante de la masse. De 20 m, $v = \sqrt{2 \times 9{,}8 \times 20} \approx 20\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, soit environ $72\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Exemple guidé

Un skateur de 50 kg part sans vitesse du haut d'une rampe de 3,0 m. On néglige d'abord les frottements. Quelle est sa vitesse en bas ? Puis il ne remonte qu'à 2,7 m de l'autre côté : quelle énergie a-t-il perdue ?

1. **En haut** : $E_c = 0$ et $E_{pp} = mgh = 50 \times 9{,}8 \times 3{,}0 = 1\,470$ J.
2. **En bas**, sans frottements, l'énergie mécanique se conserve : $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$, donc $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9{,}8 \times 3{,}0} \approx 7{,}7\ \text{m/s}$.
3. **De l'autre côté**, il s'arrête à 2,7 m : son énergie mécanique vaut $50 \times 9{,}8 \times 2{,}7 = 1\,323$ J.
4. **L'énergie perdue** : $1\,470 - 1\,323 = 147$ J. C'est le travail des frottements.

La masse disparaît du calcul de la vitesse : sans frottements, un skateur léger et un lourd arrivent en bas à la même vitesse.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/premiere/energie-mecanique/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

Retour au problème

L'énergie potentielle se transforme en énergie cinétique, puis l'inverse. Ce qui se perd à chaque aller-retour part en chaleur à cause des frottements des roues et de l'air : l'énergie mécanique diminue, et il remonte un peu moins haut.

Les pièges

- La vitesse est **au carré** dans E_c et doit être en $\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}$.
- Le travail du poids ne dépend que de la **différence d'altitude**.
- La réaction normale d'un support, perpendiculaire au déplacement, ne travaille pas.
- Avec des frottements, l'énergie mécanique **n'est pas conservée**, l'énergie totale si.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/premiere/energie-mecanique/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits