Travail et puissance d'une force

Fiche méthode

(Physique-chimie 1re spécialité · L'énergie : conversions et transferts · Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques)

La démarche pour calculer un travail ou une puissance

1. Je nomme le système et le déplacement : de A vers B, sa longueur, en ligne droite ou par segments.

2. Je fais le bilan des forces et, pour chacune, je vérifie qu'elle est constante et je repère l'angle α avec le déplacement.

3. J'applique la bonne expression : $F \times AB \times \cos\alpha$, $m\,g\,(z_A - z_B)$, $q\,\vec{E} \cdot \overrightarrow{AB}$ ou $-f \times \ell$.

4. Je contrôle le signe (moteur ou résistant) et, en mouvement rectiligne uniforme, que la somme des travaux est nulle.

5. Puissance : $\dfrac{W}{\Delta t}$ ou $F\,v\cos\alpha$, en unités SI, puis je conclus avec l'unité.

Le réflexe — le travail dépend de la force et du déplacement, jamais de la durée : c'est la puissance qui dépend de la durée.

Cas 1 · Calculer le travail d'une force constante

Réflexe — $W = F \times AB \times \cos\alpha$, angle entre la force et le déplacement ; ou $F_x\,\Delta x + F_y\,\Delta y$.

Exemple. Un cheval de trait tire une herse sur 150 m en ligne droite ; la chaîne, tendue à 400 N, fait 15° avec le déplacement. Travail de la tension ?

$W = 400 \times 150 \times \cos 15^\circ \approx 5{,}80 \times 10^4$ J, moteur.

Attention — calculatrice en degrés ; l'angle se lit entre les deux vecteurs, pas avec l'horizontale.

Cas 2 · Dire si un travail est moteur, nul ou résistant

Réflexe — angle aigu, moteur ; droit, nul ; obtus, résistant ; vitesse constante en ligne droite, somme des travaux nulle.

Exemple. Un spéléologue descend de 45 m dans un puits, à vitesse constante, suspendu à sa corde ; la corde exerce sur lui une force verticale vers le haut de 760 N. Travail de cette force ?

Force vers le haut, déplacement vers le bas : $\alpha = 180^\circ$, $W = -760 \times 45 = -3{,}42 \times 10^4$ J, résistant.

Attention — une force qui ne travaille pas existe quand même (réaction normale, tension d'un pendule).

Cas 3 · Calculer le travail du poids

Réflexe — axe vers le haut, $W = m\,g\,(z_A - z_B)$, quel que soit le chemin.

Exemple. Une grimpeuse de 58 kg passe de 12 m à 27 m de hauteur sur une paroi. Travail de son poids ?

$W = 58 \times 9{,}81 \times (12 - 27) \approx -8{,}53 \times 10^3$ J : résistant, elle monte.

Attention — sur une pente de θ, l'angle du poids avec le déplacement vaut $90^\circ \pm \theta$, jamais θ.

Cas 4 · Force électrique et frottements

Réflexe — $\vec{F} = q\,\vec{E}$ avec le signe de q ; frottements : $-f \times \ell$, longueur réellement parcourue.

Exemple. Un ion chlorure $\mathrm{Cl^-}$ ($q = -1{,}6 \times 10^{-19}$ C) parcourt 3,0 cm en sens contraire d'un champ uniforme de $5{,}0 \times 10^{3}$ $\mathrm{V \cdot m^{-1}}$. Travail de la force électrique ?

$q < 0$: la force est opposée au champ, donc dans le sens du déplacement ;
$W = 1{,}6 \times 10^{-19} \times 5{,}0 \times 10^{3} \times 0{,}030 = 2{,}4 \times 10^{-17}$ J, moteur.

Attention — distances en mètres ; un aller-retour avec frottements ne donne jamais un travail nul.

Cas 5 · Calculer une puissance

Réflexe — $P = \dfrac{W}{\Delta t}$ ou $P = F\,v\cos\alpha$, en W ; $\mathrm{km \cdot h^{-1}}$ divisés par 3,6.

Exemple. Une élève de 55 kg monte trois étages, soit 9,0 m de hauteur, en 20 s. Puissance moyenne qu'elle développe contre son poids ?

Elle doit fournir au moins $-W(\vec{P}) = 55 \times 9{,}81 \times 9{,}0 \approx 4\,856$ J ; $P = \dfrac{4\,856}{20} \approx 243$ W.

Attention — le $\mathrm{kW \cdot h}$ est une énergie ($3{,}6 \times 10^{6}$ J), pas une puissance.

Les pièges

- Prendre l'angle de la pente au lieu de l'angle entre la force et le déplacement.
- Écrire $W(\vec{P}) = m\,g\,h$ en montée : le travail du poids y est négatif.
- Croire qu'à vitesse constante chaque force a un travail nul.
- Utiliser la distance à vol d'oiseau pour des frottements sur un aller-retour.
- Confondre joule et watt, ou oublier de convertir minutes, $\mathrm{km \cdot h^{-1}}$ et cm.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).