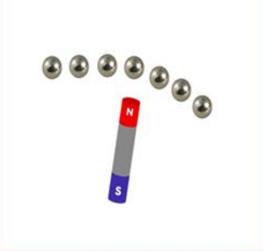
Leçon 2 : Travail et Puissance d'une force

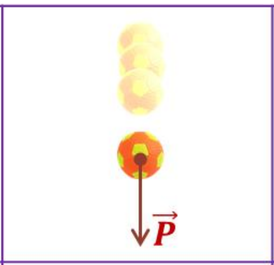
I. Concept de travail d'une force

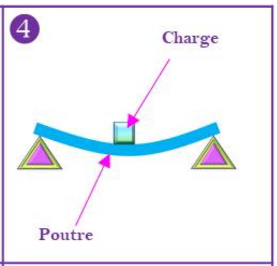
1) Effets d'une force exercée sur un solide

a) Activité

Identifier les effets ou les changements provoqués par la force pour chaque système







La bille de fer change sa trajectoire sous l'action de la force exercée par l'aimant	Le ballon bouge sous l'action de son poids	La voiture se déplace grâce à la force exercée par l'homme .	La poutre se déforme sous l'action du poids de la charge

b) Conclusion

Une force dont le point d'application qui se déplace, exercée sur corps solide peut avoir plusieurs effets :

- Mettre un solide en mouvement.
- Modifier le mouvement d'un solide (sa vitesse, ou sa trajectoire) .
- Déformer le corps solide.

2) Notion du travail

On dit qu'une force $\vec{F}$ appliquée à un corps solide, travaille si son point d'application se déplace et qu'elle change le mouvement de ce solide ou change ses propriétés physiques (augmentation de sa température, modification de son format).

- Le travail d'une force $\vec{F}$ dont le point d'application se déplace d'un point A à un point B est une grandeur algébrique noté $W_{A\to B}(\vec{F})$.
- L'unité du travail dans le $(S.I)$ est le joule de symbole (J)

II. Travail d'une force constante

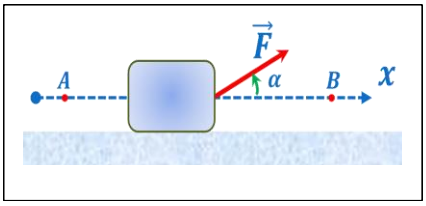
1) Force constante

Une force $\vec{F}$ appliquée à un corps solide est dite constante, si elle conserve la même direction le même sens et la même intensité au cours du mouvement de ce corps.

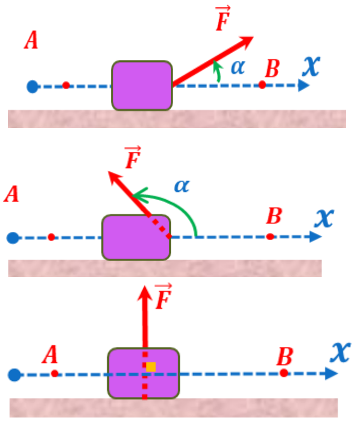
2) Travail d'une force constante appliquée à un solide en mouvement de translation rectiligne

- Le travail d'une force $\vec{F}$ dont le point d'application se déplace d'un point A à un point B appliquée à un corps solide en translation rectiligne est égale au produit scalaire du vecteur force $\vec{F}$ et le vecteur de déplacement $\overrightarrow{AB}$:

$\boldsymbol{W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F} * \overrightarrow{AB}}$ **ou** $\boldsymbol{W_{A\to B}(\vec{F}) = F.\ AB\ cos(\alpha)}$ **tel que :**



- $\boldsymbol{W_{A\to B}(\vec{F})}$ **:** le travail en joule (J)
- $\boldsymbol{AB}$ **:** la distance en mètre (m)
- $\boldsymbol{\alpha}$ **:** l'angle entre le vecteur $\overrightarrow{AB}$ et le vecteur $\vec{F}$.



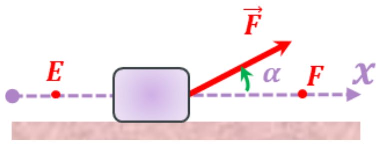
- **Le signe du travail de la force $\vec{F}$ dépend de la valeur de l'angle α .**
  - Si $0° \leq \alpha < 90°$ alors $W_{A\to B}(\vec{F}) > 0$, la force $\vec{F}$ a **un travail moteur.**
  - Si $90° < \alpha \leq 180°$ alors $W_{A\to B}(\vec{F}) < 0$ la force $\vec{F}$ a **un travail résistant.**
  - Si $\alpha = 90°$ alors $W_{A\to B}(\vec{F}) = 0$ la force $\vec{F}$ **ne travaille pas.**

Application 1

Un corps solide se déplace sans frottement sur piste horizontale et soumis à une force constante $\vec{F}$ formant un angle $\alpha = 30°$ avec la piste et d'intensité $F = 5N$.

❶ Déterminer les forces exercées sur le solide.

❷ Calculer les travaux des forces extérieures exercées sur ce solide lorsqu'il se déplace d'un point E à un point F tel que : $EF = 15m$

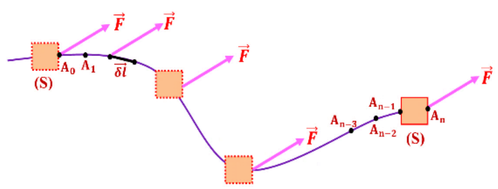


Réponse :

Laissez12 lignes pour la réponse

3) Travail d'une force constante appliquée à un solide en mouvement de translation curviligne

On découpe la trajectoire en segments $\overrightarrow{\partial l}$ infiniment petits. On note par $\partial W_i(\vec{F})$ le travail élémentaire correspondant au déplacement $\overrightarrow{\partial l_i}$: $\boldsymbol{\partial W_i(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{\partial l_i}}$



Le travail total de la force $\vec{F}$ lorsque son point d'application se déplace d'un point A un point B est égale la somme des travaux élémentaires : $\boldsymbol{W_{AB}(\vec{F}) = \sum \partial W_i(\vec{F}) \Leftrightarrow W_{AB}(\vec{F}) = \sum \vec{F} * \overrightarrow{\partial l_i} \Leftrightarrow W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} * \sum \overrightarrow{\partial l_i}}$

$$\Leftrightarrow W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} * \overrightarrow{AB}$$

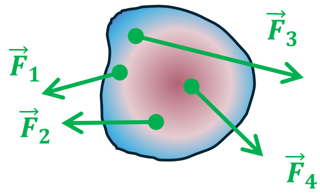
Généralisation

Le travail d'une force constante $\vec{F}$ appliquée à un solide en translation entre deux positions A et B ne dépend pas de chemin suivi entre ces points : $W_{EF}(\vec{F}) = \vec{F} * \overrightarrow{AB}$

4) Travail d'un ensemble de forces appliquées à un solide en translation

On considère un corps solide en translation et soumis à un ensemble de forces constantes tel que les points d'applications de ces forces subissent le même déplacement.

Le travail total de ces forces est : $W_{EF}(\vec{F}) = W_1(\vec{F}_1) + W_2(\vec{F}_2) + \cdots + W_n(\vec{F}_n) = \sum W_i(\vec{F}_i)$



$$\Leftrightarrow W_{EF}(\vec{F}) = \vec{F}_1 * \overrightarrow{AB} + \vec{F}_2 * \overrightarrow{AB} + \cdots + \vec{F}_n * \overrightarrow{AB}$$

$$\Leftrightarrow W_{EF}(\vec{F}) = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n) * \overrightarrow{AB}$$

$$\Leftrightarrow W_{EF}(\vec{F}) = \sum \vec{F}_i * \overrightarrow{AB}$$

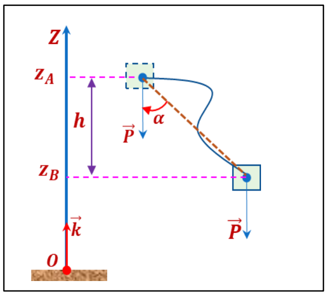
Le travail d'un ensemble de forces constantes appliquées à un solide en translation est égal au produit scalaire de la somme vectorielle de ces forces $\sum \vec{F}_i$ et le vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$: $W_{EF}(\vec{F}) = \sum \vec{F}_i * \overrightarrow{AB}$ **.**

5) Travail du poids d'un corps solide

Près de la surface de la terre, le poids est considéré une force constante.

On considère un corps solide (S) de masse m se déplaçant d'un point A à un point B.

Le travail de (S) lors de son mouvement de A à B est : $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} * \overrightarrow{AB} \Leftrightarrow W_{AB}(\vec{P}) = P.AB.\cos(\alpha)$



$\Leftrightarrow W_{AB}(\vec{P}) = m.g.AB.\cos(\alpha)$ avec $\cos(\alpha) = \frac{Z_A - Z_B}{AB}$

Donc : $W_{AB}(\vec{P}) = m.g.(Z_A - Z_B) = m.g.h$

Remarque

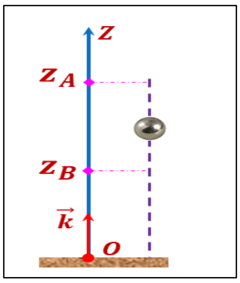
- Le travail du poids d'un corps est seulement lié à la cote z_A de position initiale et à la cote z_B de position finale, c-à-d il ne dépend pas de la trajectoire suivie .
- Si l'axe (Oz) est dirigé vers le bas, l'expression du travail du poids du corps devient :

$W_{A\to B}(\vec{F}) = mg(z_B - z_A)$ **.**

Application 2

On considère une bille métallique on chute libre sous l'action de son poids.

❶ Calculer le travail du poids de la bille lorsque son centre d'inertie passe du point A de cote $z_A = 25m$ à un point B de cote $z_B = 10m$. Quelle est la nature de ce travail ?



❷ Calculer le travail du poids de la bille lors du passage de son centre d'inertie du point B à un point C de cote $z_C = 15m$. Quelle est la nature de ce travail ?

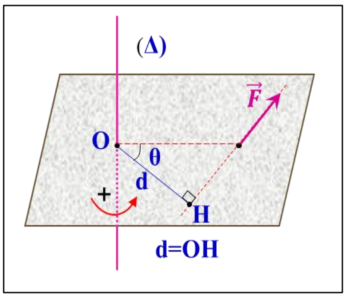
Données : la masse de la bille $m = 60g$; l'intensité de pesanteur $g = 10N.kg^{-1}$

Réponse :

Laissez12 lignes pour la réponse

III. Travail d'une force de moment constant

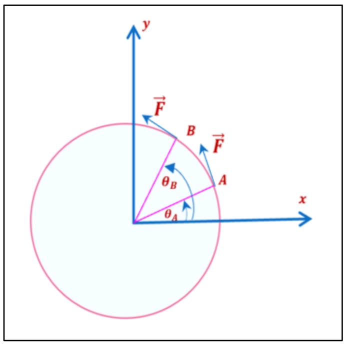
1) Le moment d'une force « rappel »



Le moment d'une force $\vec{F}$ par rapport à un axe (Δ) perpendiculaire à sa direction est le produit de l'intensité F de la force par d la distance entre la direction de la force et l'axe (Δ) : $\boldsymbol{M_\Delta(\vec{F}) = \pm F.d}$

L'unité du moment dans le (S.I) est (N.m)

2) Travail d'une force de moment constant



Le travail d'une force $\vec{F}$ de moment constant par rapport à l'axe de rotation est égale au produit de moment et de l'angle de rotation :

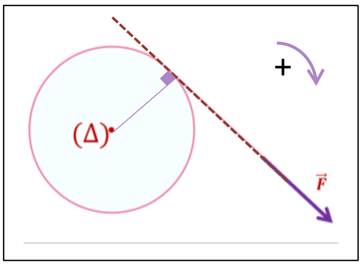
$$\boldsymbol{W_{AB}(\vec{F}) = M(\vec{F})_\Delta.\Delta\theta = M(\vec{F})_\Delta.(\theta_B - \theta_A)}$$

Tel que :

- $\boldsymbol{W_{AB}(\vec{F})}$: Le travail de la force $\vec{F}$ en (J)
- $\boldsymbol{\Delta\theta}$: La variation de l'abscisse angulaire en (rad) .

$\boldsymbol{M_\Delta(\vec{F})}$: Le moment de la force $\vec{F}$ en $(N.m)$

Application 3



Un disque homogène de rayon $R = 20cm$, tourne autour d'un axe (Δ) passant par son centre, sous l'action d'une force $\vec{F}$ d'intensité $F = 10N$ (la figure ci-contre).

❶ Calculer le moment de la force $\vec{F}$.

❷ Calculer le travail de la force $\vec{F}$ lorsque le disque effectue trois tours complets.

Réponse :

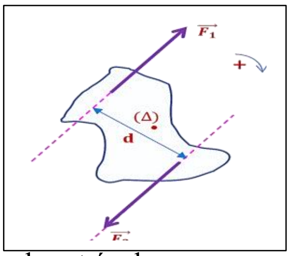
Laissez 5 lignes pour la réponse

3) Travail d'un couple de moment constant

a) Le moment d'un couple de deux forces « rappel »

- Deux forces $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$ forment <u>un couple</u> $(\vec{F_1}, \vec{F_2})$ susceptible de tourner le solide dans le même sens si :

- **Sa somme vectorielle est égale au vecteur nul : $\vec{F_1} + \vec{F_2} = \vec{0}$**
- **Ses lignes d'actions ne sont pas confondues.**



- Le moment du couple de deux forces par rapport à un axe (Δ) perpendiculaire au plan du couple est égale au produit de l'intensité commune F de deux forces et la distance d entre ses lignes d'action :

$$\boldsymbol{M_C = M_\Delta(\vec{F_1}, \vec{F_2}) = \pm F.d}$$

b) Travail d'un couple de moment constant

Le travail d'un couple de moment constant par rapport à l'axe de rotation est égal le au produit de moment et de l'angle de rotation : $\boldsymbol{W_{A\to B}(\vec{F}) = M_C.\Delta\theta = M_C.(\theta_B - \theta_A)}$.

IV. La puissance mécanique

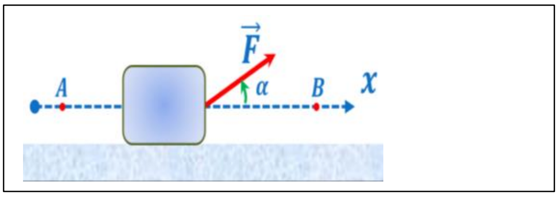
1) Puissance moyenne

La puissance moyenne d'une force est le quotient du travail $\boldsymbol{W_{AB}(\vec{F})}$ de cette force par la durée Δt nécessaire pour réaliser ce travail : $\boldsymbol{P_m = \frac{W_{AB}(\vec{F})}{\Delta t}}$

L'unité de la puissance de le (S.I) est le watt de symbole : $(\boldsymbol{W})$

Application 4

Un solide (S) parcoure une distance $AB = 10m$ sur une piste horizontale pendant une durée $\Delta t = 2min$. Le solide (S) est soumis entre les positions A et B à d'une force constante $\vec{F}$ d'intensité $F = 24N$ et forme un angle $\alpha = 60°$avec la piste.



❶ Calculer le travail de la force $\vec{F}$ entre les positions A et B.

❷ Déduire la puissance de cette force.

Réponse :

Laissez 5 lignes pour la réponse

2) La puissance instantanée d'une force constante exercée sur un solide en translation

La puissance instantanée d'une force constante est le quotient du travail élémentaire $\boldsymbol{\delta W_{AB}(\vec{F})}$ de cette force par la durée δt nécessaire pour réaliser ce travail **:** $\boldsymbol{P_i = \frac{\delta W_i(\vec{F})}{\delta t}}$ où δt est une durée très courte.

Et puisque $\boldsymbol{\delta W_i(\vec{F}) = \vec{F} * \vec{\partial l_i}}$ ⇔ Donc : $\boldsymbol{P_i = \frac{\vec{F} * \vec{\partial l_i}}{\delta t}}$ ⟺ $\boldsymbol{P_i = \vec{F} * \vec{V_i}}$

3) La puissance instantanée d'une force de moment constant exercée sur un solide en translation

La puissance instantanée d'une force de moment constant est le quotient du travail élémentaire $\boldsymbol{\delta W_{AB}(\vec{F})}$ de cette force par la durée δt nécessaire pour réaliser ce travail : $\boldsymbol{P_i = \frac{\delta W_i(\vec{F})}{\delta t}}$ où δt est une durée très courte.

Et puisque $\boldsymbol{\delta W_i(\vec{F}) = M_\Delta(\vec{F}).\Delta\theta}$ ⇔ Donc : $\boldsymbol{P_i = \frac{M_\Delta(\vec{F}).\Delta\theta}{\delta t}}$ ⟺ $\boldsymbol{P_i = M_\Delta(\vec{F}).\omega_i}$