51. Calorimètre en rotation.
Un récipient cylindrique fermé tourne d'un mouvement uniforme autour de son axe placé horizontalement. Il est soumis à deux couples : le couple moteur appliqué à son arbre axial, et un couple de frottement produit par un ruban pratiquement immobile posé sur le cylindre, tendu par des poids et dont l'action est égale à celle d'une force de 36,55 N, tangente à la surface du cylindre, normale à son axe.
1) Calculer le moment du couple de freinage, sachant que le diamètre du cylindre vaut 15,2 cm.
2) Le cylindre fait 895 tours en 8 minutes. Calculer la vitesse angulaire du cylindre et la puissance développée par le couple moteur.
3) Le récipient constitue un calorimètre : il pèse m_1 = 3,7 kg, sa capacité thermique massique est c_1 = 0,418 $kJ.K^{-1}.kg^{-1}$ et il contient m_0 = 250 g d'eau. Quelle est l'élévation de la température de ce calorimètre pendant les 8 minutes de l'expérience? Capacité thermique massique de l'eau : c_0 = 4 185 $J.K^{-1}.kg^{-1}$.

Rép : 2,78 N.m ; 11,7 rad.s^{-1} ; 32,5 W ; 6,0 °C

52. Coureur.
Un champion de course à pieds développe une puissance de 7 kW lorsqu'il parcourt 100 m en 10 s. Quelle quantité de sucre doit-il absorber pour compenser la perte d'énergie correspondante? Le pouvoir calorifique massique du sucre est égal à 16,7 MJ / kg. On admettra que le rendement du corps humain pour transformer l'énergie chimique en énergie mécanique est de 30 %.

Rép : 14 g

53. Centrifugeuse.
Le rotor d'une centrifugeuse est assimilable à un disque horizontal pesant 250 g, de diamètre 10 cm, entraîné par un moteur à air comprimé.
1) Le moment d'inertie du disque s'exprimant par $J = mR^2/2$ (R : rayon du disque ; m : masse) calculez J.
2) Calculer la puissance supposée constante pendant une minute qu'il faut communiquer au disque pour le faire passer du repos à la vitesse de 12 000 tours par minute.
3) Si l'on coupe l'arrivée d'air comprimé, le rotor s'arrête après avoir effectué 20 000 tours. Calculer le couple de frottement supposé constant qui détermine l'arrêt.
4) Quelle est la quantité de chaleur qui a été transférée au milieu ambiant lors de ce ralentissement?

Rép : 3,125.10^{-4} kg.m² ; 4,11 W ; 1,96.10^{-3} N.m ; 247 J

56. Chute d'eau.
Quelle est l'élévation de la température d'une chute d'eau de 427 m en supposant que toute l'énergie sert à élever la température de l'eau (c'est-à-dire que sous l'effet du choc, au pied de la chute, l'eau retrouve sa vitesse initiale)?
Capacité thermique massique de l'eau : 4 185 $J.K^{-1}.kg^{-1}$.

Rép : 1 °C

57. Consommation de gazole.
La notice technique d'un véhicule automobile annonce une puissance utile de 45 kW pour une consommation spécifique de gazole $\mathcal{C}_s$ = 245 g / kWh, à 2 300 tr / minute.
1) Quelle est la consommation de gazole en litres par heure à cette puissance?
2) Quel est le rendement de ce véhicule à cette puissance?
3) Quel est le couple moteur?
Masse volumique du gazole : μ = 833 $kg.m^{-3}$.
pouvoir calorifique inférieur massique du gazole: K_m = 42 $MJ.kg^{-1}$.

Rép : 13,2 l.h^{-1} ; 35 % ; 187 N.m

59. Ascenceur.
Un ascenseur est constitué par une cabine pesant à vide 800 kg, soutenue par un câble qui passe sans glissement sur une poulie dont on négligera la masse. La poulie. est mobile autour d'un axe horizontal et l'autre extrémité du câble porte un contrepoids de 900 kg.
La cabine, dans laquelle est placée une charge de 400 kg, effectue en 8 secondes une ascension de 9 mètres. L'action du dispositif moteur est réglée de telle sorte que le mouvement est uniformément accéléré pendant une demi seconde, le système partant du repos, puis uniforme pendant 7 secondes, enfin uniformément retardé pendant une demi-seconde pour arriver progressivement à l'arrêt de l'appareil.
1) On indique d'autre part que les accélérations pendant les première et troisième phases ont même module : déterminer ce module.
2) En supposant négligeables les pertes d'énergie par frottement et résistances passives pendant les deux premières phases, calculer les valeurs des énergies consommées durant celles-ci.
3) Déterminer l'énergie totale absorbée pendant la troisième phase par les freins qui entraînent l'arrêt.

Intensité de la pesanteur : g = 9,81 $m.s^{-2}$.

Rép : 2,4 m.s^{-2} ; 2,4 kJ ; 24,7 kJ ; 0,63 kJ

(51) 1) $\vec{\mathcal{M}}_F = \vec{\mathcal{M}}(\vec{f_F}, O)$

$R = \frac{1}{2}\,15{,}2 = 7{,}6 \text{ cm} = 0{,}076 \text{ m}$

$\|\vec{\mathcal{M}}_F\| = f_F \times R$

$= 2{,}7778 \text{ N.m}$ $\boxed{\mathcal{M}_F \approx 2{,}78 \text{ N.m}}$

2) $\omega = \frac{2\pi \overbrace{N}^{\text{nb tours}}}{\underbrace{t}_{\text{durée}}} = \frac{2\pi \times 895}{8 \times 60} = 11{,}71552$ $\boxed{\omega \approx 11{,}7 \text{ rad.s}^{-1}}$

$\omega = \text{cste} \Rightarrow \Sigma \vec{\mathcal{M}}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \mathcal{M}_m = \mathcal{M}_F$

$\mathcal{P}_m = \vec{\mathcal{M}}_m . \vec{\omega} = \mathcal{M}_m . \omega = \mathcal{M}_F . \omega$

$\mathcal{P}_m = 2{,}7778 \times 11{,}716 = 32{,}543 \text{ W}$

$\boxed{\mathcal{P}_m = 32{,}5 \text{ W}}$

3) syst = calorimètre + eau

reçoit W (frottements exercés par le ruban) $= \mathcal{P}_f . t = \mathcal{P}_m . t$

$Q = 0$

$\Delta U = C\, \Delta T = (m_0 c_0 + m_1 c_1)\, \Delta T$

1er ppe $\Rightarrow \Delta U = W + Q = W$

$\Rightarrow \Delta T = \frac{\mathcal{P}_m . t}{m_0 c_0 + m_1 c_1} = \frac{32{,}543 \times 8 \times 60}{0{,}25 \times 4185 + 3{,}7 \times 0{,}418 . 10^3} = 6{,}024$

$\boxed{\Delta T \approx 6\,°C}$

(52) $\mathcal{P} = 7\ kW$ $\quad t = 10\ s$ $\quad W_{méca} = \mathcal{P}t$

énergie chimique nécessaire W_{chim} tq $\eta = \frac{W_{méca}}{W_{chim}} = 0{,}3$

$\Rightarrow W_{chim} = \frac{\mathcal{P}t}{\eta}$ $\quad$ Or $W_{chim} = m\, K_m$

d'où $m = \frac{W_{chim}}{K_m} = \frac{\mathcal{P}t}{\eta K_m} = \frac{7000 \times 10}{0{,}3 \times 16{,}7.10^6} = 13{,}97.10^{-3}$

$\boxed{m \approx 14\ g}$

(53) 1) $J = \int r^2\, dm$ $\quad dm = \sigma\, dS = \frac{m}{S} 2\pi r\, dr = \frac{2\pi m\, r\, dr}{\pi R^2}$

$= \frac{2m}{R^2} r\, dr$ $\quad$ avec $R = \frac{D}{2}$

$J = \frac{2m}{R^2} \int_0^R r^3\, dr = \frac{2m}{R^2} \frac{R^4}{4} = \frac{1}{2} m R^2 = \frac{1}{2} m \frac{D^2}{4}$

$= \frac{1}{8} m D^2$ $\quad \boxed{J = 3{,}125.\ 10^{-4}\ m^2.kg}$

2) thm de l'énergie cinétique

$\Delta \mathcal{E}_c = \Sigma W_{ext}$ $\quad$ La seule action qui travaille est

celle du moteur $\Rightarrow \Sigma W_{ext} = \int \mathcal{P}_m\, dt = \mathcal{P}_m\, t$ $\quad (\mathcal{P}_m$ cte$)$

$\Delta \mathcal{E}_c = \frac{1}{2} J \omega^2$ $\quad$ donc $\mathcal{P}_m = \frac{J\omega^2}{2t}$

$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi \times 12000}{60} = 400\pi\ rad.s^{-1}$

d'où $\mathcal{P}_m = \frac{3{,}125.10^{-4} \times 400^2 \pi^2}{2 \times 60} = 4{,}112\ W$

$\boxed{\mathcal{P}_m = 4{,}1\ W}$

3) thm de l'E.C. . travail = celui du couple de frottement

$\Sigma W_{ext} = W_f = \int -\mathcal{M}_f . d\theta = -\mathcal{M}_f . \theta < 0$ car couple résistant

$\theta = 2\pi \times 20000 = 40000\pi$. $\quad \Delta \mathcal{E}_c = -\frac{1}{2} J \omega^2$

d'où $\mathcal{M}_f = \frac{J\omega^2}{2\theta} = 1{,}963.\ 10^{-3}$ $\quad \boxed{\mathcal{M}_f = 1{,}96 . 10^{-3}\ N.m}$

4) syst = disque

reçoit W : W = travail reçu par le syst (pt de vue thermo)
W_f = travail fourni par le couple (pt de vue méca)
donc $W = -W_f$

cède Q

T supposée cte donc $\Delta U = 0$

$|Q| = W = -W_f = \mathcal{M}_f . \theta = 246{,}78$ $\quad \boxed{|Q| \approx 247\ J}$

56 Système : masse m d'eau qui ~~tombe~~ d'une hauteur $h = 427\ m$

hypothèse $v_i \approx v_f$

bilan énergétique $\Delta U \approx \Delta H = C\,\Delta T = mc\,(T_f - T_i)$

$W = 0 \qquad Q = 0 \qquad \Delta \mathcal{E}_c = 0 \qquad \Delta \mathcal{E}_{p\,ext} = -mgh$

1er ppe : $\Delta U = W + Q - \Delta \mathcal{E}_c - \Delta \mathcal{E}_{p\,ext}$ ⚠

d'où $mc\,\Delta T = mgh$

$$\Delta T = \frac{gh}{c} = \frac{9{,}81 \times 427}{4185} = 1{,}0009 \qquad \boxed{\Delta T \approx 1°C}$$

57 1) On cherche le débit volumique q_v

On a $C_s = \dfrac{q_m}{\mathcal{P}_m}$ et $q_m = \dfrac{m}{t} = \dfrac{\rho V}{t} = \rho\, q_v$

d'où $\underbrace{q_v}_{l.h^{-1}} = \dfrac{q_m}{\rho} = \dfrac{\underbrace{C_s}_{g\,(kWh)^{-1}}\ \underbrace{\mathcal{P}_m}_{kW}}{\underbrace{\rho}_{g.l^{-1}}}$

$$q_v = \frac{245 \times 45}{833} = 13{,}24529 \qquad \boxed{q_v = 13{,}2\ l.h^{-1}}$$

2) rendement du véhicule

$$\eta = \frac{|W|}{Q_c} = \frac{\mathcal{P}_m\, t}{m\, K_m} = \frac{\mathcal{P}_m}{q_m\, K_m} = \frac{1}{K_m\, C_s} = \frac{3{,}6}{42 \times 0{,}245} = 0{,}34985$$

$\boxed{\eta \approx 35{,}0\ \%}$

$C_s = 245\,g\,(kWh)^{-1} = 0{,}245\ kg\,(kWh)^{-1} = \dfrac{0{,}245}{3{,}6}\ kg.MJ^{-1}$

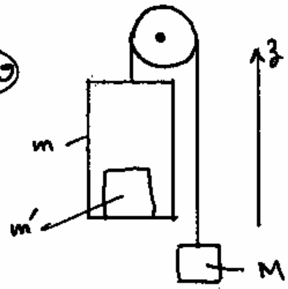
3) couple moteur ?

$\mathcal{P}_m = \mathcal{M}_m\ \omega \qquad \omega = 2300\ tr.min^{-1} = \dfrac{2\pi \times 2300}{60}\ rad.s^{-1}$

$\mathcal{M}_m = \dfrac{\mathcal{P}_m}{\omega} = 186{,}83\ N.m$

$\boxed{\mathcal{M}_m = 187\ N.m}$

53



$m = 800\,kg \quad m' = 400\,kg \quad M = 900\,kg$

1) Etude cinématique

phase I $\quad t = t_0 = 0 \rightarrow t = t_1 = 0{,}5\,s$

$z_0 = 0 \qquad v_0 = 0$

accélération $= a$ cste > 0

$\Rightarrow v = a\,\Delta t$

$z = \frac{1}{2} a\,\Delta t^2$

d'où $\begin{cases} z_1 = \frac{1}{2} a\, t_1^2 \\ v_1 = a\, t_1 \end{cases}$

phase II $\quad t = t_1 \rightarrow t = t_2 = t_1 + 7\,s$

accélération nulle $\Rightarrow v =$ cste $\quad z = v\,\Delta t +$ cste

d'où $\begin{cases} v_2 = v_1 \\ z_2 = v_1 (t_2 - t_1) + z_1 = a\, t_1 (t_2 - t_1) + z_1 \end{cases}$

phase III $\quad t = t_2 \rightarrow t = t_3 = t_2 + 0{,}5\,s = 8\,s$

accélération $= -a$

$\Rightarrow v = -a\,\Delta t + v_1 \qquad z = -\frac{1}{2} a\,\Delta t^2 + v_1\,\Delta t + z_2$

d'où $\begin{cases} v_3 = -a\,(t_3 - t_2) + v_1 \\ z_3 = -\frac{1}{2} a\,(t_3 - t_2)^2 + v_1 (t_3 - t_2) + z_2 \end{cases}$

a ? $\quad z_3$ connu et $t_3 - t_2 = t_1$

$z_3 = -\frac{1}{2} a\,(t_3 - t_2)^2 + a\, t_1 (t_3 - t_2) + a\, t_1 (t_2 - t_1) + \frac{1}{2} a\, t_1^2 = a\, t_1 (t_3 - t_1)$

$\Rightarrow a = \frac{z_3}{t_1 (t_3 - t_1)} = \frac{9}{0{,}5 \times 7{,}5} \qquad \boxed{a = 2{,}4\ m.s^{-2}}$

2) système = cabine chargée + contrepoids + câble (masse négligeable)

* Les vitesses de la cabine et du contrepoids sont les mêmes en module.

$\Delta \mathcal{E}_c = \frac{1}{2} (m + m' + M) \, \Delta(v^2)$

* $\mathcal{E}_p = \mathcal{E}_p$ (pesanteur) $= \Sigma m g z$

Les variations de position de la cabine et du contrepoids sont opposées (alors que la 1e monte, le 2nd descend)

d'où $\Delta \mathcal{E}_p = (m + m' - M) \, \Delta z$

* $\Delta \mathcal{E}_m = \Delta \mathcal{E}_c + \Delta \mathcal{E}_p$ Cette variation d'énergie mécanique est due à l'action du moteur qui fournit de l'énergie au système.

<u>phase I</u> $v_0 = 0$ $v_1 = a t_1 = 1{,}2 \ m.s^{-1}$

$z_0 = 0$ $z_1 = \frac{1}{2} a t_1^2 = 0{,}3 \ m$

$\Delta \mathcal{E}_m = 0{,}5 \, (800 + 400 + 900) \, 1{,}2^2 + (800 + 400 - 900) \times 9{,}81 \times 0{,}3 = 2394{,}9 \ J$

$\boxed{\Delta \mathcal{E}_m = 2{,}4 \ kJ}$

<u>phase II</u> $v_2 = v_1$ $z_2 - z_1 = a \, t_1 (t_2 - t_1) = 8{,}4 \ m$

$\Delta \mathcal{E}_m = 300 \times 9{,}81 \times 8{,}4 = 24\,721{,}2 \ J$ $\boxed{\Delta \mathcal{E}_m = 24{,}7 \ kJ}$

3) <u>phase III</u> $v_3 = 0$ $z_3 - z_2 = -\frac{1}{2} a \, (t_3 - t_2)^2 + v_1 (t_3 - t_2) = 0{,}3 \ m$

d'où $\Delta \mathcal{E}_m = 0{,}5 \times 2100 \times (-1{,}2^2) + 300 \times 9{,}81 \times 0{,}3 = -629{,}1 \ J$

$\Delta \mathcal{E}_m = -0{,}63 \ kJ$

Les freins absorbent donc une énergie de $\boxed{0{,}63 \ kJ}$