PAES UE3-Physique

2011-2012

Travaux dirigés n° 1+2

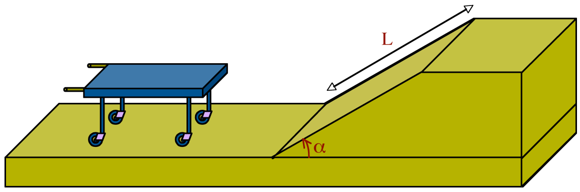
Dans tous les exercices « exprimer » signifie donner l'expression littérale et « calculer » demande l'expression littérale puis l'application numérique.

L'accélération de la pesanteur vaut g = 9.81 m s^{-2}.
Dans tous les exercices, justifiez le signe des travaux et échanges d'énergie.

ENERGIES

Un brancardier et ses pommes

Un brancardier pousse un brancard vide de masse m = 20 kg, roulant sans frottement.



1. Pour rouler dans un couloir horizontal, il applique une force F constante et horizontale sur les poignées. Le brancard, initialement immobile, atteint la vitesse v_1 = 3.6 km/h au bout de t_1 = 2 s. Ecrire la loi d'évolution de la vitesse v(t) en fonction du temps et en déduire l'intensité de la force F.
2. Calculer le travail W_1 effectué par le brancardier pendant ce trajet.
3. Calculer la variation d'énergie cinétique ΔE_{cin1} du brancard sur le même trajet. Conclure.
4. Le brancardier aborde une rampe montante, d'angle α = 10° par rapport à l'horizontale et de longueur inclinée L = 20 m. Il maintient sa vitesse v = v_1 constante pendant la montée. Quelle force F' doit-il exercer pour cela?
5. Calculer le travail W_2 fourni par le brancardier pour monter la rampe.
6. Calculer le travail W_g de la force de pesanteur pendant la montée. Conclure.
7. Le brancardier transpire sous l'effort et perd m' = 0.1 g d'eau par évaporation. La chaleur latente de vaporisation de l'eau vaut L = 2250 kJ/kg. Calculer l'énergie E_T perdue par transpiration.
8. Le brancardier prend une pomme pour compenser l'énergie qu'il a dû fournir sur tout le trajet. L'apport énergétique d'une pomme, η, vaut 54 kcal pour 100 grammes et le rendement énergétique du brancardier vaut ε = 20%. Calculer la masse de pommes que doit consommer le brancardier.

Escalier roulant

Un escalier roulant est conçu pour élever 20 personnes (de poids moyen m = 60 kg) par minute entre deux étages. La différence d'altitude vaut h = 5 m. Son moteur électrique a un rendement ε = 95%. Calculer la puissance électrique P minimale requise.

Eolienne

Le diamètre des pales d'une grande éolienne est de 100m. Elle est installée dans un site où le vent souffle à v = 8m/s. La masse volumique de l'air vaut ρ = 1,25 kg m^{-3}.

1. Exprimer le volume d'air dV/dt qui traverse l'éolienne par unité de temps.
2. Exprimer la puissance cinétique P_{max} maximale de l'éolienne.
3. Vérifier l'homogénéité de l'expression de P_{max}.
4. Pour un rendement ε = 30 %, calculer la puissance électrique P produite.
5. Si le vent souffle deux fois plus vite, de combien augmente la puissance produite ?

Chute d'ascenseur

Une cabine d'ascenseur de masse m = 500 kg chute avec une vitesse initiale nullle d'une altitude z_0 = 12 m au dessus du sol. Des ressorts amortisseurs sont disposés au sol. L'ensemble des amortisseurs est assimilé à un seul ressort vertical, de raideur k, de hauteur au repos z_R = 1 m, qui peut se comprimer au maximum sur la moitié de sa longueur au repos.

1. Les forces pouvant agir sur la cabine dérivent-elles d'une énergie potentielle?
2. Faire le bilan des énergies
   - au point de départ de la chute libre,
   - à l'instant où la cabine touche le haut du ressort,

- lorsque la cabine s'enfonce au maximum dans le ressort.

3. Calculer la vitesse de chute libre v à l'altitude z_R.
4. Calculer la raideur minimum du ressort sachant que les freins de secours ont réduit la vitesse de la cabine à 10% de la vitesse de chute libre à l'altitude z_R.

Impact d'astéroïde

Un astéroïde, de rayon r = 50 m, de masse volumique ρ = 3000 kg m^{-3}, a une vitesse v_∞ = 2 km/s à très grande distance de la Terre. Il percute la Terre de masse M = 6 10^{24} kg et de rayon R = 6370 km. On donne la constante de la gravitation G = 6.67 10-11 kg^{-1} m^3 s^{-2}. On néglige tout d'abord les frottements pendant la rentrée dans l'atmosphère.

1. Exprimer l'énergie potentielle $E_{pot}(x)$ de la Terre sur l'astéroïde situé à la distance x du centre de la Terre. On prendra une énergie nulle à l'infini.
2. Tracer le graphe de Epot(x). Commenter.
3. Exprimer la vitesse d'impact v au sol.
4. Calculer l'énergie cinétique dissipée dans l'explosion au sol en équivalent "bombe H", sachant qu'une bombe H déploie environ 9 10^{16} J.

GAZ PARFAITS

On donne les constantes suivantes:
constante des gaz parfaits R = 8.31 J K^{-1} $mole^{-1}$
masses molaires: M(H) = 1 g, M(C) = 12 g, M(N) = 14 g, M(O) = 16 g

Vaches et effet de serre

Une vache peut produire jusqu'à V = 600 litres de méthane (CH_4) par jour. Sous la pression atmosphérique et à la température T = 20°C, quelle masse m de méthane est-elle produite par jour (le méthane est un gaz à effet de serre qui augmente le réchauffement climatique).

Climatisation

Une pièce de volume V = 60 m^3 contient de l'air de masse volumique ρ = 1.2 kg m^{-3}. L'air est principalement constitué de diazote et dioxygène qu'on prendra comme gaz parfaits. Le pourcentage molaire $n(O_2)/n(N_2)$ vaut 25 %. La température de la pièce vaut T = 27°C.

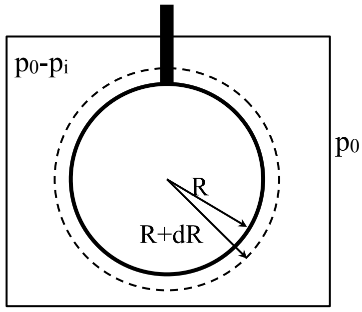
1. Calculer les nombres de moles de N_2 et O_2.
2. Calculer les pressions partielles des deux gaz ainsi que la pression totale dans la pièce.
3. On cherche à abaisser la température de la pièce à T' = 22°C en une durée t = 20 mn. Calculer la variation d'énergie interne à extraire à l'aide d'un climatiseur. Pour le bilan énergétique, on considérera les deux gaz comme diatomiques, sans vibration.
4. Calculer la puissance P du climatiseur pour un rendement idéal.

Respiration

Au repos, les poumons d'une personne contiennent un volume d'air V_0 = 3 litres sous une pression p_0 = 1 atm, à la température T = 37 °C. On considèrera l'air comme un gaz parfait, de masse molaire M = 29 g et de masse volumique ρ = 1.2 kg m^{-3}

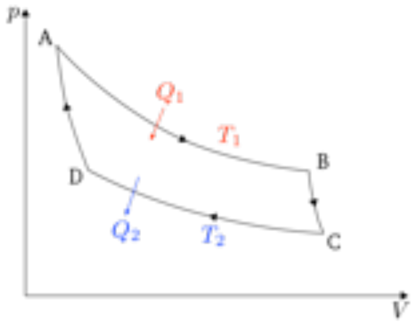
1. Exprimer l'énergie interne E de l'air dans les poumons en fonction de p_0 et V_0.
2. Calculer la vitesse quadratique moyenne v des molécules d'air.
3. La personne gonfle sa cage thoracique en se bouchant le nez pour empêcher l'air de pénétrer. Le volume V_1 des poumons augmente ainsi de 10%. Calculer, en fonction de p_0, la pression p_1 de l'air dans les poumons distendus ainsi que la différence Δp de pression entre le milieu extérieur et les poumons. *Rappel :* $(1 + \varepsilon)^n = 1 + n\,\varepsilon$, si $\varepsilon \ll 1$.
4. La fraction molaire de l'oxygène O_2 dans l'air étant de 21%, quelle est la pression partielle p_{O2} de O_2 dans les poumons distendus ?

On revient aux conditions initiales et on modélise l'un des poumons par une sphère déformable de rayon R. L'air y pénètre par un tube de section négligeable. Au repos, le poumon contient un volume d'air V'_0 sous une pression p_0 = 1 atm. Pendant une inspiration normale, la pression à l'extérieur du poumon, dans la cavité pleurale, devient p_0 - p_i (avec $0 < p_i << p_0$). En fin d'inspiration, le volume a augmenté de ΔV_i. On négligera les énergies liés à l'élasticité de la paroi.



5. Exprimer la force F_i de pression sur la surface totale du poumon en fonction de p_i et R pendant une inspiration. Donner la direction et le sens de la force F_i.
6. Sous l'action de F_i, le rayon du poumon croît d'une faible quantité dR. Exprimer la variation de volume dV correspondante.
7. Exprimer le travail dW_i de F_i en fonction de p_i et dR, puis en fonction de p_i et dV. En déduire le travail W_i effectué pendant une inspiration complète où la dépression pleurale vaut p_i = 6 mm Hg et l'augmentation de volume ΔV_i = 0.35 litre.

Rendement d'un panneau solaire



Le moteur de Carnot (idéal) fait subir un cycle à n moles de gaz parfait entre deux réservoirs de température chaude, T_1, et froide, T_2. L'enceinte de gaz est fermée. Le cycle est décrit sur le diagramme pression-volume ci-contre. Les étapes AB et CD, dites isothermes, s'effectuent à température constante. Les étapes BC et DA, dites adiabatiques, s'effectuent sans échange de chaleur avec le milieu extérieur.

1. Exprimer le travail W_{AB} du gaz pendant l'étape AB en fonction de T_1 et des volumes V_A et V_B.
2. Exprimer la quantité de chaleur Q_{AB} échangée avec le milieu extérieur.
3. Par analogie, exprimer le travail W_{CD} et la quantité de chaleur Q_{CD} échangés pendant l'étape CD en fonction de T_2 et des volumes V_C et V_D.
4. Exprimer la variation d'énergie interne ΔU_{BC} du gaz pendant l'étape BC en fonction des températures. Quelle quantité de chaleur est échangée?
5. En déduire le travail W_{BC} échangé par le gaz pendant la phase BC.
6. Par analogie, exprimer la variation d'énergie interne ΔU_{DA} et le travail W_{DA} échangés pendant l'étape CD en fonction des températures.
7. Exprimer le travail total W_{tot} échangé par le gaz avec le milieu externe pendant un cycle complet.
8. Exprimer le rendement $\varepsilon = |W_{tot}|/|Q_{AB}|$ du cycle.
9. Pendant les phases adiabatiques, la température T et le volume V du gaz suivent une loi $T.V^{\gamma-1}$ = constante avec $\gamma = 5/3$. Montrer que $V_C/V_D = V_B/V_A$ et en déduire l'expression du rendement en fonction des températures.
10. Une cellule solaire est éclairée par le soleil de température T_1 = 5700 K. La température de la cellule vaut T_2 = 300 K. Calculer le rendement maximum d'une cellule solaire.
11. La cellule reçoit I = 350 W/m^2 d'intensité lumineuse. Un panneau solaire moderne, de surface S = 1 m^2, a un rendement ε'= 30%. Quelle puissance P peut-il délivrer?