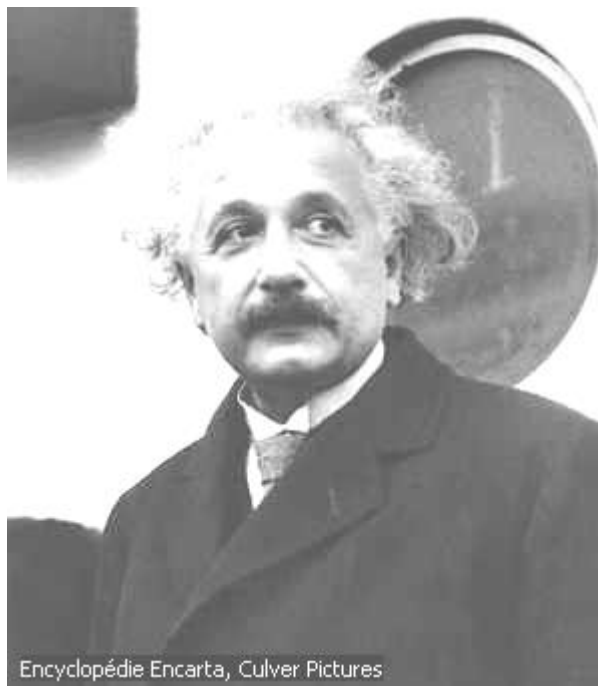


Exercices

Première S



Encyclopédie Encarta, Culver Pictures

PHYSIQUE

1 S

Proposé par [M. Diop & M. Salane](#)
Professeurs au Lycée de Bambey

Exercices corrigés conformes au nouveau programme

Travail et Puissance d'une force

Exercice 1

On pousse une caisse de poids $P = 400 \text{ N}$, de A vers D, selon le trajet ABCD (voir figure ci-contre). Le parcours horizontal CD a pour longueur $\ell = 4 \text{ m}$.

La caisse est soumise à une force de frottement \vec{f} , d'intensité constante $f = 50 \text{ N}$, opposée à tout instant au vecteur vitesse du point M.

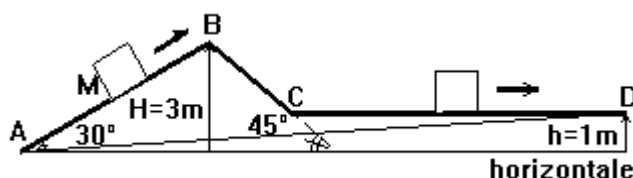
1) Calculer :

- Le travail $W(\vec{P})$ effectué par le poids \vec{P} de la caisse le long du trajet ABCD ;
- Le travail $W(\vec{f})$ de la force de frottement sur le même trajet.

2) Calculer pour le trajet en ligne droite AB :

- Le travail $W'(\vec{P})$ du poids \vec{P} ;
- Le travail $W'(\vec{f})$ de la force de frottement \vec{f}

Conclure.



Exercice 2

Une automobile de masse $m = 1200 \text{ kg}$ gravit une côte de pente constante 8% à la vitesse de 90 km/h. le moteur développe une puissance constante $P = 30 \text{ kW}$. L'air et les frottements divers qui s'opposent à la progression du véhicule équivalent à une force unique \vec{f} , parallèle au vecteur vitesse, de sens opposé et d'intensité $f = 260 \text{ N}$.

1) Quel est, pour une montée de durée 1 min :

- Le travail W_m effectué par le moteur (c'est-à-dire le travail de la force motrice développée par le moteur et qui provoque le mouvement du véhicule) ;
- Le travail $W(\vec{P})$ développé par le poids du véhicule ;
- Le travail $W(\vec{f})$ de la force \vec{f} ?

Quelle remarque ces résultats numériques vous suggèrent-ils ?

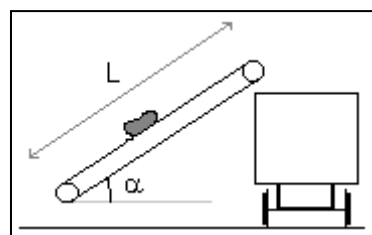
2) Quelles sont les puissances $P(\vec{P})$ et $P(\vec{f})$ du poids \vec{P} et de la force \vec{f} ?

Données :

- une route de pente 8% s'élève de 8 m pour un parcours de 100 m le long de la route ;
- intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N/kg}$

Exercice 3

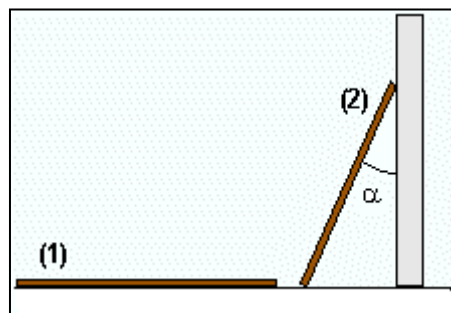
On utilise un tapis roulant pour charger du minerai dans un wagon. La longueur de la partie utile du tapis, incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale, est $L = 20,0\text{m}$.



- 1) Dresser le bilan des forces qui s'exercent sur un bloc de minerai de masse $m = 5,0\text{ kg}$, animé d'un mouvement de translation rectiligne uniforme, et les représenter sur un schéma.
- 2) La force de frottement \vec{f} , exercée par le tapis sur le bloc de minerai, est constante et parallèle au tapis. Déterminer sa valeur.
- 3) Déterminer le travail de cette force depuis le bas du tapis jusqu'en haut.
- 4) Déterminer la puissance des forces de frottement exercées par le tapis sur le minerai si la "vitesse de chargement" du wagon est 2,5 tonnes par minute.

Exercice 4

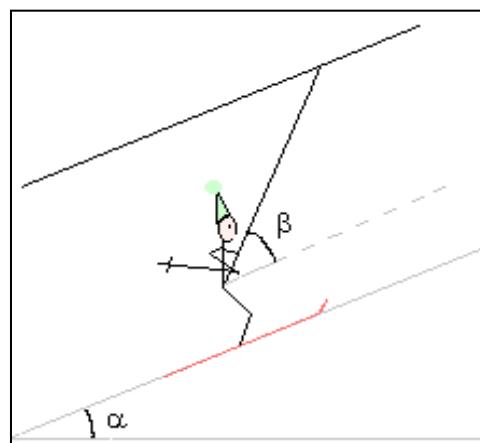
Une échelle de longueur $L = 4,0\text{ m}$ et de masse $m = 10\text{kg}$, considérée comme étant sans épaisseur, est posée à plat sur le sol au pied d'un mur (situation 1). On relève cette échelle et on l'appuie contre le mur de telle façon qu'elle fasse avec celui-ci un angle $\alpha = 30^\circ$ (situation 2) comme le montre la figure.



Déterminer le travail du poids de l'échelle lors de cette opération.

Exercice 5

Un skieur et son équipement, de masse $m = 80\text{ kg}$, remonte une pente rectiligne, inclinée d'un angle $\alpha = 20^\circ$, grâce à un télésiège. La force de frottement \vec{f} exercée par la neige sur les skis a la même direction que la vitesse et son sens est opposé au mouvement. Sa valeur est $f = 30\text{N}$. Le télésiège tire le skieur et son équipement à vitesse constante sur une distance $AB = L = 1500\text{m}$.



- 1) Faire l'inventaire des forces qui s'appliquent au système {skieur et équipement} et les représenter sur le schéma.
- 2) Déterminer le travail du poids du système lors de ce déplacement.
- 3) Déterminer le travail de la force de frottement lors de ce déplacement.
- 4) La tension du câble qui tire le système fait un angle $\beta = 60^\circ$ avec la ligne de plus grande pente. Déterminer le travail de la tension du câble lors de ce déplacement.

Exercice 6

Un pendule simple est constitué d'une bille de petite dimension, de masse $m=50\text{g}$, reliée à un support fixe par un fil inextensible de longueur $L = 60,0\text{ cm}$ et de masse négligeable.

On écarte ce pendule de sa position d'équilibre d'un angle $\alpha_0=30^\circ$ et on le lâche sans vitesse initiale.

- 1) Faire l'inventaire des forces qui s'appliquent à la bille du pendule et les représenter sur un schéma du dispositif.
- 2) Déterminer l'expression littérale du travail du poids de la bille du pendule entre sa position initiale et une position quelconque repérée par l'angle α .
- 3) Calculer le travail du poids de cette bille entre la position initiale et la position d'équilibre α_E .
- 4) Déterminer le travail du poids de la bille entre les positions repérées par α_0 et $-\alpha_0$.
- 5) Déterminer le travail de la tension du fil entre deux positions quelconques du pendule.

Exercice 7

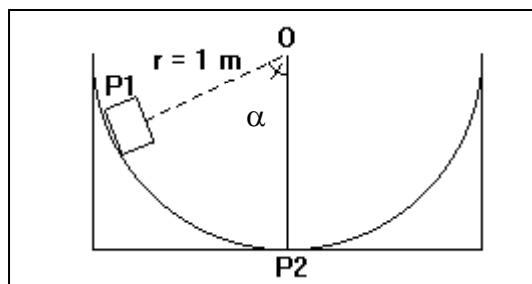
L'eau d'un barrage est amenée à la turbine de la centrale électrique par une conduite forcée. La dénivellation entre le barrage et la turbine est $h = 800\text{m}$.

- 1) Déterminer le travail du poids de $1,0\text{ m}^3$ d'eau entre le barrage et la turbine.
- 2) Déterminer la puissance \mathcal{P} de cette chute d'eau si son débit est $D = 30\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
- 3) On admet que toute la puissance de la chute d'eau est transformée en puissance électrique par l'alternateur relié à la turbine. Quel devrait être le débit D' d'une chute d'eau de même dénivellation pour que sa puissance soit celle d'un réacteur nucléaire de 1000 MW ?

Exercice 8

Un palet autoporteur P, de masse $m = 100\text{ g}$, glisse sans frottement à l'intérieur d'une auge cylindrique de rayon $r = 1\text{ m}$, d'axe horizontal passant par O.

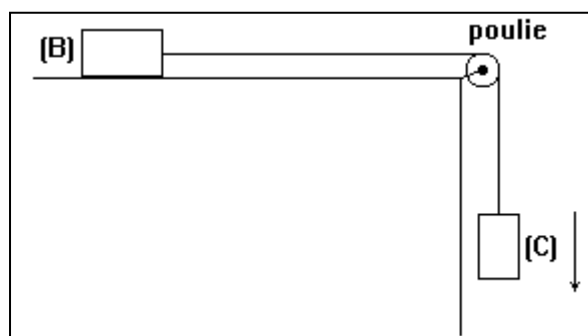
Recenser les forces qui s'appliquent au palet et calculer le travail quand ce dernier glisse de la position P_1 ($\alpha = 30^\circ$) à la position P_2 ($\alpha=0^\circ$).



Exercice 9

Une brique (B) de masse $M = 1\text{ kg}$ est entraînée à vitesse constante $v = 0,4\text{ m/s}$ sur une table plane et horizontale par un contrepois (C) de masse $m = 0,2\text{ kg}$.

- 1) Énoncer le principe de l'inertie.
- 2) Faire le bilan des forces qui s'exercent sur le contrepois (C). Calculer l'intensité de ces forces.
- 3) Même question pour les forces qui s'exercent sur la brique (B). Le contact entre la brique et la table a-t-il lieu avec ou sans frottement ? Justifier votre réponse.
- 4) Calculer la puissance développée :
 - par le poids \vec{P} du contrepois (C) ;
 - par la réaction \vec{R} de la table sur la brique.



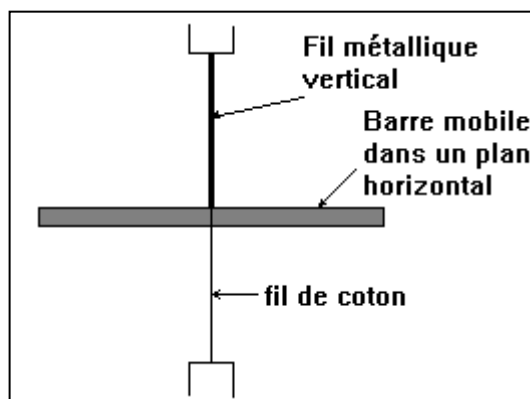
Exercice 10

Une barre est maintenue horizontale par l'intermédiaire d'un fil métallique et d'un fil de coton. Les deux fils sont verticaux ; le fil métallique a une constante de torsion C et le fil de coton exerce sur la barre un couple négligeable.

Calculer le travail du couple de torsion lorsque :

- 1) On écarte la barre de 90° par rapport à sa position d'équilibre ;
- 2) La barre passe de sa position où elle est écartée de 90° par rapport à sa position d'équilibre, à la position où elle est écartée de 45° ;
- 3) La barre passe de la position où elle est écartée de 45° par rapport à sa position d'équilibre, à la position d'équilibre.

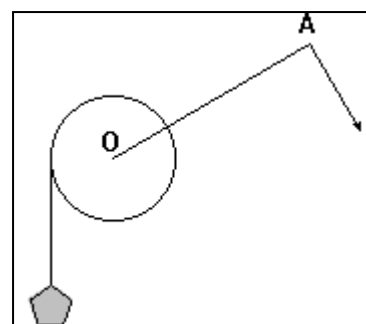
Conclure. On donne $C = 4,0 \cdot 10^{-2}\text{ N.m rad}^{-1}$.



Exercice 11

Un treuil comporte un cylindre de rayon $r = 10\text{ cm}$ et une manivelle OA de longueur $\ell = 40\text{ cm}$. On fait monter une charge dont le poids est de 200 N d'une hauteur $h = 8\text{ m}$. On applique une force \vec{F} qui reste perpendiculaire à la manivelle et dont l'intensité est 60 N . La vitesse de la charge reste pratiquement égale à $0,1\text{ m/s}$ pendant la montée.

- 1) Calculer le travail du poids pendant cette



opération ainsi que sa puissance.

- 2) Calculer le travail de \vec{F} pendant cette opération.
- 3) Calculer la vitesse angulaire du treuil. En déduire la puissance de \vec{F} .

Exercice 12

Un disque de masse $m = 100 \text{ g}$, de rayon $r = 20 \text{ cm}$ tourne autour de l'axe perpendiculaire au disque en son centre.

- 1) Il est animé d'un mouvement de rotation uniforme, entretenu grâce à un moteur qui fournit une puissance de 36 mW . Un point A, situé à la périphérie du disque est animé d'une vitesse de $2,4 \text{ m/s}$.
 - a) Calculer la vitesse angulaire du disque.
 - b) Calculer la vitesse du point B situé à 2 cm du centre du disque.
 - c) Calculer le moment du couple moteur.
 - d) Calculer le travail effectué par le couple moteur quand le disque tourne de 10 tours.
- 2) On coupe l'alimentation du moteur : le disque s'arrête au bout de 8 s après avoir tourné de $7,6$ tours. Le frottement peut être représenté par une force constante, d'intensité $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ N}$, tangente au disque.
 - a) Calculer le travail de cette force pendant cette phase du mouvement.
 - b) Calculer la puissance moyenne de la force de frottement durant cette phase.
 - c) Calculer la puissance (instantanée) de la force de frottement au commencement de cette phase.

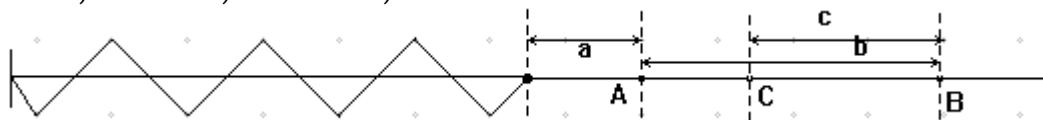
Exercice 13

Un ressort est enfilé sur une tige horizontale. Sa raideur est k . On tire horizontalement avec la main lentement jusqu'en A. Soit \vec{F} la force de traction et O la position où le ressort n'est ni allongé ni comprimé.

- 1) Quel est le travail de \vec{F} quand l'extrémité du ressort vient de O jusqu'en A ?
- 2) Même question pour le déplacement AB.
- 3) Même question pour le déplacement BC.
- 4) Même question pour le déplacement OABC.
- 5) Même question pour le déplacement OC.

Quelle conclusion peut-on en tirer ?

$k = 20 \text{ N/m}$; $a = 5 \text{ cm}$; $b = 10 \text{ cm}$; $c = 7 \text{ cm}$



Exercice 14

Un solide de masse $m = 300 \text{ g}$ est suspendu à l'extrémité d'un ressort qui s'allonge de $8,6 \text{ cm}$ lorsque l'ensemble est en équilibre.

- 1) Quel est le coefficient de raideur du ressort ?

Un opérateur soulève le solide de 6 cm , il lâche le solide sans lui communiquer de vitesse. Quel sera le mouvement ultérieur du solide s'il n'y a pas de frottement ?

- 2) Quel est le travail de la tension du ressort lorsque le solide passe à 3 cm avant et après la position d'équilibre ?

Exercice 15

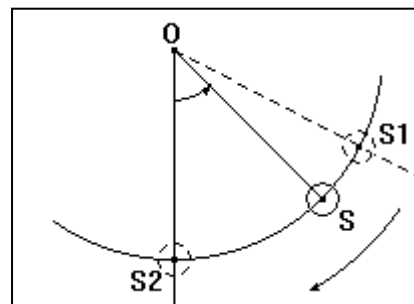
On possède un ressort à spires non jointives de longueur à vide 10 cm. La limite d'élasticité de ce ressort correspond à $\ell_{\max} = 20$ cm. L'étude de l'allongement sous l'influence d'une masse m a donné les résultats suivants :

m(g)	10	20	30	40	50	60	70	100
$\Delta\ell$ (mm)	5	9,5	15	20,5	25	30	35,5	51

- 1) Tracer la courbe $\|\vec{T}\| = f(\|\vec{\Delta\ell}\|)$; en déduire le coefficient de raideur de ce ressort.
- 2) Le ressort n'étant pas chargé, on tire progressivement sur une de ses extrémités de manière à ce qu'il mesure 15 cm. Déterminer le travail de la force qui a permis cet allongement.
- 3) On place à l'extrémité du ressort une masse de 80 g. Le ressort s'allonge. On tire alors progressivement sur la masse de manière à atteindre la limite d'élasticité de ce ressort. Calculer le travail de la force qui a permis d'obtenir ce résultat.

Exercice 16

Un pendule est constitué d'une sphère S , de masse $m = 200$ g et de rayon négligeable, reliée par un fil de longueur $\ell = 0,8$ m à un axe horizontal O .

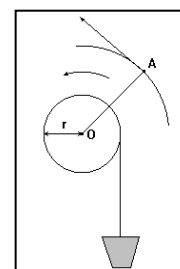


On écarte le pendule par rapport à la verticale d'un angle $\theta = 45^\circ$ (position S_1) et on l'abandonne sans vitesse.

- 1) Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la sphère S .
- 2) Calculer le travail de chacune d'elles au cours du déplacement $S_1 \rightarrow S_2$ (S_2 désigne la position verticale du pendule).

Exercice 17

On remonte un seau d'eau du fond d'un puits en enroulant la corde qui le soutient autour d'un cylindre d'axe horizontal O de rayon $r = 10$ cm. Il suffit pour cela d'exercer à l'extrémité A de la manivelle une force \vec{F} , perpendiculaire à OA , d'intensité constante $F = 23,5$ N.



- 1) Combien de tours la manivelle doit-elle effectuer par seconde pour que le seau d'eau se déplace à la vitesse $v = 1$ m/s ?
- 2) La longueur OA de la manivelle est égale à 50 cm. Calculer de deux façons différentes, le travail W que l'opérateur doit

fournir pour remonter le seau de masse $m = 12 \text{ kg}$ du fond du puits, de profondeur $h = 40 \text{ m}$.

- 3) Calculer la puissance P développée par l'opérateur, la vitesse ascensionnelle du seau restant de 1 m/s . On donne $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

Energie cinétique : Théorème de l'énergie cinétique

Exercice 18

Un mobile A de masse 100 g pouvant glisser sur une règle à coussin d'air incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ sur l'horizontale est abandonné sans vitesse initiale.

- 1) Quelle est la vitesse d'arrivée au bas de la règle après un parcours de 2 mètres ?
- 2) Ensuite le mobile glisse avec frottement sur une table horizontale. Les frottements sont décrits par une force constante d'intensité $1,5 \text{ N}$, constamment opposée à la vitesse. Quelle est la distance que franchit le solide avant de s'arrêter ?

Exercice 19

Un pendule est constitué d'une bille supposée ponctuelle, de masse $m = 100 \text{ g}$, suspendue à un fil de masse négligeable, de longueur $\ell = 60 \text{ cm}$ et dont l'autre extrémité est attachée en O, situé à $1,50 \text{ m}$ au dessus du sol.

On écarte le pendule d'un angle $\theta = 30^\circ$ par rapport à sa position d'équilibre et on l'abandonne sans vitesse.

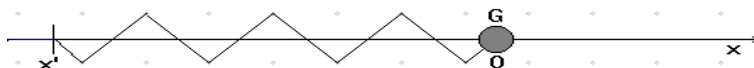
- 1) Calculer la vitesse de la bille à l'instant où elle passe par sa position d'équilibre.
- 2) A l'instant où la bille passe par sa position d'équilibre, le fil se détache et la bille poursuit son mouvement sur une trajectoire parabolique. Avec quelle vitesse arrive-t-elle au sol ?

Exercice 20

Un solide de masse $m = 100 \text{ g}$ est enfilé sur une tige horizontale sur laquelle il peut glisser. Il est attaché à un ressort, à spires non jointives, de constante de raideur $k = 20 \text{ N.m}^{-1}$ dont l'autre extrémité est fixe et qui est aussi enfilé sur la tige.

On tire sur le solide en allongeant le ressort. Quand son allongement vaut 6 cm , on lâche le solide sans lui communiquer de vitesse.

- 1) Avec quelle vitesse le solide repasserait-il par sa position d'équilibre s'il n'y avait pas de frottement ?
- 2) Lorsqu'il passe pour la première par sa position d'équilibre, le solide est animé d'une vitesse de $0,53 \text{ m/s}$. Evaluer la force de frottement exercée par la tige sur le solide en la supposant constante.



Exercice 21

Une tige est mobile sans frottement dans un plan vertical, autour d'un axe horizontal Δ, passant pratiquement par l'une de ses extrémités. Son moment d'inertie, par rapport à cet axe est $J_{\Delta} = \frac{1}{3}ml^2$ où m est la masse de la tige et l sa longueur. Avec un maillet, on lui donne un coup très bref de sorte que la tige quitte sa position d'équilibre avec une vitesse angulaire ω. Calculer ω sachant que la tige s'écarte d'un angle $\theta = \frac{\pi}{2}$ par rapport à sa position d'équilibre, avant de redescendre.

On prendra $g = 9,8 \text{ N/s}^2$ et $l = 30 \text{ cm}$ pour l'application numérique.

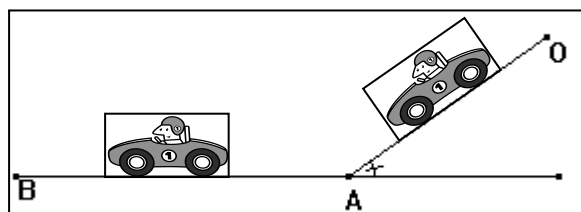
Exercice 22

- 1) Un disque vertical, mobile autour de l'axe horizontal passant par son centre, de moment d'inertie $J = 0,5 \text{ kg.m}^2$ est mis en mouvement par une force constante $\|\vec{f}\|$ d'intensité 20 N, constamment tangente au disque. Le rayon du disque est $R = 10 \text{ cm}$. Calculer la vitesse atteinte par le disque quand il a effectué 30 tours.
- 2) On considère maintenant le plateau d'un tourne-disque qui a un moment d'inertie de $4,0 \cdot 10^{-2} \text{ kg.m}^2$ par rapport à son axe de rotation. Il tourne à la vitesse constante de 33 tr/min. lorsqu'on débraye le moteur, le plateau effectue 10 tours avant de s'arrêter. Quel est le moment des forces de frottements qui s'exercent sur le plateau (ce moment est supposé constant) ?

Exercice 23

Un automobiliste laisse son véhicule en stationnement au sommet O d'une côte de longueur $l = 500 \text{ m}$ et qui fait avec l'horizontale un angle α de 4°.

Malheureusement le frein en main de la voiture se desserre partiellement ; celle-ci descend alors et parvient au bas de la côte (point A) avec une vitesse $v_A = 9 \text{ km/h}$.



- 1) La masse de la voiture est $m = 800 \text{ kg}$ et l'intensité de la pesanteur vaut $g = 9,8 \text{ N/kg}$. Calculer, en la supposant constante, l'intensité f de la force de freinage qui s'exerce sur la voiture. Cette force de freinage \vec{f} est parallèle à la route et en sens inverse du mouvement.
- 2) Parvenu en A au bas de la côte la voiture continue son mouvement en ralentissant jusqu'en B où elle s'immobilise. En supposant que l'intensité de

f la force de freinage demeure constante, quelle distance $L = AB$ la voiture parcourt-elle avant de s'arrêter ?

Exercice 24

Un skieur part sans vitesse du sommet d'une pente rectiligne incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ sur l'horizontale.

- 1) Faire un schéma et calculer l'intensité des composantes normale P_N et tangentielle P_T du poids \vec{P} du skieur dont la masse totale est $M = 80$ kg.
- 2) Le contact entre les skis et la piste a lieu avec frottement. La réaction \vec{R} de la piste possède donc une composante tangentielle \vec{R}_T dont l'intensité dépend de celle de la composante normale \vec{R}_N .

Dans la situation présente : $R_T = 0,3 R_N$

- a) Calculer numériquement R_T sachant que, pendant la mouvement, $R_N = P_N$;
- b) Représenter sur le dessin toutes les forces qui s'exercent sur le skieur (ne pas se soucier du point d'application de \vec{R}).
- 3) Calculer la vitesse du skieur après les 200 premiers mètres de descente. Celle-ci dépend-elle de sa masse ?
- 4) Il s'ajoute un fait, aux forces précédentes, une force de freinage due à l'air, parallèle au vecteur vitesse, mais de sens opposé, d'intensité constante $f = 100$ N.

Quelle est alors la vitesse acquise après les 200 premiers mètres de descente, par un skieur :

- a) de masse $M = 80$ kg ;
- b) de masse $m = 50$ kg ?

On admet que l'intensité de la force de freinage est la même pour les deux skieurs.

Exercice 25

Un ascenseur de masse $m = 600$ kg démarre vers le haut et atteint la vitesse $v = 2$ m/s après 2 m de montée.

- 1) Calculer, pendant cette première phase du mouvement, l'intensité T_1 de la force de traction exercée par le câble sur la cabine (T_1 : tension du câble supposée constante).
- 2) La phase d'accélération terminée, l'ascenseur poursuit sa montée à la vitesse $v = 2$ m/s pendant 10 s. Quelle est pendant cette période, la nouvelle valeur T_2 de la tension du câble ?
- 3) La 3^e partie du mouvement est une phase de décélération au cours de laquelle la vitesse s'annule dans les 10 derniers mètres de la montée.

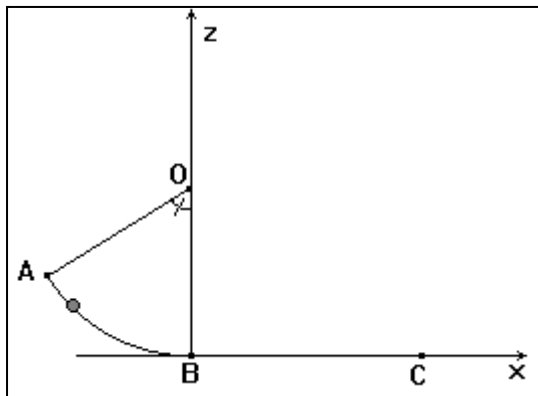
Quelle est la valeur T_3 de la tension du câble pendant cette dernière période (T_3 est supposé constante) ?

- 4) Calculer, pour chaque phase du mouvement, le travail $W(\vec{P})$ du poids de la cabine et le travail $W(\vec{T})$ de la tension du câble.

Quelle est la variation de l'énergie cinétique de l'ascenseur entre le départ et l'arrivée ? La comparer à la somme $W_1(\vec{P}) + W_2(\vec{P}) + W_3(\vec{P}) + W(\vec{T}_1) + W(\vec{T}_2) + W(\vec{T}_3)$.

Exercice 26

Un skieur de masse $m = 80 \text{ kg}$ glisse sur un début de piste formée de deux parties AB et BC. La piste AB représente un sixième de circonférence de rayon $r = 10 \text{ m}$; BC est une partie rectiligne horizontale d'une longueur $L = 50 \text{ m}$. Tout la trajectoire a lieu dans un même plan vertical. Le skieur part de A sans vitesse initiale. On peut remplacer le mouvement du skieur par le mouvement de son centre d'inertie.



- 1) La piste verglacée : on peut alors supposer les frottements négligeables. Calculer la vitesse du skieur en B et C.
- 2) La piste est recouverte de neige. La force de frottement est toujours tangente à la trajectoire et a une intensité constante f .
 - a) Exprimer v_A et v_B en fonction de m , r , f et L .
 - b) Calculer l'intensité f qui amène le skieur en C avec une vitesse nulle. On prendra $g = 10 \text{ N/kg}$.

Exercice 27

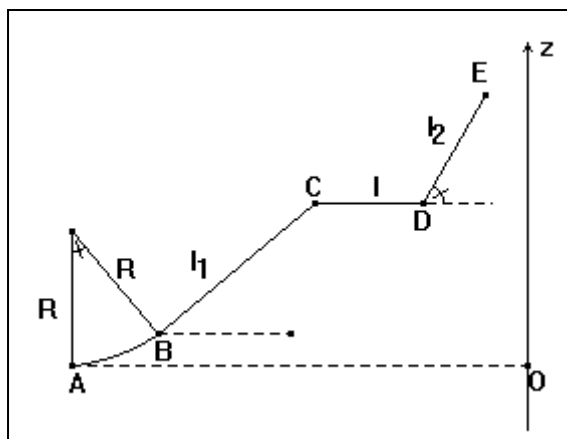
Dans un jeu de foire, on emporte le jambon si on envoie en E un petit chariot se déplaçant sur un rail dont le profil est représenté sur la figure.

AB est un arc de cercle de rayon R sous-tendant l'angle θ .

BC est un angle de longueur l_1 incliné d'un angle α sur l'horizontale,

CD est un plan horizontal de longueur l ,

DE est un plan de longueur l_2 incliné d'un angle β sur l'horizontale.



- 1) Calculer les côtes de B, C, E ; A étant choisi pour origine des côtes.
- 2) Quel est le travail du poids de l'objet quand il passe de A à E ?
- 3) Quelle énergie cinétique minimale doit avoir le chariot lorsqu'il quitte A pour arriver en E ?
- 4) En réalité les frottements ne sont pas nuls. Dans l'intérêt du joueur (mais pas dans celui du forain) comment pourrait-on améliorer le profil du rail :
 - en lui donnant un profil en arc de cercle de A en E ?
 - en allongeant CD ou en le raccourcissant ?
 - en lui donnant l'allure du plan incliné de A en E ?

Exercice 28

Un solide de masse 60 g glisse sans frottement sur une règle à coussin d'air faisant un angle $\alpha = 35^\circ$ avec l'horizontale. Partant au repos, il est mis en mouvement par l'application d'une force constante d'intensité 0,5 N, parallèle à la règle et dirigée vers le haut. Quand le solide a parcouru 70 cm, cette force est supprimée.

Quelle est la distance franchie par le solide, le long de la règle avant de s'arrêter ?

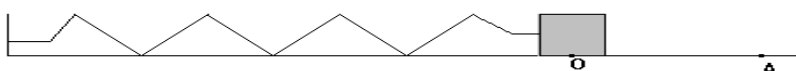
Exercice 29

Un jouet comporte un rail horizontal sur lequel se déplace un mobile de masse $m=200$ g. Il est lancé à l'aide d'un ressort que l'on comprime en appliquant le mobile contre lui. Lorsqu'on lâche le solide, celui-ci se met en mouvement le long du rail.

Le ressort a une longueur à vide de 30 cm. Lorsque les spires sont appliquées les unes contre les autres, sa longueur se réduit à 9 cm. Son coefficient de raideur vaut 32 N/m.

Un enfant comprime le ressort jusqu'à ce que sa longueur soit 25 cm, puis lâche le mobile sans lui communiquer de vitesse initiale.

- 1) On suppose qu'il n'y a pas de frottement. Quelle est la nature du mouvement du mobile lorsqu'il n'est plus en contact avec le ressort ? Quelle est sa vitesse lorsqu'il passe en A ?
- 2) En réalité il y a des frottements que l'on peut représenter par une force constante, d'intensité 0,2 N, parallèle au rail. En quel point du rail s'arrête le mobile ?



Exercice 30

Un ressort, disposé suivant la ligne de plus grande pente d'un plan incliné faisant un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale, soutient un wagonnet de masse $m = 200$ g. Le ressort a pour coefficient de raideur $k = 50 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ et pour longueur à vide $\ell_0 = 20$ cm.

- 1) Quelle est la longueur du ressort dans cette position d'équilibre ?
- 2) On désire utiliser le ressort afin de réaliser une mini catapulte. On comprime à cet effet le ressort de 5 cm supplémentaire et on lâche le ressort. Quelle est la vitesse du wagonnet à son passage par la position d'équilibre ?
- 3) Jusqu'à quel point le wagonnet remonte-t-il sur le plan incliné ?

On suppose que l'énergie cinétique de rotation des roues est négligeable devant l'énergie cinétique de translation du wagonnet et qu'aucune force de frottement n'intervient. On prendra $g = 10 \text{ N/kg}$.

Exercice 31

Un fil d'acier vertical, dont l'extrémité supérieure est maintenue immobile est solidaire d'une barre de longueur ℓ , de masse m , soudée au fil en son milieu. La barre reste horizontale.

- 1) Avec quelle vitesse la barre repasse-t-elle par sa position d'équilibre, lorsque, après l'avoir tournée d'un angle θ par rapport à sa position d'équilibre, on l'abandonne sans vitesse initiale ?

- 2) Aux deux extrémités de la barre, on place deux petits solides de même masse M . Répondre de nouveau à la question 1).

Le moment d'inertie de la barre est : $J = \frac{1}{12} ml^2$

Exercice 32

Un balancier de masse 2 kg est mobile autour d'un axe horizontal. Son moment d'inertie par rapport à cet axe est $J_{\Delta} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg.m}^2$ et la distance entre l'axe et le centre de gravité du balancier est 15 cm.

- 1) On écarte le balancier d'un angle de 20° par rapport à sa position d'équilibre et on le libère sans vitesse initiale. Avec quelle vitesse angulaire repasse-t-il par sa position d'équilibre ?
- 2) On écarte le balancier d'un angle de 20° par rapport à sa position d'équilibre en lui communiquant une vitesse angulaire de 1,5 rad/s. avec quelle vitesse angulaire repasse-t-il par sa position d'équilibre ?

Exercice 33

Un disque est mobile autour d'un axe horizontal, perpendiculaire à son plan et en le traversant en un point C de sa circonférence. Le moment d'inertie du disque par rapport à cet axe est $J = \frac{3}{2} mR^2$ (m est la masse du disque et R son rayon).

Soit O le centre du disque et α l'angle entre la verticale et CO. On donne à la valeur α la valeur α_m et on lâche le disque sans vitesse initiale. On suppose que les frottements n'interviennent pas. Quel sera le mouvement du disque ?

- 1) Exprimer la vitesse angulaire ω en fonction de α .
- 2) Exprimer la vitesse du point M, diamétralement opposé à C en fonction de α .

Exercice 34

un disque de masse $m = 200 \text{ g}$, de rayon $R = 20 \text{ cm}$, est animé d'un mouvement de rotation uniforme autour de son axe. Sa vitesse angulaire est $\omega = 120 \text{ tr/min}$.

- 1) Quelle est la vitesse d'un point M situé à 5 cm du centre du disque ?
- 2) Quel est le moment d'inertie du disque par rapport à son axe ?
- 3) Pour entretenir ce mouvement, un moteur exerce un couple de moment \mathcal{M} dont la puissance est $P = 500 \text{ mW}$. Que vaut \mathcal{M} . Montrer que des frottements interviennent et calculer le moment du couple de frottement agissant sur ce disque.
- 4) A un instant donnée, le moteur est débrayé et dès lors, on applique une force \vec{f} tangente au disque d'intensité $f = 0,2 \text{ N}$. En supposant que le couple de frottement dont le moment a été calculé précédemment continue à agir, (en gardant toujours ce même moment), calculer le nombre de tours effectués par le disque avant qu'il ne s'arrête.

On rappelle que le moment d'inertie d'un disque par rapport à son axe est

$$J = \frac{1}{2} mR^2$$

Exercice 35

Une corde de masse négligeable, est enroulée sur le cylindre d'un treuil de masse M et de rayon r . Au bout de la corde, on attache une charge de masse m et on libère l'ensemble sans vitesse initiale.

On rappelle que le moment d'inertie d'un cylindre par rapport à son axe est

$$J_{\Delta} = \frac{1}{2} M \cdot r^2.$$

- 1) On suppose que le cylindre tourne sans frottement autour de son axe. Quelle est la vitesse angulaire du cylindre quand la charge est descendue de 1 m ?

On donne : $M = 5,0 \text{ kg}$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, $r = 10 \text{ cm}$ et $m = 20 \text{ kg}$.

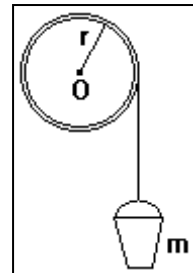
- 2) En réalité, la vitesse angulaire du cylindre est seulement 15 rad/s quand la charge est descendue de 1 m. En déduire le moment du couple de frottement, supposé constant exercé par l'axe sur le cylindre.

Exercice 36

Un seau plein d'eau, de masse $m = 15 \text{ kg}$, suspendu à un treuil de rayon $r = 10 \text{ cm}$ et de moment d'inertie $J = 0,5 \text{ kg.m}^2$ par rapport à son axe horizontal O , est abandonné sans vitesse au dessus d'un puits.

Le seau acquiert la vitesse v après une chute de longueur ℓ . On admet que la tension d'un fil est constante le long de ce fil et au cours du mouvement.

- 1) Appliquer le théorème de l'énergie cinétique au seau et en déduire le travail $W(\vec{T})$ de la tension \vec{T} du fil pour un parcours de longueur ℓ en fonction de v et ℓ .
- 2) Appliquer le théorème de l'énergie cinétique au treuil et en déduire une expression du travail $W(\vec{T}')$ de la tension \vec{T}' du fil au niveau du treuil en fonction de la vitesse angulaire ω du treuil (lorsque le seau a la vitesse v).
- 3) En calculant de deux façons différentes la longueur de fil déroulée en 1s, déterminer la relation entre v et ω .
- 4) En déduire la formule donnant v en fonction de la hauteur de chute ℓ .

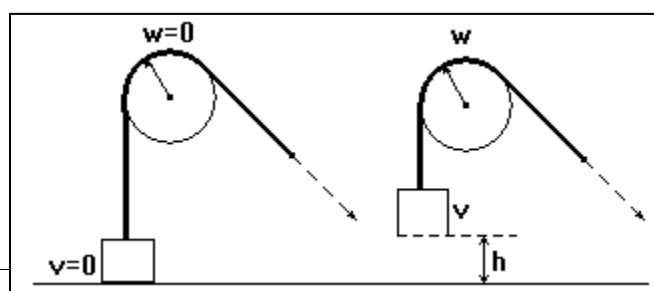


Application numérique : calculer v lorsque le seau arrive au fond du puits, 10 m plus bas.

Exercice 37

A l'aide d'un câble (de masse négligeable et inextensible) et d'une poulie un ouvrier monte une charge de 50 kg. La poulie de rayon 10 cm est mobile autour d'un axe horizontal (Δ) ; elle subit un couple de frottement de $0,8 \text{ N.m}$; son moment d'inertie par rapport à (Δ) est $0,02 \text{ kg.m}^2$.

Le câble ne glisse pas sur la poulie. La charge est au départ immobile sur le



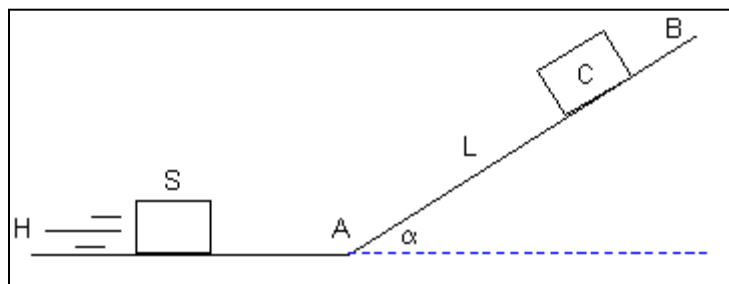
sol. Sa vitesse est $0,5 \text{ m/s}$ lorsqu'elle s'est élevée de 2 m .
 Quelle est l'intensité de la force constante supposée constante, exercée par l'ouvrier sur le câble ?
 On donne : $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Energie mécanique : Théorème de l'énergie mécanique

Remarque : Dans ces exercices, il est possible de résoudre certains avec le théorème de l'énergie cinétique, seulement il est clair que le but est de nous familiariser aux théorèmes relatifs à l'énergie mécanique.

Exercice 38

Un petit objet ponctuel S, de masse $m = 2,00 \text{ kg}$, glisse sans frottements sur une piste horizontale (HA). Il aborde au point A un tronçon de piste plane (AB) inclinée d'un angle $\alpha = 20,0^\circ$ par rapport à l'horizontale.



Sa vitesse au point A est $V_0 = 8,00 \text{ m.s}^{-1}$. Déterminer la longueur $L = AC$ dont l'objet S remonte sur la piste AB.

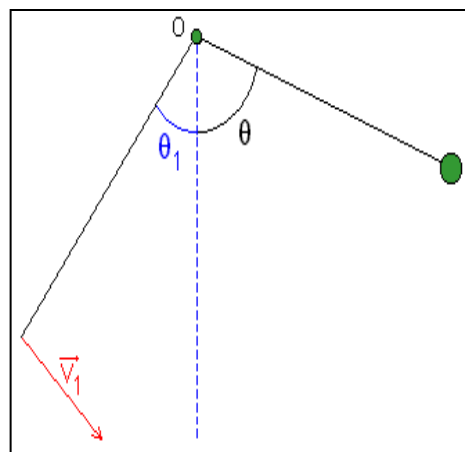
Exercice 39

Un petite bille S quasi ponctuelle, de masse $m = 200 \text{ g}$, est accrochée à un point fixe O par un fil inextensible, de masse négligeable, de longueur $L = 80 \text{ cm}$. L'ensemble constitue un pendule simple.

On repère sa position par l'angle θ que fait le fil avec la verticale passant par O. Le fil est écarté vers la gauche et lancé vers la droite avec une vitesse initiale V_1 .

Lorsque $\theta_1 = 30^\circ$, la vitesse initiale vaut $V_1 = 1,5 \text{ m.s}^{-1}$, le fil étant tendu.

- 1) Montrer que la somme $E_c + E_{pp}$ se conserve et calculer cette somme.
- 2) Déterminer l'angle maximum θ_m de remontée.
 Quel est le mouvement ultérieur du pendule?
- 3) Quelle vitesse V_1' devrait-on communiquer à S lorsque $\theta = \theta_1$ pour que la bille passe la verticale au dessus du point O avec une

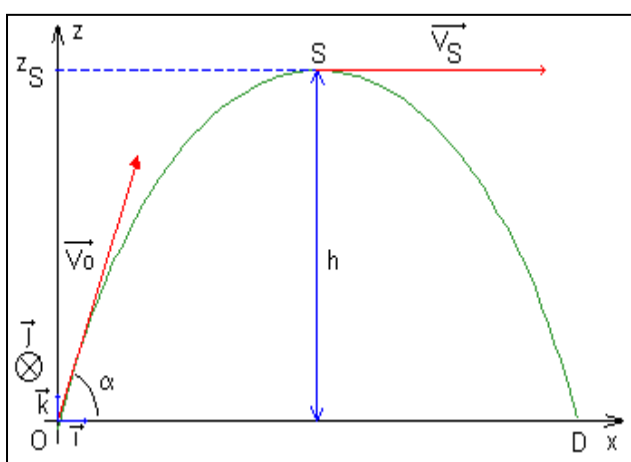


vitesse $V = 5,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$? (le fil reste alors tendu).

Exercice 40

On lance d'un point O une petite pierre de masse $m = 100 \text{ g}$ avec un vecteur vitesse initial \vec{V}_0 ($V_0 = 15,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) incliné d'un angle α par rapport au plan horizontal. La pierre décrit une trajectoire parabolique de sommet S. Le point O est pris comme origine des altitudes et l'action de l'air est supposée négligeable.

- 1) Calculer, en fonction de V_0 et α , les coordonnées V_{0x} et V_{0z} du vecteur vitesse initiale \vec{V}_0 .
- 2) On montre que la vitesse au sommet S de la trajectoire est horizontale et a pour valeur $V_s = V_{0x}$. Déterminer l'expression littérale donnant l'altitude Z_s du sommet S en fonction de V_0 et α .
- 3) Calculer numériquement Z_s pour $\alpha = 30,0^\circ$ et $\alpha = 60,0^\circ$.
- 4) Calculer la vitesse de la pierre lorsqu'elle passe par le point D juste avant l'impact sur le sol horizontal et représenter le vecteur vitesse au point D.



Exercice 41

Pour mesurer "sa force" à la fête foraine Sophie lance un gros palet assimilable à un point matériel de masse m . Elle le lance avec une vitesse V_0 d'un point A d'un plan incliné de α par rapport à l'horizontale vers un point B situé plus haut.

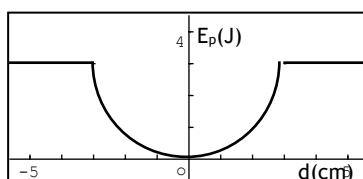
- 1) Préciser sur le schéma les références nécessaires à l'étude (référentiel, origine des espaces et énergies)
- 2) On néglige les frottements sur le plan. Exprimer, puis calculer la distance parcourue par le palet sur le plan incliné avant qu'il ne commence à redescendre.
- 3) En fait le palet ne parcourt que la distance $AB = 2,50 \text{ m}$. Expliquer et faire un calcul pour expliquer cette différence.

Données: $m = 5,00 \text{ kg}$; $V_0 = 5,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$; $\alpha = 20,0^\circ$.

Exercice 42

L'énergie potentielle d'un système conservatif dépend du paramètre d . La figure représente le graphe de la fonction $d \rightarrow f(d)$.

- 1) L'énergie mécanique du système vaut 4J. Quelle est l'énergie cinétique minimale du système? Quelle est l'énergie cinétique maximale? Cette énergie peut-elle s'annuler?
- 2) L'énergie mécanique totale du système vaut 2J. Entre quelle limite d peut-il varier? Quand l'énergie cinétique s'annule-t-elle? Que valent les énergies cinétiques et potentielles lorsque $d = 1,5 \text{ cm}$?

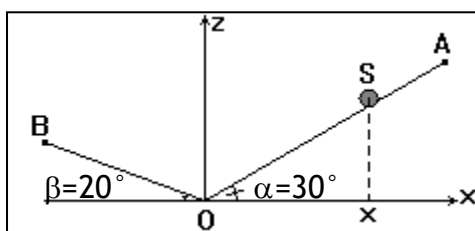


Exercice 43

Un petit objet S quasi ponctuel de masse $m = 100 \text{ g}$ peut se déplacer sur deux plans inclinés (OA) et (OB) en coupe.

On donne :

$$\begin{cases} OA = 2 \text{ m}; \alpha = 30^\circ \\ OB = 3 \text{ m}; \beta = 20^\circ \end{cases}$$



On repère la position de l'objet par son abscisse x , sur un axe horizontal d'origine O . Le point O sera choisi comme origine de l'énergie potentielle.

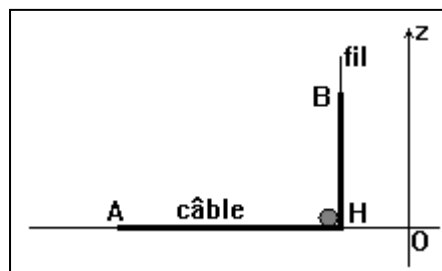
- 1) Quelles sont les coordonnées des point A et B ?
- 2) Exprimer, en fonction de x , l'énergie potentielle de l'objet dans le champ de pesanteur terrestre (on distinguera les cas $x > 0$ et $x < 0$).
- 3) L'objet passe de B à A . Calculer la variation ΔE_p de son énergie potentielle.

Exercice 44

Un câble homogène AB a une longueur totale $L = 2 \text{ m}$ et une masse $m = 800 \text{ g}$. Il repose sur le sol horizontal.

A partir d'un fil en nylon, on élève l'extrémité B à une altitude z , le câble ayant une partie verticale $[BH]$ et une partie horizontale $[HA]$.

- 1) Déterminer la masse de la partie verticale en fonction de z .
- 2) Déterminer l'énergie potentielle de pesanteur du câble si $z < L$.
- 3) Déterminer l'énergie potentielle de pesanteur du câble si $z > L$ (le câble pend alors verticalement).

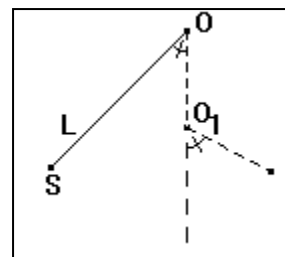


Exercice 45

Un fil inextensible de longueur $L = 80 \text{ cm}$ et de masse négligeable est attaché au point fixe O . Il soutient un solide ponctuel S de masse $m = 500 \text{ g}$.

On écarte l'ensemble d'un angle θ_0 vers la gauche et on le lâche sans vitesse initiale ($\theta_0 = 70^\circ$).

Une pointe fixée au point O , sur la verticale passant par O ($OO_1 = 40 \text{ cm}$) bloque le fil.

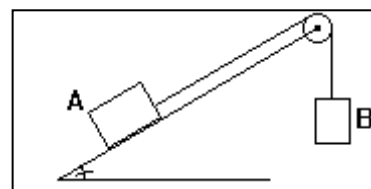


- 1) Calculer l'angle maximal θ_1 dont remonte S en supposant qu'il y a conservation de l'énergie mécanique.
- 2) Faire un schéma à l'échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 10 \text{ cm}$, sur lequel figureront les positions initiales (θ_0) et finale (θ_1). Retrouver alors, d'une manière très simple, le résultat précédent.

Exercice 46

On considère le dispositif ci-contre où la masse de la poulie et du fil sont négligeables. A glisse sans frottement sur le plan incliné. Quelle est la vitesse de A lorsqu'il a parcouru une distance ℓ le long du plan incliné, après que l'ensemble ait été libéré sans vitesse initiale.

On donne : $m_A = 800 \text{ g}$, $m_B = 200 \text{ g}$, $\alpha = 45^\circ$, $\ell = 40 \text{ cm}$ et $g = 10 \text{ m/s}^2$.

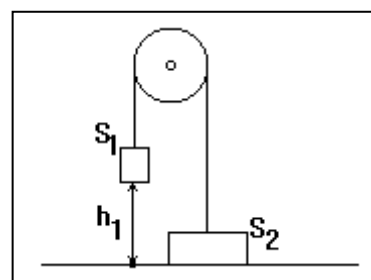


Exercice 47

Deux objets homogènes S_1 ($m_1 = 15 \text{ kg}$) et S_2 ($m_2 = 5 \text{ kg}$), d'épaisseurs respectives $e_1 = 6 \text{ cm}$ et $e_2 = 2 \text{ cm}$ sont reliés par un câble inextensible, de masse négligeable, passant sur une poulie de masse négligeable, mobile autour d'un axe fixe. On néglige tous les frottements.

La figure représente la position initiale du dispositif. L'ensemble est alors immobile, la base de S_1 étant à la hauteur $h_1 = 80 \text{ cm}$ du sol horizontal sur lequel repose S_2 .

- 1) Déterminer l'énergie mécanique initiale du système $\{ S_1 ; S_2 ; \text{câble} ; \text{poulie dans le champ de pesanteur} \}$ (on prendra $z = 0$ au niveau du sol).
- 2) On abandonne le système sans vitesse initiale. Montrer qu'il y a conservation de l'énergie mécanique. Calculer la vitesse v_1 de S_1 juste avant qu'il ne touche le sol et la vitesse v_2 de S_2 à cet instant.



Exercice 48

Un ressort de coefficient de raideur $k = 20 \text{ N/m}$, de longueur à vide $l_0 = 30 \text{ cm}$ est enfilé sur une ligne horizontale. L'une de ses extrémités est fixe et l'autre est attachée à un solide de masse $m = 400 \text{ g}$, lui-même enfilé sur une tige sur laquelle il glisse sans frottement.

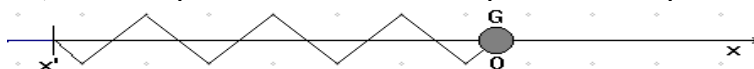
Un opérateur tire le solide jusqu'à ce que l'allongement du ressort soit $x_m = 5 \text{ cm}$, puis libère le système sans lui communiquer de vitesse initiale. Quel sera le mouvement ultérieur du solide ?

- 1) Quelle est l'énergie mécanique totale du système (solide + ressort) ?
- 2) Avec quelle vitesse le mobile repasse-t-il par sa position d'équilibre ?
- 3) Avec quelle vitesse le mobile repasse-t-il par la position telle que le ressort ait une longueur de 28 cm ?

Exercice 49

Le mouvement d'un solide de masse $m = 220 \text{ g}$ est guidé par une glissière rectiligne (où il glisse sans frottement). Il est attaché à un ressort de constante de raideur $k = 83 \text{ N/m}$ dont l'autre extrémité est fixe.

On donne un très bref coup de maillet au solide de sorte que, juste après le choc le solide occupe encore sa position d'équilibre, mais qu'il est animé d'une vitesse \vec{v} . Calculer la norme v de cette vitesse sachant qu'après le choc le solide va osciller en s'écartant de 6,5 cm de part et d'autre de sa position d'équilibre.



Exercice 50

Un solide de masse $m = 300 \text{ g}$ est suspendu à l'extrémité d'un ressort qui s'allonge de 8,6 cm lorsque l'ensemble est en équilibre.

- 1) Quel est le coefficient de raideur du ressort ?

Un opérateur soulève le solide de sorte que le ressort reprenne sa longueur à vide, et alors, il lâche le solide sans lui communiquer de vitesse. Quel sera le mouvement ultérieur du solide s'il n'y a pas de frottement ?

- 2) Avec quelle vitesse le solide repasse-t-il par sa position d'équilibre ?
- 3) Quel sera l'allongement maximal du ressort ?
- 4) Quelle est la vitesse du solide lorsque l'allongement est 4 cm ?

On pourra prendre comme état de référence pour l'énergie potentielle dans le champ de pesanteur, l'état où le solide occupe sa position d'équilibre.

Exercice 51

Qu'est qu'un pendule de torsion ? Comment s'exprime son énergie mécanique totale ?

On dispose d'un pendule de torsion constitué d'un fil métallique vertical, de constante de torsion $C = 0,2 \text{ N.m.rad}^{-1}$ de d'un disque de masse $m = 220 \text{ g}$, de rayon $r = 15 \text{ cm}$, mobile dans un plan horizontal. Le disque est soudé en son centre au fil métallique.

- 1) De quel angle faut-il faire tourner le disque par rapport à sa position d'équilibre si on veut que la vitesse angulaire maximale du disque, lâché sans vitesse initiale soit $\omega_m = 6 \text{ rad/s}$?
- 2) Même question avec $\omega_m = 12 \text{ rad/s}$?

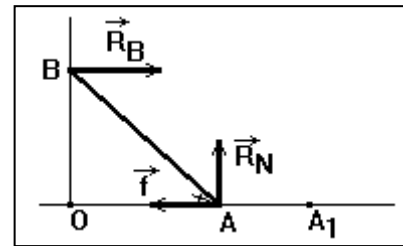
On rappelle que le moment d'inertie d'un disque par rapport à son axe est $J = \frac{1}{2}mr^2$.

Exercice 52

Une échelle de masse $m = 20$ kg et de longueur $L = 5$ m s'appuie en B sur un mur et en A sur le sol en faisant un angle initial $\alpha = 70^\circ$.

Le contact en B est sans frottement. Le contact en A génère une réaction normale \vec{R}_N et une force de frottement \vec{f} que l'on supposera constante ; on prendra $f = 40$ N.

- 1) L'échelle chute le long du mur ; B glisse jusqu'en O et A arrive en A₁. Calculer la longueur AA₁.
- 2) Déterminer le travail de toutes les forces autres que le poids lors de la chute.
- 3) Calculer les énergies mécaniques initiale et finale (juste avant l'impact sur le sol) du système {échelle dans le champ de pesanteur}.



Exercice 53

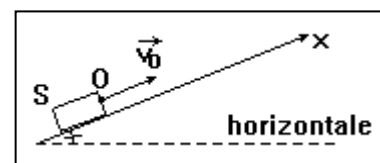
Un câble relié à un moteur déplace en translation un objet de masse $m = 100$ kg sur un plan incliné d'un angle $\alpha = 20^\circ$ par rapport à l'horizontale. Le câble est parallèle au plan incliné.

La montée s'effectue à la vitesse $v_G = 18$ km/h pendant la durée $t = 1$ min. On néglige tous les frottements.

- 1) Déterminer la longueur L parcourue.
- 2) Calculer les caractéristiques de la force \vec{T} exercée par le câble sur S .
- 3) Déterminer la variation d'énergie mécanique du système $\{S\}$.
- 4) Calculer le travail de chaque force appliquée à S pendant le mouvement (autres que le poids).
- 5) Déterminer la puissance de la force \vec{T} .

Exercice 54

On lance un petit objet S de masse $m = 2$ kg sur une piste rectiligne inclinée d'un angle $\alpha = 20^\circ$ par rapport à l'horizontale. On lance l'objet d'un point O pris comme origine de l'axe \vec{Ox} avec une vitesse initiale \vec{v}_0 , parallèle à \vec{Ox} et de valeur $v_0 = 10$ m/s. L'objet glisse le long de la piste ; le mouvement s'accompagne de frottement assimilable à une force constante \vec{f} , parallèle à \vec{Ox} , d'intensité égale à 10% du poids de S et de sens opposé à la vitesse.



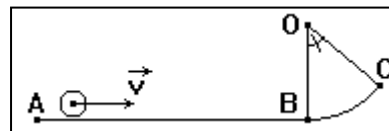
- 1) Déterminer la longueur maximale x_m dont monte l'objet le long de la piste.
- 2) Déterminer les caractéristiques du vecteur vitesse \vec{v}_0 de l'objet lors de son retour au point O .

Exercice 55

Une piste horizontale AB dont la longueur est $L = 1,5 \text{ m}$, se termine par une portion circulaire BC, de centre O, de rayon $R = 2 \text{ m}$ et d'angle au centre $\alpha = 50^\circ$.

On lance un petit objet S, de masse $m = 100 \text{ g}$; sa vitesse, lorsqu'il passe au point A est $v_A = 5 \text{ m/s}$.

- 1) Calculer la longueur totale de la piste (ABC).
- 2) Déterminer l'altitude du point C (on pose $z_A = 0$).
- 3) Déterminer les caractéristiques du vecteur vitesse \vec{v}_C de l'objet lorsqu'il arrive au point C dans l'hypothèse où l'on néglige tous les frottements.
- 4) En fait, on mesure la vitesse réelle $v'_C = 2,8 \text{ m/s}$. Montrer qu'il existe des frottements et déterminer la quantité d'énergie mécanique dégradée par les frottements. Que devient cette énergie dégradée ?

**Exercice 56**

Un petit objet quasi ponctuel S, de masse $m = 200 \text{ g}$ est abandonné sans vitesse initiale à partir d'un point A d'une piste ayant la forme indiquée à la figure.

Tout au long du mouvement, le mobile est soumis à une force de frottement d'intensité constante $f = 0,3 \text{ N}$ et de direction toujours parallèle à la piste. On donne : $AB = BC = 1,2 \text{ m}$; $\alpha = 30^\circ$ (les deux plans sont inclinés d'un même angle α)

- 1) Déterminer les intensités des vitesses acquises par le mobile lorsqu'il passe aux points B et C.
- 2) Déterminer la distance CD, D étant le point d'arrêt du mobile sur la piste avant son retour en sens inverse.
- 3) Le mobile finit par s'arrêter définitivement entre B et C en un point G. Déterminer la distance totale parcourue par le mobile depuis son point de départ A. En déduire la longueur CG et le sens du mouvement du mobile juste avant son arrêt en G.

**Exercice 57**

Sur une table inclinée de 20° sur l'horizontale, glisse un solide de masse $m = 400 \text{ g}$. Il passe en A avec une vitesse de $0,4 \text{ m/s}$ et en B avec une vitesse de $0,8 \text{ m/s}$.

On prendra l'origine des altitudes en B et l'énergie potentielle du solide dans le champ de pesanteur égale à 0 lorsqu'il est en B.

On étudiera le système S : « solide, table et support, terre ». On prendra $g = 10 \text{ N/kg}$ et $AB = 1 \text{ m}$.

- 1) Calculer l'énergie mécanique totale du système lorsque le solide passe en A.
- 2) Calculer l'énergie mécanique totale du système lorsque le solide passe en B.
- 3) Calculer la différence entre ces deux énergies mécaniques. Expliquer pourquoi l'énergie mécanique du système a diminué et préciser ce qu'est devenue cette énergie.

Exercice 58

Une balle de masse 80 g est lâchée d'un point situé à 1,20 m du sol. Elle rebondit et ne remonte qu'à 1 m. On prendra $g = 10 \text{ N/kg}$.

- 1) Quelle est l'énergie cinétique de la balle juste avant le rebond ? Juste après ? Exprimer en pourcentage la perte d'énergie cinétique de la balle pendant le rebond. Qu'est devenue cette énergie ?
- 2) Quelle hauteur atteindra-t-elle après le second rebond si l'on admet qu'à chaque rebond, elle perd le même pourcentage d'énergie cinétique ?

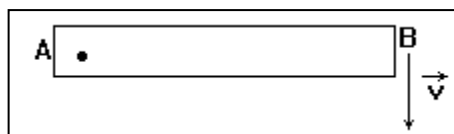
Exercice 59

Une barre AB, homogène, de section constante, de masse $m = 4 \text{ kg}$ et de longueur $\ell = 1,4 \text{ m}$ est mobile sans frottement autour d'un axe horizontal Δ situé au voisinage immédiat de son extrémité A.

A l'instant $t = 0$, la barre est horizontale et son énergie potentielle est nulle. On lui communique alors à son extrémité B une vitesse \vec{v} verticale, dirigée vers le bas, de valeur $v = 5 \text{ m/s}$.

- 1) Calculer l'énergie mécanique de la barre au début de son mouvement ; son moment d'inertie par rapport à Δ a pour valeur $J_{\Delta} = \frac{m\ell^2}{3}$.

- 2) Quelle est, au cours de son mouvement, la hauteur maximale atteinte par le point B ? Le repérer en prenant comme référence le niveau de l'axe Δ .



- 3) Quelle est la vitesse angulaire ω de la barre lorsque le point B passe à l'altitude $Z_B = -1 \text{ m}$?

Pour quelle valeur de Z_B la vitesse angulaire ω est-elle maximale ? Calculer numériquement la valeur ω_{\max} correspondante.

- 4) Quelle valeur minimale v_{\min} faut-il donner à la vitesse initiale du point B pour que la barre fasse le tour complet de l'axe Δ ?
- 5) On lance désormais la barre à partir de la même position horizontale décrite à la figure, mais en imprimant au point B une vitesse initiale \vec{v}' , dirigée vers le haut, de valeur $v' = 10 \text{ m/s}$. Quelles sont alors les vitesses v_1 et v_2 du point B lorsqu'il passe à la verticale, respectivement, au dessus de l'axe Δ , puis au dessous ?

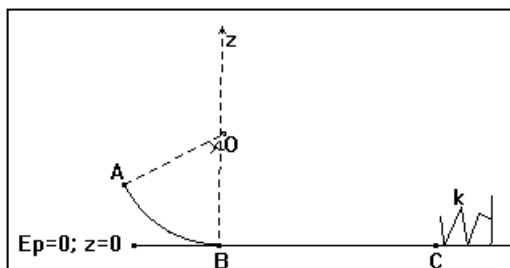
Exercice 60

Une piste ABC est formée de deux tronçons :

- AB est un arc de cercle de rayon $r = 15 \text{ m}$,
- BC est une partie rectiligne et horizontale de longueur $\ell = 15 \text{ m}$.

Un cube de masse $m = 1 \text{ kg}$, assimilable à un point matériel est lancé à partir du point A, vers le bas avec une vitesse initiale $v_A = 6 \text{ m/s}$. Le point A est repéré par rapport à la verticale OB par l'angle $\alpha = 60^\circ$.

- 1) Sur la partie AB les frottements sont négligeables. Par l'application du théorème de l'énergie mécanique, déterminer la vitesse du cube lors de son passage au point B.
- 2) Arrivé en B le cube aborde la partie horizontale BC. Sur ce tronçon existent des forces de frottements d'intensité constante f . Il arrive en C avec une vitesse $v_C = 12,5$ m/s. Calculer f .
- 3) Arrivé en C le cube heurte l'extrémité d'un ressort de constante de raideur $k = 500$ N/m et le comprime. Calculer la compression maximale x_0 du ressort.



Calorimétrie : échanges thermiques

Exercice 61

Lors d'un orage, un grêlon de masse $m = 2$ g tombe sur le sol. Sa vitesse juste avant son arrivée au sol est $v = 18$ m/s. sa vitesse juste après est nulle. On suppose que le grêlon est de la glace pure, à la température initiale $\theta_1 = 0^\circ\text{C}$. La chaleur latente de fusion de la glace dans les conditions de la transformation vaut $L_f = 330$ kJ.kg⁻¹.

- 1) Déterminer la variation d'énergie mécanique du grêlon pendant le choc sur le sol.
- 2) En supposant que toute l'énergie mécanique perdue est transférée au grêlon déterminer la masse de glace qui fond au cours du choc.

Exercice 62

Un projectile en plomb, de masse $m = 20$ g, arrive à la vitesse $v = 700$ m/s sur une cible où il s'écrase et se fond. Sa température juste avant l'impact est $\theta_1 = 80^\circ\text{C}$.

- 1) Déterminer la variation d'énergie mécanique pendant le choc.
- 2) En admettant que 40% de l'énergie mécanique perdue est transférée au plomb, déterminer l'état final du plomb (température, masse de plomb solide ...)

On donne les conditions de l'expérience :

- Température de fusion du plomb : $\theta_f = 327^\circ\text{C}$;
- Chaleur massique du plomb solide : $c_s = 129$ J.kg⁻¹.K⁻¹ ;
- Chaleur massique du plomb liquide : $c_l = 142$ J.kg⁻¹.K⁻¹ ;
- Chaleur latente de fusion du plomb : $L_f = 26,3$ kJ.kg⁻¹.

Exercice 63

Une automobile de masse $m = 1200$ kg, roule à la vitesse initiale $v_1 = 108$ km/h, sur une route horizontale. L'automobile freine et ramène la vitesse à 72 km/h en une durée $t = 4,0$ s.

- 1) Déterminer la variation d'énergie mécanique lors du freinage (on admettra que le véhicule se comporte comme un solide en translation). En déduire la puissance des forces de freinage.
- 2) Evaluer la quantité de chaleur transférée au niveau des freins. Que devient-elle ?

Exercice 64

On admet que dans un calorimètre, seul le vase intérieur (masse $m_1 = 300$ g, capacité thermique massique $c_1 = 0,38$ kJ.kg⁻¹K⁻¹) et l'agitateur (masse $m_2 = 50$ g, capacité thermique massique $c_2 = 0,90$ kJ.kg⁻¹K⁻¹) sont susceptibles de participer aux échanges thermiques avec le contenu de l'appareil.

- 1) Calculer la capacité thermique C du calorimètre.
 - 2) Ce dernier contient 400 g d'éthanol à la température $t_1 = 17,5^\circ\text{C}$; on y verse 200 g d'eau à la température $t_2 = 24,7^\circ\text{C}$ et on note la température lorsque l'équilibre thermique est réalisé, soit $t_e = 20,6^\circ\text{C}$. En déduire la valeur de la capacité thermique massique c de l'éthanol.
- Capacité thermique massique c_e de l'eau : 4,19 kJ.kg⁻¹K⁻¹.

Exercice 65

Un calorimètre renferme 200 g d'eau à la température $t_1 = 14,5^\circ\text{C}$. On y introduit un cylindre d'aluminium de masse $M = 80$ g préalablement porté dans une étuve à la température $t_2 = 86,8^\circ\text{C}$. La température d'équilibre se fixe à $t_e = 20,0^\circ\text{C}$.

On recommence l'expérience en plaçant, cette fois, 150 g d'eau dans le calorimètre à la température $t_1' = 15,8^\circ\text{C}$; le même cylindre d'aluminium, désormais, porté à la température $t_2' = 95,5^\circ\text{C}$ est réintroduit dans le calorimètre ; le nouvel équilibre est caractérisé par la température $t_3' = 22,1^\circ\text{C}$.

En déduire :

- 1) La capacité thermique massique c de l'aluminium ;
 - 2) La capacité thermique C du calorimètre.
- On donne :
- Capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,19$ kJ.kg⁻¹K⁻¹
 - 3) Quelle quantité de chaleur minimale faut-il mettre en œuvre pour fondre une tonne d'aluminium prise à la température initiale de 15°C ?
 - Température de fusion de l'aluminium $t_f = 660^\circ\text{C}$.
 - Chaleur latente de fusion de l'aluminium à 660°C : $L_f = 330$ kJ.kg⁻¹

Exercice 66

Pour déterminer la capacité thermique masse d'un alcool organique, on le chauffe légèrement, puis on en introduit une masse connue dans un calorimètre : $m_1 = 220$ g. Après quelques instants, on note la température : $t_1 = 28,2^\circ\text{C}$.

On ajoute alors une masse $m_2 = 200$ g du même alcool, mais à la température $t_2 = 16,4^\circ\text{C}$, puis, à l'aide d'une résistance électrique préalablement installée, on chauffe le liquide calorimétrique jusqu'à ce que la température redevienne égale à la température initiale t_1 .

La quantité de chaleur apportée par la résistance a pour valeur $Q = 5,43$ kJ.

- 1) En déduire la capacité thermique massique c de l'alcool étudié. Quel est l'intérêt de la méthode utilisée ?
- 2) Lorsque la température atteint $28,2^\circ\text{C}$, on ajoute 120 g d'eau à la température $t_3 = 15,0^\circ\text{C}$. On note la température $t_e = 24,4^\circ\text{C}$ à l'équilibre thermique.

Déduire de cette expérience :

- la valeur de la capacité thermique C du calorimètre ;
- la température d'équilibre t obtenue juste après le mélange des 220 g d'alcool à $t_1 = 28,2^\circ\text{C}$ et des 200 g du même alcool à $t_2 = 16,4^\circ\text{C}$.
 - Capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,19 \text{ kJ.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$

Exercice 67

- 1) Un calorimètre de Dewar, de capacité thermique $C = 120 \text{ J.K}^{-1}$, contient 250g d'eau et 40 g de glace en équilibre thermique. Quelle est sa température ?
- 2) On chauffe lentement l'ensemble avec une résistance électrique. La température de l'eau du calorimètre atteint $28,8^\circ\text{C}$ lorsque la quantité de chaleur dissipée par la résistance est égale à 51 530 J.

Déduire de cette expérience la valeur de la chaleur latente de fusion de la glace.

- Capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,19 \text{ kJ.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$

Exercice 68

Un calorimètre de capacité thermique $C = 180 \text{ J.K}^{-1}$ contient un mélange en équilibre de 100 g d'eau et de 5 g de glace broyée. Un bloc de plomb de masse $m=220 \text{ g}$, préalablement porté à la température $t = 97,0^\circ\text{C}$, est introduit rapidement dans le vase calorimétrique. On attend l'équilibre thermique et on note la température : $t_e = 1,7^\circ\text{C}$.

- 1) Calculer la valeur de la capacité thermique massique du plomb.
- 2) Quelle énergie thermique minimale faut-il fournir pour fondre un lingot de plomb de masse 20 kg pris à la température initiale de 20°C ?
 - Capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,19 \text{ kJ.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
 - Chaleur latente de fusion de la glace à 0°C : $L_f = 334 \text{ kJ.kg}^{-1}$
 - Température de fusion du plomb : $t_f = 327^\circ\text{C}$;
 - Chaleur latente de fusion du plomb à 327°C : $L = 22,6 \text{ kJ.kg}^{-1}$

Exercice 69

Un calorimètre de Dewar, de capacité thermique $C = 100 \text{ J.K}^{-1}$, contient 150 g d'eau à la température de 2°C .

- 1) On y introduit un cube de glace de masse 30 g à la température -18°C .
 - Quelle est la température à l'équilibre thermique ?
 - Quelle est la masse de glace restante ?
- 2) Que se passerait-il si on recommençait l'expérience en ne mettant dans le calorimètre que 50 g d'eau à 2°C ?
 - Quelle serait la masse de glace finale ?
 - Quelle serait sa température ?
 - Chaleur latente de fusion de la glace à 0°C : $L_f = 334 \text{ kJ.kg}^{-1}$

- Capacité thermique massique de la glace : $c_s = 2,10 \text{ kJ.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$;
- Capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,19 \text{ kJ.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$

Exercice 70

Un calorimètre contient de l'eau à la température $t_1 = 18,3^\circ\text{C}$; sa capacité thermique totale a pour valeur $C = 1\,350 \text{ J.K}^{-1}$.

- On y introduit un bloc de glace, de masse $m = 42 \text{ g}$, prélevé dans le compartiment surgélation d'un réfrigérateur à la température $t_2 = -25,5^\circ\text{C}$. Il y a fusion complète de la glace et la température d'équilibre est $t = 5,6^\circ\text{C}$.
- On recommence l'expérience (même calorimètre, même quantité d'eau initiale, même température), mais on introduit cette fois un glaçon de masse $m' = 35 \text{ g}$, à la température de 0°C . La nouvelle température est $t' = 8,8^\circ\text{C}$.

Déduire des deux expériences précédentes :

- 1) La chaleur latente de fusion L_f de la glace ;
- 2) La capacité thermique massique c_s de la glace.
- 3) On introduit un nouveau glaçon, de masse 43 g , à la température $-25,5^\circ\text{C}$, dans l'eau du calorimètre à la température t' issue de la dernière expérience.
 - Quelle est la température atteinte à l'équilibre thermique ?
 - Reste-t-il de la glace ? Si oui, quelle est sa masse ?
 - Capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,19 \text{ kJ.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$

Exercice 71

Un chalumeau est alimenté avec du propane et du dioxygène en excès. Il consomme $94,7 \text{ g}$ de propane par minute.

- 1) Ecrire la réaction de combustion d'une mole de propane par le dioxygène sachant qu'elle produit du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.
- 2) La chaleur dégagée par la flamme est entièrement utilisée pour chauffer de l'eau qui circule dans un serpentin avec un débit de 15 L par minute. L'eau entre dans le serpentin à la température $t_1 = 15^\circ\text{C}$ et en sort à la température $t_2 = 85^\circ\text{C}$.

En déduire la chaleur de combustion Q dans le dioxygène d'une mole de propane à la température ambiante.

- Masse volumique de l'eau : 10^3 kg.m^{-3} .
- Capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,19 \text{ kJ.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$.
- Masse molaire du propane : 44 g/mol

Exercice 72

On place 200 mL de solution d'acide chlorhydrique de concentration $0,4 \text{ mol/L}$ dans un vase de Dewar de capacité thermique $C = 150 \text{ J.K}^{-1}$.

Une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, de concentration 1 mol/L , est versée progressivement dans la solution chlorhydrique, tandis qu'on relève, après chaque addition, la température dans le calorimètre.

Initialement, les solutions d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium sont à la même température $t_1 = 16,1^\circ\text{C}$. La température du calorimètre s'élève régulièrement jusqu'à $t_2 = 19,5^\circ\text{C}$, puis décroît lentement.

- 1) Ecrire l'équation bilan de la réaction qui se produit dans le calorimètre et interpréter qualitativement les phénomènes physiques observés. Pour quel volume v de solution d'hydroxyde de sodium versé observe-t-on la température maximale t_2 ?
- 2) En déduire la chaleur de la réaction entre une mole d'ions H_3O^+ et une mole d'ions OH^- .
- 3) Quelle est la température t_3 lorsque l'on a versé 150 mL de solution d'hydroxyde de sodium ?
 - Les capacités thermiques massiques des solutions d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium sont égales : $c = 4,2 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
 - Les masses volumiques de ces solutions sont égales : $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$

Exercice 73

Un calorimètre contient 100 g d'eau à 18°C . On y verse 80 g d'eau à 60°C .

- 1) Quelle serait la température d'équilibre si la capacité thermique du calorimètre et de ces accessoires était négligeable ?
- 2) La température d'équilibre est en fait $35,9^\circ\text{C}$. En déduire la capacité thermique du calorimètre et de ses accessoires.
 - Capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,19 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$.
- 3) On considère de nouveau le calorimètre qui contient 100 g d'eau à 18°C . On y plonge un morceau de cuivre de masse 20 g initialement placé dans de l'eau en ébullition. La température d'équilibre s'établit à $19,4^\circ\text{C}$. Calculer la capacité thermique massique du cuivre.
- 4) On considère encore le même calorimètre contenant 100 g d'eau à 18°C . On y plonge maintenant un morceau d'aluminium de masse 30,2 g à la température de 100°C et de capacité thermique massique $920 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$. Déterminer la température d'équilibre.
- 5) L'état initial restant le même : le calorimètre contenant 100 g d'eau à 18°C , on y introduit un glaçon de masse 25 g à 0°C . Calculer la température d'équilibre.
 - Chaleur latente de fusion de la glace à 0°C : $L_f = 3,34\cdot 10^5 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$
- 6) L'état initial est encore : le calorimètre contenant 100 g d'eau à 18°C , on y introduit un glaçon de masse 25 g provenant d'un congélateur à la température de -18°C . Quelle est la température d'équilibre ?
 - Capacité thermique massique de la glace : $c_g = 2,10\cdot 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Exercice 74

Un calorimètre de capacité thermique négligeable contient 100 g d'eau à 20°C . On y introduit un morceau de glace de masse 20 g initialement à la température 0°C .

- 1) Montrer qu'il ne reste pas de la glace lorsque l'équilibre thermique est atteint. Calculer la température d'équilibre.
- 2) Dans le système précédent, on ajoute alors un second morceau de glace de masse 20 g dont la température est , cette fois, -18°C . Montrer que, lorsque

l'équilibre thermique est atteint, il reste de la glace et que la température d'équilibre est 0°C . Calculer alors la masse d'eau liquide et de glace en présence.

- 3) Dans l'ensemble précédent, on introduit un autre glaçon de masse 20 g à la température -18°C . Quelle est la nouvelle température d'équilibre ? Calculer la masse d'eau qui se congèle.
- Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_e = 4190 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
 - Chaleur latente de fusion de la glace à 0°C : $L_f = 3,34.10^5 \text{ J.kg}^{-1}$
 - Capacité thermique massique de la glace : $c_g = 2,10.10^3 \text{ J.kg}^{-1}\text{.K}^{-1}$

Energie *pour en savoir plus*

1 PRÉSENTATION

Energie, capacité d'un système à produire un travail. L'énergie est l'un des quatre concepts prédéfinis de la physique, avec la matière, l'espace et le temps.

2 FORMES D'ÉNERGIE

L'énergie existe sous de multiples formes, notamment mécanique, thermique, chimique (réaction chimique), électrique, rayonnante et nucléaire.

2.1 Énergie mécanique

L'énergie mécanique d'un corps se répartit entre son énergie cinétique, lorsqu'il est en mouvement, et son énergie potentielle, que lui vaut à tout moment sa position dans un champ de force. Dans de tels systèmes mécaniques, les variations d'énergie cinétique et d'énergie potentielle s'équilibrent, de façon que leur somme reste toujours la même.

Dans un pendule en mouvement dans un champ de gravité, par exemple, une énergie cinétique maximale est atteinte au creux du balancement, mais elle est compensée par une énergie potentielle minimale puisque le balancier se trouve à sa position la plus basse. De même, en bout de course du balancier, l'énergie cinétique est nulle (car la vitesse est nulle), alors que l'énergie potentielle est maximale car le pendule est au plus haut. Entre ces deux points extrêmes, l'énergie du balancier passe par une combinaison sans cesse changeante d'énergie cinétique et d'énergie potentielle, mais leur somme (l'énergie mécanique du système) reste constante.

2.2 Énergie chimique

La matière peut également renfermer de l'énergie chimique, libérée lors de réactions exothermiques. Un morceau de magnésium, par exemple, relâche son énergie chimique potentielle sous forme de chaleur et de lumière lors de sa combustion dans l'oxygène. Certaines réactions peuvent être réalisées pour obtenir de l'énergie cinétique. Ainsi, dans une arme à feu, l'énergie chimique potentielle de la poudre à canon est transformée en chaleur et en bruit, mais surtout en énergie cinétique du projectile. Ce principe est également à la base du moteur à réaction et du moteur de fusée. L'énergie chimique n'est rien d'autre que l'énergie de liaison entre les atomes dans les molécules. En brisant ces liaisons, on libère l'énergie qu'elles contiennent ; pour en reformer d'autres, il faut fournir de l'énergie.

2.3 Énergie électrique

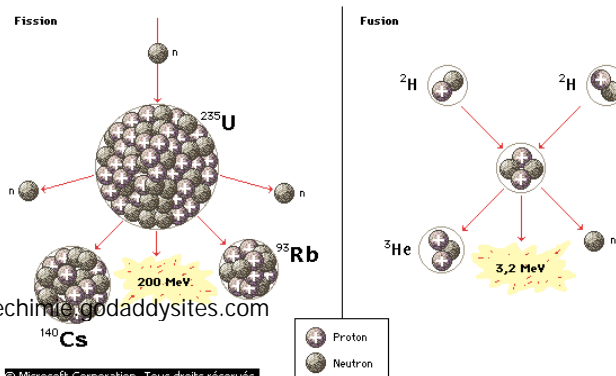
Dans le principe de la pile électrique, une énergie potentielle chimique est convertie en mouvement d'électrons, c'est-à-dire en courant électrique. Cette énergie électrique peut également être obtenue en convertissant l'énergie cinétique d'une dynamo en rotation, selon le principe de l'induction électromagnétique. Du point de vue microscopique, l'énergie électrique provient du mouvement des électrons dans le milieu conducteur, donc de leur énergie cinétique. L'énergie électrique obtenue peut elle-même être transformée en mouvement ou en travail dans les moteurs et les appareils électriques.

2.4 Énergie rayonnante

Un rayonnement électromagnétique, pour sa part, possède une énergie qui dépend de sa longueur d'onde et de sa fréquence. Du point de vue quantique, cette énergie est la somme de l'énergie des photons qui constituent ce rayonnement. Cette énergie est impliquée dans de nombreuses transformations : elle est emmagasinée par la matière lorsque celle-ci absorbe un rayonnement, et peut être restituée à l'environnement sous forme de lumière ou de chaleur.

2.5 Énergie thermique

La chaleur est la forme d'énergie la plus commune. Elle consiste en un mouvement désordonné de molécules et d'atomes, appelé agitation thermique. Elle est omniprésente dans les transformations d'énergie, dont elle constitue souvent un déchet inutilisable. Dans les appareils mécaniques, par exemple, on ne peut éviter la conversion d'un certain pourcentage d'énergie en chaleur de friction dans les pièces. De même, dans les circuits électriques, des pertes de travail utile proviennent de la conversion de l'énergie électrique en chaleur dans les fils (effet Joule). C'est cette détérioration de la « qualité » de l'énergie au cours de ses multiples



transformations qui est exprimée dans le principe d'entropie.

2.6 Énergie nucléaire

La théorie de la relativité d'Einstein permet de démontrer que la matière peut se transformer en énergie et inversement : c'est le principe d'équivalence masse-énergie. Cette équivalence est à la base des réactions nucléaires de fission et de fusion. Dans la fission, un noyau atomique se sépare en deux noyaux dont la masse totale est inférieure à la masse du noyau initial. Le défaut de masse est transformé en énergie, qui est libérée sous forme d'énergie cinétique des fragments et de rayons gamma.

Encyclopédie Microsoft ® Encarta ® 2004.

Force et champ électrostatiques

Exercice 75

Soient deux charges immobiles placées dans le vide en A ($q_1 = - 10^{-8}$ C) et en B ($q_2 = 4.10^{-8}$ C). La distance $AB = 5$ cm.

- 1) Calculer la valeur du champ électrostatique en un point M, situé à 3 cm de A et 4 cm de B (le triangle AMB étant rectangle en M).
Déterminer l'angle α que fait le vecteur champ en M avec la direction AM.
- 2) Calculer la force qui s'exerce sur la charge q_1 située en A en présence de la charge q supposée fixe en M.

Cet exercice peut être fait à partir des composantes des vecteurs, par exemple, dans un repère orthonormé d'origine O confondue avec M.

Exercice 76

Dans une région de l'espace, où tout point M est repéré dans un repère orthonormal $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, on superpose deux champs uniformes représentés par les vecteurs $\vec{E}_1 = 10^3 \vec{i}$ et $\vec{E}_2 = 4.10^3 \vec{j}$. L'unité de champ électrique est le V/m.

- 1) Montrer qu'en tout point de cette région de l'espace il existe un champ électrostatique uniforme.
Déterminer sa norme $\|\vec{E}\|$ et l'angle $\alpha = (\vec{i}, \vec{E})$.
- 2) Calculer la force subie par un ion Cu^{2+} placé en un point de ce champ.
On déterminera la norme $\|\vec{F}\|$ et l'angle $\beta = (\vec{i}, \vec{F})$.

Exercice 77

- 1) Un pendule électrique double est formé de deux petites boules conductrices de centres A et B, suspendues par des fils de coton en un point O.
On a $OA = OB = a$. La masse d'une boule est m. On électrise chacune des boules de la même façon.

Exprimer la charge de l'une d'elles en fonction de l'angle α , a , m (voir figure).

Application numérique : $2\alpha = 60^\circ$; $a = 20$ cm ; $m = 1$ g ; $g = 10$ N/kg.

- 2) On considère maintenant trois pendules identiques de longueur a , suspendus en un même point O . Les petites boules de ces pendules portent la même charge q et ont la même masse m .

On appelle R le rayon de la circonférence passant par ces trois boules.

Exprimer q en fonction de m , a , R .

Application numérique : $R = 10$ cm.

- 3) Répondre à la même question avec quatre pendules identiques.

Exercice 78

On considère un ensemble de deux charges ponctuelles $+q$ et $-q$ situées respectivement en deux points A et B de l'espace. $AB = 2a$, O est au milieu de AB .

- 1) Evaluer les caractéristiques du vecteur champ électrostatique en un point quelconque de la droite AB (entre A et B , et à l'extérieur du segment AB) situé à la distance x de O .

Existe-t-il un point de cette droite tel que $\vec{E} = \vec{0}$?

Quelle est la valeur du champ en O ?

- 2) Même question pour un point de la médiatrice de AB , situé à la distance y du point O .

Application numérique : $a = 4$ cm ; $q = 10^{-6}$ C ; $x = 5$ cm et $x = 3$ cm ; $y = 3$ cm.

Exercice 79

Deux charges ponctuelles, $q = 4 \cdot 10^{-8}$ C et $q' = -3 \cdot 10^{-8}$ C, se trouvent à une distance $AB = 10$ cm l'une de l'autre.

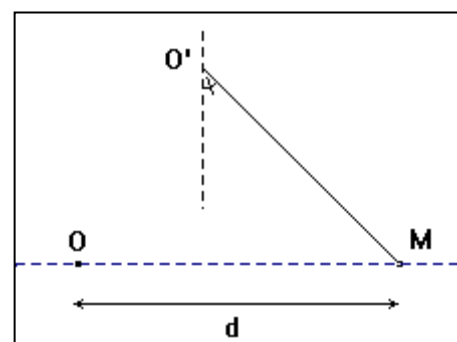
Déterminer les caractéristiques du champ électrostatique :

- 1) en un point O situé à mi-distance entre ces charges ;
- 2) en un point P situé sur la droite AB , tel que $OP = 15$ cm ;
- 3) en un point Q situé sur la médiatrice de AB tel que $OQ = 5$ cm ;
- 4) en un point M situé à 8 cm de la charge q et à 6 cm de la charge q' .

Exercice 80

A l'aide d'un dispositif adéquat, une charge ponctuelle Q est fixée en un point O . Un pendule électrostatique est formé d'une petite sphère légère métallisée, de masse $m = 1,5$ g, suspendue par l'intermédiaire d'un fil isolant en O' . Lorsque la petite sphère porte une charge q , on constate que le fil du pendule dévie d'un angle $\theta = 10^\circ$ par rapport à la verticale.

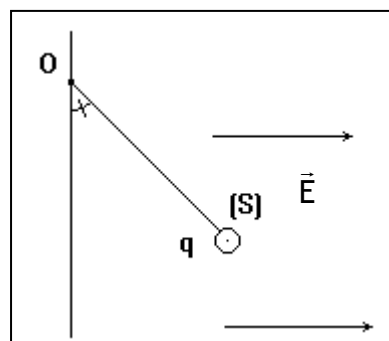
- 1) Calculer l'intensité de la force électrostatique F à laquelle est soumise la petite sphère.
- 2) En déduire les caractéristiques du vecteur champ \vec{E} créé au point M par la charge ponctuelle Q . On donne la valeur de la charge $q = -17,6 \cdot 10^{-9}$ C.



- 3) Quels sont le signe et la valeur numérique de Q ? On donne la distance OM égale à $d = 30 \text{ cm}$.

Exercice 81

Une petite sphère de centre S est attachée au point O par un fil isolant de masse négligeable et de longueur $\ell = 40 \text{ cm}$. La sphère, de masse $m = 5.10^{-2} \text{ g}$, porte la charge électrique q .

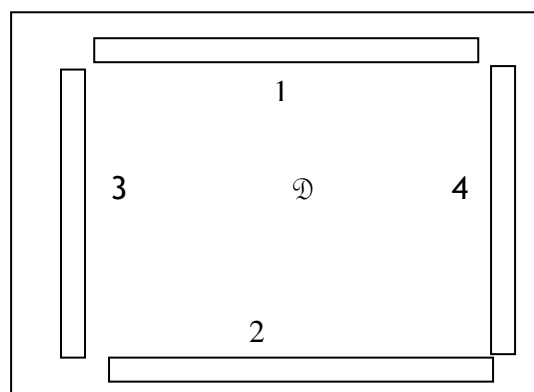


- 1) On la soumet à un champ électrostatique uniforme \vec{E} , horizontal, orienté comme l'indique la figure. Le fil s'incline alors d'un angle $\alpha = 10^\circ$ par rapport à la verticale. En déduire la valeur de la charge électrique q .
 - Intensité du champ électrostatique : $E = 10^3 \text{ V/m}$.
- 2) On superpose au champ électrostatique précédent un autre champ électrique uniforme \vec{E}' , vertical. Quels doivent être le sens et l'intensité du champ \vec{E}' pour que le fil s'incline sur la verticale d'un angle $\alpha' = 20^\circ$?
- 3) Quelle serait l'inclinaison α'' du fil si l'on changeait le sens du champ \vec{E}' sans modifier son sens ?

Exercice 82

Les armatures de deux condensateurs plans sont disposées, comme l'indique la figure, selon les côtés d'un carré de côté a . les armatures (1) et (2) sont reliées respectivement, aux pôles - et + d'un générateur délivrant une haute tension continue. Elles créent dans le domaine D un champ électrostatique \vec{E}_1 d'intensité $E_1 = 15 \text{ kV/m}$.

Les armatures (3) et (4) sont connectées, respectivement, aux pôles + et - d'un second générateur haute tension. Elles créent, seules, un champ électrostatique \vec{E}_2 . Une charge électrique $q = 20 \mu\text{C}$ placée dans le domaine D est soumise, lorsque les deux générateurs sont branchés, à une force électrique \vec{f}_e d'intensité $0,5 \text{ N}$.

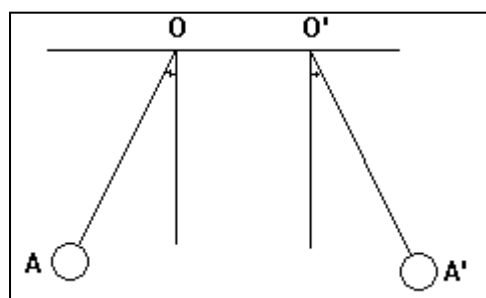


- 1) Donner la direction et le sens de \vec{E}_1 et \vec{E}_2 .
- 2) Quelle est l'intensité du champ \vec{E}_2 et celle du champ $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$?
- 3) Quels seraient la direction, le sens et l'intensité de la force électrostatique \vec{f}_e que subirait la charge q précédente si les champs devenaient $\vec{E}_1 = 2\vec{E}_1$ et

$$\vec{E}_2 = -\frac{\vec{E}_2}{2} ?$$

Exercice 83

Deux pendules électrostatiques identiques ont chacun une longueur $\ell = 10$ cm et une masse $m = 1$ g. Ils portent la même charge q et sont au voisinage l'un de l'autre. Disposés comme l'indique la figure, ils s'écartent de la verticale d'un même angle.



- 1) Déterminer la valeur de la charge q . On donne $AA' = 7$ cm, $OO' = 5$ cm.
- 2) Sachant que $q < 0$, représenter le vecteur champ électrique créé en M , milieu de OO' , par ce système et calculer son intensité.

Exercice 84

Deux petites sphères métalliques et identiques sont fixées aux extrémités A et B d'une barre. On a : $AO = OB = \ell$.

Les sphères sont chargées et portent respectivement les charges q et $-q$. on introduit ce dispositif entre deux plaques parallèles. Lorsque celles-ci sont branchées à la terre, la barre AOB est parallèle aux plaques, et le fil n'est pas tordu. Lorsque les plaques sont branchées à un générateur haute tension, il existe un champ électrostatique uniforme \vec{E} perpendiculaire aux plaques. La barre OAB fait alors un angle α avec la direction précédente et reste horizontale.

- 1) Calculer en fonction de ℓ , α , q et $E = \|\vec{E}\|$ le moment des forces électrostatiques par rapport à l'axe de rotation du dispositif.
- 2) Calculer le moment du poids du système par rapport à l'axe de rotation.
- 3) Le dispositif étant en équilibre, le fil de torsion exerce des actions mécaniques dont le moment par rapport à l'axe de rotation est proportionnel à l'axe de rotation α : $|M_{\Delta}| = C \cdot \alpha$ avec $C = 13,510^{-3}$ N.m.rad⁻¹.

Calculer q sachant que : $E = 272$ V/m ; $\ell = 15$ cm ; $\alpha = \frac{\pi}{6}$ rad.

Exercice 85

- 1) Une boule de très petite dimension, et de masse 1 g, est placée dans un champ électrostatique vertical. Elle porte une charge $q = -1$ mC. Quelles doivent être les caractéristiques du champ pour que la boule reste en équilibre ?
- 2) La boule pourrait-elle être en équilibre dans un champ vertical si elle portait la charge $q' = 1$ mC ?

Exercice 86

Trois charges électriques ponctuelles ont même valeur : $1 \mu\text{C}$. Elles occupent les sommets d'un triangle équilatéral de 10 cm de côté.

- 1) Déterminer le champ électrostatique au milieu de chaque côté du triangle.

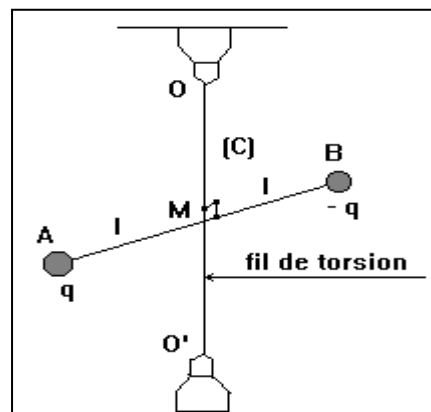
- 2) Quel est le champ électrostatique qui en résulte au point de concours des médianes du triangle ?

Exercice 87

Un fil de torsion OO', vertical, de constante de torsion $C = 1,65 \cdot 10^{-4} \text{ N.m.rad}^{-1}$, est soudé en son milieu M à une tige horizontale isolante dont les extrémités A et B portent deux sphères de dimensions négligeables.

$MA = MB = \ell = 5 \text{ cm}$.

- 1) On apporte la charge électrique q sur la sphère A et la charge - q sur la sphère B. Cela provoque-t-il une torsion du fil OO' ?
- 2) Les charges étant en place, le dispositif précédent est soumis à un champ électrique \vec{E} , uniforme, horizontal et perpendiculaire à la direction initiale de la tige AB. Son intensité E vaut $5 \cdot 10^4 \text{ V/m}$. il en résulte une torsion du fil OO' qui, à l'équilibre, a pour valeur $\alpha = 30^\circ$.
 - Expliquer qualitativement le phénomène observé.
 - En déduire la valeur de la charge q.
- 3) Que se passerait-il :
 - si l'on plaçait en A la charge - q et en B la charge q ;
 - si l'on plaçait en A et B la même charge q ?

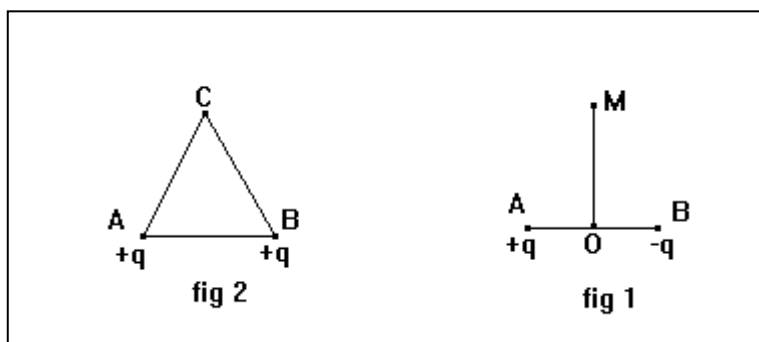


Exercice 88

- 1) Une charge $q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ est placée en un point A à la distance $2a = 2 \text{ cm}$ d'une charge -q placée en B (figure 1).

Déterminer le champ électrostatique \vec{E} au point M situé sur la médiatrice de AB, à une distance $OM = 3 \text{ cm}$ du milieu O de AB.

- 2) Le triangle ABC (figure 2) est équilatéral, de côté 2 cm. En A et B on place deux charge ponctuelle identique de valeur $q = 4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.
 - a) Déterminer le champ électrostatique \vec{E} crée au point C.
 - b) On place une charge $q' = - 2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ au point C. Déterminer la direction, le sens et l'intensité de la force \vec{F} subie par la charge q' .



Exercice 89

En deux points A et B de l'espace se trouvent deux charges ponctuelles respectivement q et $\frac{q}{4}$; $AB = 60$ cm. Une petite boule C peut se déplacer selon la direction AB, entre A et B ; elle porte une charge $\frac{q}{2}$.

- 1) Trouver la position d'équilibre de C lorsqu'on l'abandonne à elle-même.
- 2) La valeur de la charge de C a-t-elle une importance ?

Travail et énergie potentielle électrostatique

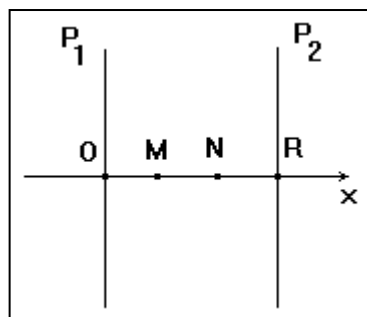
Exercice 90

Une charge $q = 10^{-7}$ C se déplace en ligne droite, de A vers B, dans un champ électrique uniforme \vec{E} , d'intensité $E = 600$ V/m, tel que $(\overrightarrow{AB}, \vec{E}) = 30^\circ$. Calculer :

- 1) le travail de la force électrostatique qui s'exerce sur la charge q au cours du déplacement AB.
- 2) La valeur de la tension U_{AB} . Distance $AB = L = 1,5$ cm.

Exercice 91

Deux plaques P_1 et P_2 , planes et parallèles, entre lesquelles règne un vide poussé, sont distantes de $d = 10$ cm. Elles sont reliées respectivement aux pôles + et - d'un générateur haute tension qui délivre une tension continue $U = 500$ V.

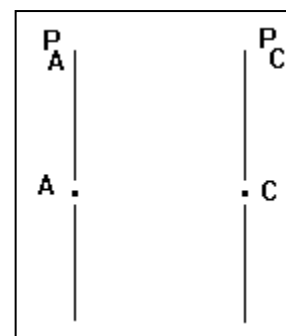


- 1) Quels sont la direction, le sens et l'intensité du champ électrique \vec{E} , supposé uniforme, qui règne dans le domaine D situé entre les deux plaques ?
- 2) Sur l'axe $x'Ox$ perpendiculaire aux plaques, dont l'origine O est sur P_1 et qui est orienté de P_1 vers P_2 , on place les points M et N d'abscisses $x_M = 2$ cm et $x_N = 7$ cm. Calculer les d.d.p $V_0 - V_M$; $V_0 - V_N$; $V_M - V_N$.
- 3) Un électron pénètre dans le domaine D, au point O, avec une vitesse nulle. Donner les caractéristiques de la force électrostatique \vec{F} qui s'exerce sur lui. Quelle est la vitesse de l'électron à son passage en N, en M, puis en O ?
- 4) Calculer le travail $W_{MN}(\vec{F})$ de la force \vec{F} lorsque l'électron se déplace de N au point M.

On donne : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg ; charge : $-e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Exercice 92

Des ions Zn^{2+} entrent en A avec une vitesse \vec{v}_A considérée comme nulle, dans une région où règne un champ électrostatique uniforme créé par deux plaques verticales P_A et P_C (figure).



- 1) Quels doivent être les signes des charges portées respectivement par P_A et P_C pour que les ions soient accélérés entre A et C ?
- 2) Une mole d'ions de zinc II a pour masse 65,4 g. Quelle est la masse d'un ion ? Quel est son poids ?
 $N = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹ ; $g = 9,8$ N/kg.
- 3) La différence de potentiel $V_A - V_C$ est telle que $|V_A - V_C| = 2 \cdot 10^3$ V. La distance entre les plaques est $d = 4$ cm.
 - a) Quelles sont les caractéristiques de \vec{E} entre P_A et P_C ? Ainsi que celles de la force électrostatique ?
 - b) Pourquoi un ion venant de A sort-il en C tel que AC soit un segment horizontal ?
 - c) Quelle est la vitesse d'un ion en C ?
 - 4) Que deviendrait la vitesse précédente si :
 - d est multiplié par 2 ;
 - d reste le même et $V_A - V_C$ est divisé par 2 ?

Exercice 93

Une goutte d'huile est en équilibre entre deux plaques parallèles, chargées, horizontales. La charge de la goutte est 10 fois la charge de l'électron. Le champ électrique \vec{E} entre les plaques est uniforme. $E = 2 \cdot 10^5$ V/m.

- 1) Quelles sont les forces appliquées à la goutte d'huile ?
- 2) Quelle est la plaque chargée positivement ?
- 3) Quelle est la masse d'une goutte ?
- 4) La masse volumique de l'huile étant $0,95$ g/cm³, quel est le rayon de la goutte supposée sphérique ?
- 5) La goutte se met brutalement à tomber. Pour l'arrêter il faut doubler la valeur du champ électrostatique. Quelle est la nouvelle charge de la goutte ? Que peut-on faire pour modifier le champ électrique ?

Exercice 94

Un plan XOY, rapporté à un repère orthonormé (O, \vec{i}, \vec{j}) est plongé dans un champ \vec{E} uniforme d'intensité $E = 800$ V/m.

La direction et le sens de \vec{E} sont ceux du vecteur $(\vec{i} + \vec{j})$. Le potentiel électrostatique est nul au point O.

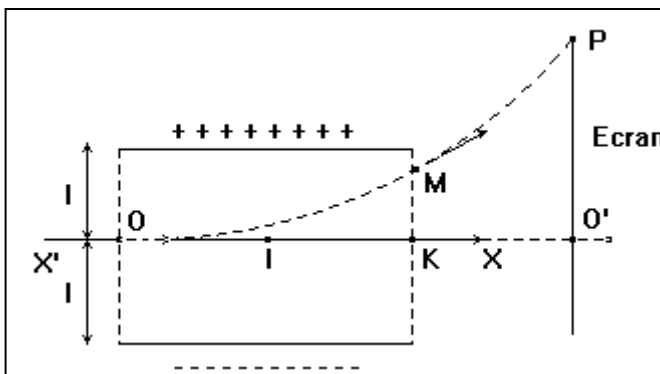
- 1) Calculer les potentiels V_A et V_B aux points A(10, 0) et B(10, 10), l'unité de longueur sur les axes étant le cm.

- 2) On place une charge $q = 3 \mu\text{C}$ dans le champ \vec{E} . Calculer le travail effectué par la force électrique agissant sur cette charge lorsque celle-ci se déplace en ligne droite : de O à A ; de A à B ; de O à B. Donner deux solutions :
 - a) par le calcul direct du travail ;
 - b) en utilisant la notion de différence de potentiel.

Exercice 95

Les électrons pénètrent en O entre les plaques P_1 et P_2 à la vitesse horizontale \vec{v}_0 et ressortent en M. Le point O est à la même distance $\ell = 3 \text{ cm}$ des deux plaques et $v_0 = 10^7 \text{ m/s}$.

- 1) On établit entre les plaques la tension $U_{P_2P_1} = U = 600 \text{ V}$. Déterminer la direction, le sens et l'intensité du champ électrostatique \vec{E} , supposé uniforme, qui règne entre les plaques.
- 2) Déterminer les caractéristiques de la force électrostatique qui agit sur l'électron puis :
 - la comparer à son poids et conclure ;
 - justifier le sens de la déviation observée.
- 3) L'axe $X'OX$ pénètre dans le champ électrique en O et en ressort en K.
 - Montrer que la d.d.p entre les points O et K est nulle.
 - Calculer la d.d.p $V_M - V_K$ sachant que $MK = 1,3 \text{ cm}$. En déduire la valeur de la d.d.p $V_O - V_M$.
- 4) Calculer la vitesse v acquise par ce dernier à sa sortie du champ au point M.
- 5) La trajectoire de l'électron entre O et M est un arc de parabole et on montre (nous l'admettons) que la tangente en M à la parabole passe par I milieu de OK.
 - A partir de M, en dehors de tout champ, quelle sera la trajectoire de l'électron ?
 - L'électron rencontre l'écran fluorescent (E), au point P. Calculer le déplacement vertical ou déflexion électrique $O'P$.

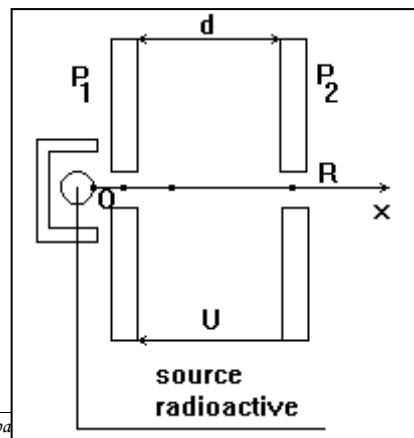


On donne : longueur des plaques $\ell = 10 \text{ cm}$; $IO' = 40 \text{ cm}$.

Exercice 96

Une particule α (noyau d'hélium : ${}^4_2\text{He}^{2+}$), produite par une source radioactive, est émise au voisinage du point O avec une vitesse négligeable.

- 1) Quelle tension $U_{P_1P_2} = U$ faut-il appliquer entre les plaques P_1 et P_2 , distantes de $d = 20 \text{ cm}$, pour que la particule traverse la plaque P_2 en R à la vitesse $v = 10^3 \text{ km/s}$?



- 2) Donner les caractéristiques du champ \vec{E} supposé uniforme entre les plaques.
- 3) Quelle est en Joules puis en électronvolts, l'énergie cinétique de la particule α à son passage au point R ?

Données relatives à la particule α :

- masse $m = 6,66010^{-27}$ kg
- charge $q = + 2e = 3,2 \cdot 10^{-19}$ C

Exercice 97

Les particules α sont des noyaux d'atomes d'hélium ${}^4_2\text{He}$.

- 1) Quelle est la charge électrique de la particule α ?
- 2) L'énergie cinétique d'une particule α est $E_c = 5,4$ MeV. Quelle est sa vitesse ?
- 3) La particule α précédente a été accélérée par un champ électrostatique \vec{E} : elle y est entrée en un point A avec l'énergie cinétique $E_{cA} = 4,2$ MeV pour en sortir en un point B avec l'énergie cinétique $E_{cB} = 5,4$ MeV.

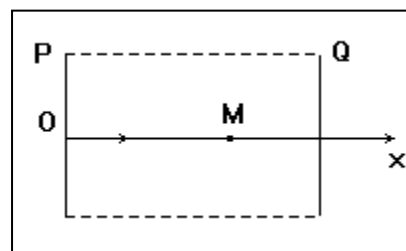
Calculer la valeur de la tension $U_{AB} = U$ nécessaire à cette accélération.

- Masse d'une particule α : $m = 6,64 \cdot 10^{-27}$ kg.
- Charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Exercice 98

Deux plaques métalliques P et Q, parallèles entre elles, sont distantes de $d = 8,0$ cm. Elles sont portées aux potentiels électriques suivants :

- pour P, $V_P = + 240$ V ;
- pour Q, $V_Q = 0$ V.



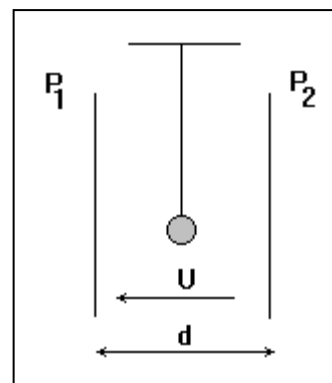
On suppose que l'espace champ électrostatique est limité par un rectangle, représenté sur la figure.

- 1) Soit C un point situé au milieu des deux plaques, calculer le potentiel électrique en ce point.
- 2) Sur une demi-droite (Ox) , on définit un repère d'espace (O, \vec{i}) . Soit M un point de cette demi-droite tel que $\overline{OM} = x$, avec $x \in [0, d]$; M est alors à un potentiel électrique V_M .
 - a) Trouver l'expression $V_M = f(x)$.
 - b) Tracer la représentation graphique de la fonction $V_M = f(x)$, avec $x \in [0, d]$.

Exercice 99

Un pendule électrique, dont la boule B est une sphère isolante de masse $m = 0,2$ g, portant la charge $q = 2 \cdot 10^{-8}$ C, est suspendu entre deux plaques métalliques verticales P_1 et P_2 distantes de $d = 20$ cm.

- 1) On établit la tension $U_{P_1 P_2} = U = 4000$ V entre ces plaques de manière à créer entre celles-ci un champ électrostatique uniforme \vec{E} . Quelles sont les



- caractéristiques du vecteur champ électrostatique uniforme \vec{E} ?
- 2) Faire un schéma montrant, l'inclinaison subie par le pendule et calculer l'angle α entre le fil et la verticale lorsque l'équilibre est atteint.
 - 3) Le pendule est déplacé horizontalement, vers la droite, sur une distance $\ell = 2 \text{ cm}$ à partir de la position d'équilibre précédente. Calculer le travail de la force électrostatique qui s'exerce sur la boule pendant ce déplacement.

Exercice 100

Certains métaux, lorsqu'ils sont convenablement éclairés, émettent des électrons ; ces derniers peuvent être captés par une plaque métallique P : cela constitue le principe des cellules photoélectriques.

Un électron quitte ainsi un métal selon la direction \vec{Ox} , à la vitesse $v_0 = 1100 \text{ km/s}$, et se dirige, dans le vide, vers une plaque métallique P.

- 1) Pourquoi doit-on faire le vide dans l'appareil ?
- 2) Quelle est, en eV, l'énergie cinétique initiale de l'électron ?
- 3) On établit une différence de potentiel U entre le métal émetteur et la plaque collectrice P. Quel signe doit avoir la d.d.p. U pour que son effet soit de ralentir les électrons émis ?
- 4) A partir de quelle valeur de la tension U les électrons émis ne peuvent-ils plus atteindre la plaque P ?
- 5) Avec quelle vitesse v atteignent-ils la plaque P lorsque la tension U est égale à 1 V ?

Données relatives à l'électron :

- masse : $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- charge : $-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Exercice 101

Des gouttes d'huile électrisées peuvent se déplacer entre deux plateaux métalliques horizontaux, distants de $d = 7 \text{ mm}$. L'une des gouttes de rayon $r = 0,88 \cdot 10^{-6} \text{ m}$, reste immobile lorsque la d.d.p. appliquée entre les deux plaques vaut $U = 240 \text{ V}$.

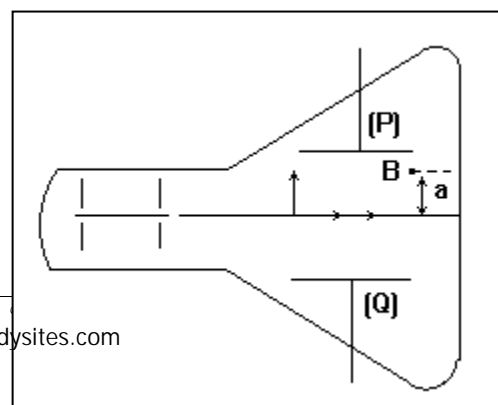
- 1) Indiquer laquelle des deux plaques, en justifiant votre réponse, est chargée positivement sachant que les gouttelettes s'électrisent en captant des électrons.
- 2) Calculer la charge q de la goutte d'huile. Comparer ce résultat à la charge électrique élémentaire.

Données :

- masse volumique de l'huile : $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$;
- intensité du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

Exercice 102

Dans le tube d'un oscillographe, un faisceau d'électrons arrive parallèlement aux plaques horizontales situées à l'intérieur du tube. En arrivant en A, la vitesse de chaque électron est $v_A = 4000 \text{ km/s}$. Il règne à l'intérieur du tube

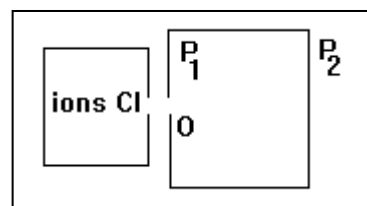


un vide poussé. La tension électrique existant entre les deux plateaux parallèles P et Q est $U = 90 \text{ V} = V_P - V_Q$. La distance entre les deux plaques parallèles est $d = 7,0 \text{ cm}$.

- 1) Calculer la valeur de la force électrostatique agissant sur un électron qui passe entre les deux plaques de déviation. On donne $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- 2) Montrer que le poids de l'électron est négligeable devant la force électrostatique. On donne la masse d'un électron $m = 0,9 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$.
- 3) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à un électron, calculer la vitesse v_B d'un électron à sa sortie de l'espace champ électrostatique en B. Dans le repère (A, \vec{i}, \vec{j}) , l'ordonnée de B est $a = 3,0 \text{ cm}$.

Exercice 103

Par l'ouverture O deux ions $^{35}_{17}\text{Cl}^-$ et $^{37}_{17}\text{Cl}^-$ (isotopes de l'élément chlore) pénètrent avec une vitesse pratiquement nulle dans une région située entre deux plaques P_1 et P_2 où règne un champ électrostatique uniforme \vec{E} .



- 1) Si $(V_{P_2} - V_{P_1})$ est égale à 100 V , quelle est en eV l'énergie acquise par chaque ion à l'arrivée en P_2 ?
- 2) En déduire le rapport des vitesses des ions à leur arrivée en P_2 .

Données numériques :

- masse molaire de l'ion $^{35}\text{Cl}^-$: $35 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$;
- masse molaire de l'ion $^{37}\text{Cl}^-$: $37 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$;
- Constante d'Avogadro : $N^{\circ} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Exercice 104

L'espace est rapporté à un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$.

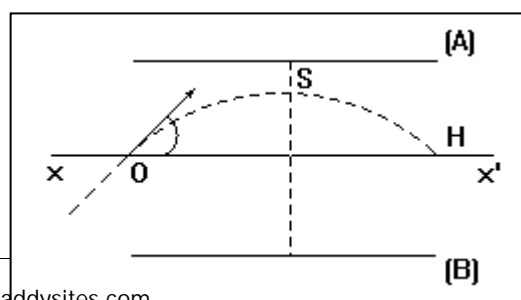
Dans une région de l'espace autour de O, règne un champ électrostatique uniforme $\vec{E} = E_x \vec{i}$. $E_x = + 2,00 \cdot 10^3 \text{ V/m}$.

Un proton se déplace du point A(-2,1, -3) en B(+6, +1, -2) puis en C(-4, +2, +4). (L'unité est le cm.)

- 1) Calculer le travail de la force électrostatique lors du déplacement de A en B ; de B en C ; de A en C.
- 2) Quelles sont les variations d'énergie potentielle du système proton dans le champ électrostatique dans chacun des cas ?
- 3) Le proton est à l'état de référence quand il est en O. Quelle est son énergie potentielle en A ? En C ?
- 4) Même question si l'état de référence est en B ?

Exercice 105

Un électron lancé à la vitesse \vec{v}_0 pénètre en O, dans un espace où règne un champ électrostatique uniforme. \vec{v}_0 fait avec l'axe xx' parallèle aux plaques, un angle α . La



trajectoire de l'électron est représentée en pointillée sur la figure. C'est un arc de parabole de sommet S.

- 1) Quelle est la plaque négative (A) ou (B) ?
- 2) Quelle est la vitesse \vec{v} de sortie de l'électron au point H ? (direction, sens ; comparer la valeur v à v_0). Tracer \vec{v} .

Eclair *pour en savoir plus*

1 PRÉSENTATION

Eclair, décharge électrique visible qui se produit entre des nuages chargés de pluie, ou bien entre un nuage chargé de pluie et la Terre. La décharge apparaît sous forme d'un arc brillant, parfois long de plusieurs kilomètres, qui s'étend entre les points de décharge. La décharge émet également une vague sonore qui s'appelle le tonnerre.

2 LA CHARGE ÉLECTRIQUE

On ne sait pas vraiment comment les nuages orageux se chargent, mais la plupart le sont négativement à la base et positivement à leur sommet. La plupart des météorologues pensent que la glace est un facteur nécessaire, car, généralement, un éclair ne se produit que lorsqu'il y a formation de glace dans la couche supérieure des nuages orageux. Des expériences ont montré que, quand des solutions diluées d'eau sont gelées, la glace se charge négativement et l'eau se charge positivement. Si, après le début de la congélation, l'air ascendant sépare les gouttelettes d'eau des particules gelées, les gouttelettes se concentrent dans la partie supérieure du nuage et les

particules plus grosses de glace tombent à la base. Par ailleurs, des expériences ont également montré que les grosses gouttes d'eau qui tombent rapidement se chargent négativement, alors que les petites gouttes qui tombent lentement se chargent positivement. La polarisation d'un nuage orageux peut donc être due à la différence de vitesse à laquelle tombent les grandes et les petites gouttes de pluie. De quelque façon qu'elle se forme, la charge négative à la base du nuage induit une charge positive sous elle, sur la Terre, qui agit comme la seconde plaque d'un énorme condensateur. Quand le potentiel électrique entre deux nuages ou entre un nuage et la Terre atteint une valeur suffisamment élevée (environ 10 000 V par cm), l'air s'ionise le long d'un passage étroit, et un éclair se forme. De nombreux météorologues croient que c'est de cette façon



Photo Researchers, Inc./Keith Kent/Science Source

Le phénomène de l'éclair correspond à une décharge électrique qui se produit entre un nuage et la Terre, ou entre deux nuages.

qu'une décharge négative est transportée vers le sol, et que la charge négative totale de la Terre est maintenue.

Une nouvelle théorie suggérant que la polarisation des nuages orageux peut être la cause des précipitations plutôt que d'en être la conséquence postule que le potentiel électrique existant entre l'ionosphère, la couche la plus haute de l'atmosphère et la Terre, déclenche la polarisation des nuages orageux. Selon cette théorie, l'air ascendant chaud transporte à travers les nuages orageux les particules chargées positivement. Celles-ci s'accumulent au sommet du nuage et attirent les charges négatives de l'ionosphère. Ces dernières sont déplacées vers la base du nuage par de puissants courants descendant à la périphérie du nuage, empêchant ainsi les particules de charges opposées de se neutraliser. À peu près 90 p. 100 de tous les éclairs qui partent des nuages vers le sol sont négatifs ; les autres sont positifs. Les éclairs peuvent partir du sol vers les nuages, en particulier des sommets des montagnes, ou d'objets élevés comme les tours radio, mais ce phénomène est assez rare.

Des études faites à l'aide de caméras ont montré que la plupart des éclairs ne sont pas des événements uniques, mais se produisent par série de flashes, pouvant aller jusqu'à 42, précédée d'un flash plus important. Le flux électrique et la série de flashes suivent un chemin identique initialement ionisé, qui peut être ramifié. Le temps moyen entre deux flashes lumineux est de 0,02 s, et la durée moyenne d'un éclair est de 0,25 s. La durée d'un éclair puissant n'excédant pas 0,0002 s, les intervalles entre les éclairs représentent la majeure partie de la durée de l'éclair. Ce qu'on appelle les éclairs en nappe est simplement la réflexion d'un éclair ordinaire sur des nuages. Les boules de feu sont un phénomène rare dans lequel la décharge prend la forme d'une boule lumineuse qui explose ou se désintègre.

3 MESURES DE PROTECTION

Les bâtiments sont protégés grâce à des tiges métalliques placées au-dessus de la partie la plus haute du toit, et reliées au sol, appelées paratonnerres. Ces tiges forment un passage de faible résistance pour la foudre, et donc l'empêche de passer à travers la structure elle-même. Les lignes haute tension et les appareils radio, équipés d'antennes extérieures, sont protégés contre les éclairs grâce à des paratonnerres spéciaux, qui consistent en un petit espace rempli de gaz entre la phase et la masse. Cet espace offre une grande résistance aux tensions ordinaires, mais la foudre, qui a un potentiel de dizaines de millions de volts, ionise le gaz offrant un chemin de faible résistance pour cette décharge.

La foudre étant dangereuse, il convient de prendre quelques précautions lorsque l'on se trouve sous un orage, pour pouvoir s'abriter. Il faut éviter de rester sous un arbre isolé. À cause de leur hauteur, les arbres sont susceptibles d'être frappés par la foudre, et sont donc dangereux pendant de violents orages électriques. Le plus sûr pour une personne qui se trouve à l'extérieur pendant un orage est de se mettre à l'intérieur d'une voiture à structure d'acier, ou de rester allongée par terre, à l'extérieur. Il faut se souvenir que les éclairs sont toujours associés au tonnerre (les observateurs qui écoutent le tonnerre comme signal peuvent rater jusqu'à 40 p. 100 des éclairs), et que les éclairs peuvent frapper deux fois de suite au même endroit.

Chaque année, la foudre tue de nombreuses personnes, et est responsable de blessures. Elle est plus dangereuse que les tornades et les ouragans ; elle provoque notamment de nombreux feux de forêts. Cependant, les éclairs ont des effets positifs. Le sol est enrichi par l'azote qui est libéré de l'atmosphère par les éclairs, et transporté vers le sol par la pluie. Certains scientifiques pensent que les éclairs ont été un élément clé dans l'origine de la vie sur Terre, créant à partir d'éléments simples des composés chimiques complexes qui ont donné naissance à la matière vivante.

Encyclopédie Microsoft ® Encarta ® 2004.

Energie électrique mise en jeu dans un dipôle

Exercice 106

Une pile de torche de f.é.m. $E = 4,5 \text{ V}$ de résistance interne $r = 1,5 \Omega$ alimente une ampoule dont le filament a une résistance $R = 4 \Omega$ dans les conditions normales d'utilisation.

- 1) Quelle est la puissance joule dissipée dans l'ampoule ?
- 2) Calculer de deux façons différentes la tension aux bornes de la pile lorsque l'ampoule est allumée.

Exercice 107

Une cuisinière électrique possède deux plaques chauffantes montées en parallèle dont les fonctionnements nominaux sont : plaque n°1 (220 V ; 900 W) ; plaque n°2 (220 V ; 1500 W).

- 1) Faire un schéma du montage.
- 2) Calculer la résistance électrique R_1 de la plaque n°1 et celle, R_2 , de la plaque n°2.
- 3) Déterminer l'intensité totale du courant alimentant la cuisinière lorsque les deux plaques sont en service sous la tension nominale (on fera le calcul de deux manières différentes).

Exercice 108

On place un récipient contenant une masse $m = 500 \text{ g}$ d'eau, initialement à la température $\theta_0 = 15^\circ \text{C}$, sur une plaque chauffante alimentée par une tension de valeur efficace $U = 220 \text{ V}$.

On désire porter l'eau à la température $\theta_1 = 60^\circ \text{C}$ en une durée $t = 5 \text{ minutes}$.

- 1) Déterminer la quantité de chaleur reçue alors par l'eau.
- 2) Calculer la puissance électrique de la plaque pour réaliser le chauffage dans la durée indiquée dans l'hypothèse où seulement 70% de l'énergie délivrée par la plaque est transférée à l'eau (le reste étant transférée au récipient et à l'air extérieur).
- 3) En déduire la résistance électrique de la plaque.

Exercice 109

Une installation industrielle de production de vapeur d'eau fonctionne par effet joule dans les conditions suivantes :

- l'eau est admise liquide dans la chaudière à la température $t_1 = 30^\circ\text{C}$;
- elle en ressort sous forme de vapeur à la température $t_2 = 180^\circ\text{C}$;
- le débit de vapeur est de 50 kg par minute ;
- la tension sous laquelle les résistances chauffantes sont vaut $U = 1200\text{V}$.

Calculer :

- 1) L'intensité I du courant dans les résistances ;
- 2) Le prix de revient énergétique journalier de l'installation, celle-ci travaillant 24 heures sur 24 et le kWh étant facturé 160 FCFA.

Données relatives à l'eau :

- capacité thermique massique du liquide : $c_e = 4,19 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;
- capacité thermique massique de la vapeur : $c_v = 1,87 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;
- chaleur latente de vaporisation à 100°C : $L_v = 2,26\cdot 10^3 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Exercice 110

Deux conducteurs ohmiques, de résistances inconnues R_1 et R_2 , sont montées en série, placées à l'intérieur d'un calorimètre de capacité thermique totale $C = 1100 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ et alimentés sous la tension $U = 15 \text{ V}$.

On note l'accroissement de la température au bout de 15 minutes de chauffage : $\Delta t = 5,1^\circ\text{C}$.

Les mêmes conducteurs, montés en parallèles et soumis à la même tension $U = 15 \text{ V}$, plongés dans le même calorimètre, provoquent après 2 min de chauffage, une augmentation de la température $\Delta t' = 9,2^\circ\text{C}$.

En déduire :

- 1) La valeur des résistances R_1 et R_2 ;
- 2) La valeur de l'intensité du courant qui les traverse suivant chaque cas.

Exercice 111

Un calorimètre de capacité thermique $C = 180 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ contient une masse $m = 400 \text{ g}$ d'eau.

Une résistance chauffante R , de capacité thermique négligeable, porte la température de cette eau de $t_1 = 16,4^\circ\text{C}$ à $t_2 = 23,1^\circ\text{C}$.

La durée du chauffage est de 4 min 20 s pour une intensité constante $I = 2,2 \text{ A}$.

Calculer :

- 1) La valeur de la résistance R ;
- 2) La tension U aux bornes du générateur branché aux bornes de R ;
- 3) La f.é.m. du générateur, celui-ci ayant une résistance interne $r = 1 \Omega$.

Capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,19 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Exercice 112

Pour mesurer la capacité thermique massique c d'un alcool organique on procède de la façon suivante :

Expérience 1 : On introduit 200 g de cet alcool dans un calorimètre et on y plonge une résistance chauffante que l'on alimente sur la tension $U = 12 \text{ V}$; l'intensité est

alors égale à 1,5 A. L'accroissement de la température atteint 4,3°C après 2 min 45 s de chauffage.

Expérience 2 : L'alcool est remplacé par 200 g d'eau et on recommence l'expérience dans les mêmes conditions. Il faut alors chauffer pendant 4 min 10 s pour observer la même élévation de température.

En déduire :

- 1) La valeur de la capacité thermique massique c de l'alcool étudié ;
- 2) La valeur de la capacité thermique C du calorimètre et de ses accessoires.
 - Capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,19 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Exercice 113

Un moteur électrique de f.c.é.m. E' et de résistance interne $r' = 4 \Omega$ reçoit, en régime permanent, une puissance électrique $P_{el} = 540 \text{ W}$ lorsque l'intensité I du courant qui le traverse est égale à 10 A et qu'il tourne en fournissant du travail.

- 1) Déterminer la tension électrique à ses bornes.
- 2) Déterminer la f.c.é.m. E' .
- 3) Combien de temps faut-il le faire fonctionner pour que le travail transféré soit $W_u = 10^4 \text{ J}$.

Exercice 114

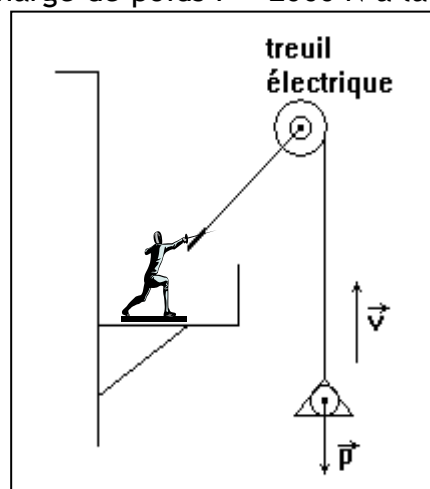
Un treuil utilisé dans les travaux publics monte une charge de poids $P = 2000 \text{ N}$ à la vitesse $v = 1,2 \text{ m/s}$.

Il est actionné par un moteur électrique de f.c.é.m. E' et de résistance $r = 1 \Omega$. Le moteur lui-même est alimenté en courant par un générateur de résistance interne nulle, délivrant à ses bornes la tension $U = 220 \text{ V}$.

Le système moteur électrique + treuil transforme l'énergie électrique fournie au moteur en énergie mécanique servant au levage avec un rendement de 80 %.

En déduire :

- 1) La valeur de l'intensité I du courant débité par le générateur ;
- 2) La valeur de la f.c.é.m. E' du moteur ;
- 3) La quantité de chaleur Q apparue dans le moteur au cours d'une heure de fonctionnement.



Exercice 115

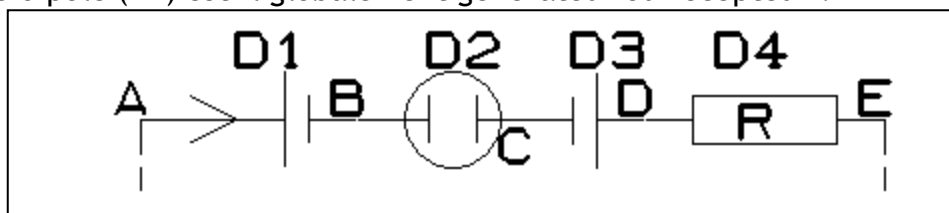
Un moteur électrique de résistance interne négligeable transforme 95 % de l'énergie électrique qu'il reçoit en énergie mécanique disponible. Le moment du couple développé par le moteur vaut $\mathcal{M} = 12 \text{ N.m}$ pour un régime de rotation de 1200 tr/min.

- 1) Calculer, dans ces conditions, la puissance électrique reçue par le moteur.
- 2) Déterminer la valeur de sa f.c.é.m. sachant qu'il est parcouru par un courant d'intensité $I = 30 \text{ A}$.

Exercice 116

La portion du circuit AE de la figure ci-dessous est parcourue par un courant d'intensité $I = 2 \text{ A}$ dans le sens indiqué.

- 1) Les dipôles D_1 et D_3 fonctionnent-ils en générateur ou en récepteur ?
- 2) Déterminer les tensions U_{AB} , U_{BC} , U_{CD} , U_{DE} .
- 3) Déterminer la puissance électrique P_1 absorbée par le dipôle D_1 .
- 4) Déterminer la tension U_{AE} et la puissance électrique \mathcal{P}_{el} globalement transférée au dipôle (AE).
- 5) Le dipôle (AE) est-il globalement générateur ou récepteur ?



On donne :

- Dipôle D_1 : $E_1 = 6 \text{ V}$; $r_1 = 2 \Omega$
- Dipôle D_2 : $E_2 = 2 \text{ V}$; $r_2 = 3 \Omega$
- Dipôle D_3 : $E_3 = 10 \text{ V}$; $r_3 = 1 \Omega$
- Dipôle D_4 : $R = 10 \Omega$

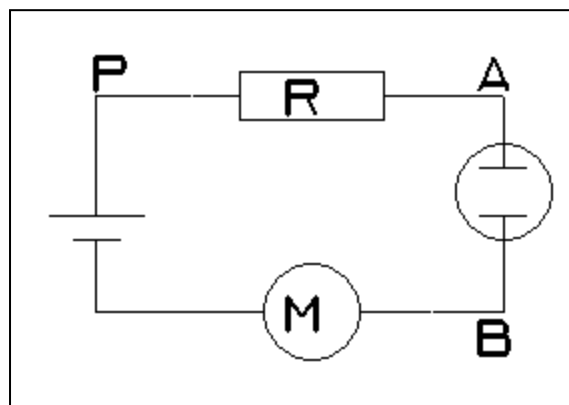
Exercice 117

On branche en série :

- Un générateur de f.é.m. $E_0 = 24 \text{ V}$, de résistance interne négligeable ;
- Un électrolyseur de f.c.é.m. $E_1 = 6 \text{ V}$, de résistance interne $r_1 = 2 \Omega$;
- Un moteur de f.c.é.m. $E_2 = 8 \text{ V}$, de résistance interne $r_2 = 0,5 \Omega$.

- 1) Déterminer l'intensité I du courant circulant dans le circuit. Préciser son sens.
- 2) Calculer la puissance \mathcal{P}_u disponible sur l'arbre du moteur électrique.
- 3) La capacité thermique de l'électrolyte présent dans l'électrolyseur est $C = 420 \text{ J.K}^{-1}$.

Déterminer la durée t de fonctionnement du circuit au bout de laquelle on observe une élévation de température de 2° de l'électrolyte (on suppose que l'électrolyseur est parfaitement isolé de telle sorte qu'aucun transfert de chaleur ne s'effectue entre l'électrolyseur et l'extérieur).



Exercice 118

Un moteur électrique récupéré dans un vieux jouet d'enfant est monté en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 4 \Omega$, une pile (f.é.m. $E = 4.5 \text{ V}$,

résistance interne $r = 1,50 \Omega$), un ampèremètre de résistance négligeable et un interrupteur K.

- 1) Faire un schéma du montage.
- 2) Lorsqu'on ferme l'interrupteur le moteur se met à tourner et l'ampèremètre indique un courant d'intensité $I = 0,45 \text{ A}$. En déduire une relation numérique entre la f.c.é.m. E' du moteur et sa résistance r' .
- 3) On empêche le moteur de tourner et note la nouvelle valeur de l'intensité : $I' = 0,80 \text{ A}$. En déduire les valeurs numériques en unité S.I de r' et de E' .
- 4) Déterminer pour 5 min de fonctionnement du moteur :
 - l'énergie ϵ_1 fournie par la pile au reste du circuit
 - l'énergie ϵ_2 consommée dans le conducteur ohmique
 - l'énergie utile ϵ_3 produite par le moteur.

Exercice 119

Un électrolyseur dont les électrodes sont en fer contient une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium. On le soumet à une tension continue réglable U ; I est l'intensité du courant qui le traverse.

- 1) Faire un schéma du montage en mettant en place les éléments suivants :
 - générateur continu à tension de sortie réglable ;
 - interrupteur ;
 - rhéostat, électrolyseur, ampèremètre, voltmètre.
- 2) Les résultats des différentes mesures sont consignés dans le tableau suivant :

U(V)	0	0,5	1,0	1,5	1,6	1,7	1,8
I(A)	0	0	0	0	0,02	0,03	0,05

U(V)	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
I(A)	0,10	0,29	0,50	0,71	0,92	1,10	1,32

Tracer la caractéristique intensité-tension de l'électrolyseur en prenant :

- Echelles $\left\{ \begin{array}{l} \text{en abscisses : } 1 \text{ cm pour } 100 \text{ mA;} \\ \text{en ordonnées : } 1 \text{ cm pour } 0,5 \text{ V.} \end{array} \right.$

Donner l'équation de la partie linéaire de cette caractéristique sous la forme :

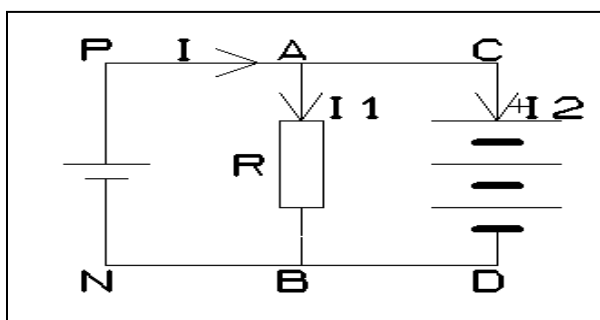
$$U = a + bI.$$

- 3) En déduire les valeurs, en unités S.I., de la f.c.é.m. E' et de la résistance interne r' de l'électrolyseur lorsqu'il fonctionne dans la partie linéaire de sa caractéristique.
- 4) L'électrolyseur précédent est désormais branché aux bornes de f.é.m. $E = 4,5 \text{ V}$ et de résistance interne $r = 1,5 \Omega$.
 - a) Calculer l'intensité du courant qui le traverse.
 - b) Quelle puissance électrique P reçoit-il ?
 - c) Quelle puissance P_{th} dissipe t-il par effet Joule ?
 - d) De quelle puissance utile P_u dispose t-il pour effectuer les réactions chimiques aux électrodes ?

Exercice 120

On utilise le montage de la figure (dipôle PN : $E = 18 \text{ V}$; $r = 4 \Omega$) pour charger une batterie. Pendant la charge, la batterie se comporte comme un récepteur de f.c.é.m. $E' = 12 \text{ V}$ et de résistance interne $r' = 0,2 \Omega$. Pour limiter l'intensité du courant dans la batterie, on utilise un conducteur ohmique de résistance $R = 14 \Omega$.

- 1) Ecrire la tension U_{CD} . Déterminer les intensités I , I_1 et I_2 dans chaque branche.
- 2) Calculer la durée de fonctionnement si on veut communiquer à cette batterie une charge électrique de 10 Ah .
- 3) Déterminer le rendement énergétique de cette charge, c'est-à-dire le rapport entre l'énergie chimique stockée dans la batterie pendant la charge et de l'énergie électrique W_{el} transférée par le générateur au circuit.

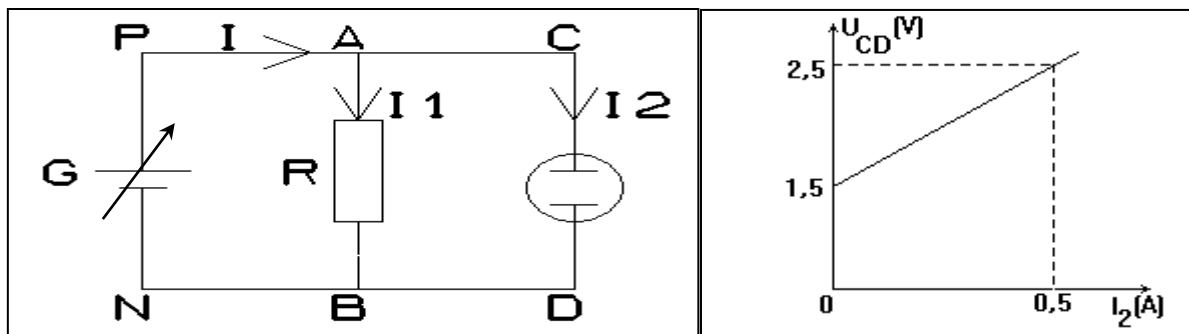


Exercice 121

On réalise le montage de la figure ci-dessous. Le générateur de tension G utilisé est idéal : sa f.é.m. E est réglable et sa résistance interne nulle.

Le récepteur ohmique a la caractéristique $R = 10 \Omega$.

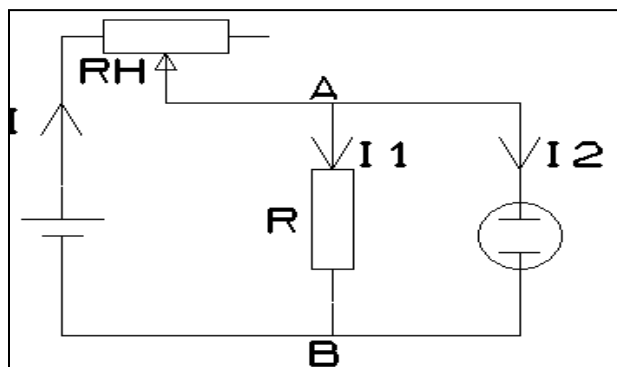
- 1) Déterminer les valeurs de la f.c.é.m. E' et de la résistance interne r' du récepteur.
- 2) On règle la f.é.m. du générateur à la valeur $E = 1,1 \text{ V}$. Déterminer les intensités I , I_1 et I_2 et les tensions U_{PN} , U_{AB} et U_{CD} .
- 3) Reprendre la question 2) si $E = 2 \text{ V}$.
- 4) Déterminer, dans les hypothèses de la question 3), la quantité d'énergie chimique convertie par l'électrolyseur pendant une durée $t = 2$ heures de fonctionnement.



Exercice 122

On réalise le montage ci-dessous à l'aide d'un générateur idéal de tension ($E = 2\text{ V}$; $r = 0$), d'un rhéostat de résistance R_h comprise entre 0 et $27\ \Omega$, d'un conducteur ohmique de résistance $R = 4\ \Omega$ et d'un électrolyseur ($E' = 1,5\text{ V}$; $r' = 0,5\ \Omega$).

- 1) On fixe $R_h = 4\ \Omega$; déterminer les intensités I , I_1 et I_2 .
- 2) Si R_h prend une valeur supérieure à R_0 , on constate que l'électrolyseur ne convertit plus d'énergie électrique. Déterminer R_0 .

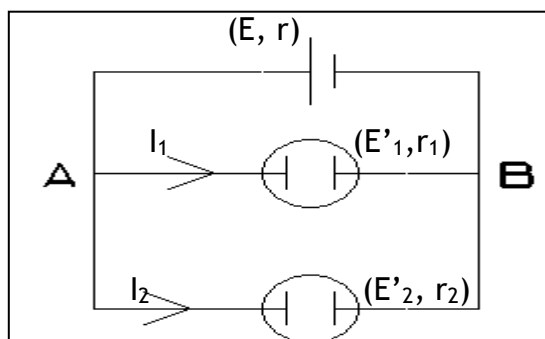


Exercice 123

Deux électrolyseurs (f.c.é.m. $E'_1 = 2\text{ V}$ et $E'_2 = 3\text{ V}$; résistances internes $r_1 = 2\ \Omega$ et $r_2 = 1\ \Omega$) sont montés en parallèle entre les bornes d'un générateur (f.é.m. $E = 6\text{ V}$, résistance interne $r = 2\ \Omega$) comme le montre la figure ci-dessous.

On fait l'hypothèse que les deux électrolyseurs fonctionnent simultanément et qu'ils sont parcourus par les courants d'intensité I_1 et I_2 .

- 1) Exprimer la tension U_{AB} en fonction de E'_1 , r_1 , I_1 puis en fonction de E'_2 , r_2 et I_2 . En déduire une relation numérique entre les intensités I_1 et I_2 (en A).
- 2) Trouver une nouvelle relation entre la tension U_{AB} , la f.é.m. E , la résistance interne r et les intensités I_1 et I_2 . En déduire une seconde relation numérique entre I_1 et I_2 (en A).
- 3) Quelles sont finalement les valeurs :
 - a) des intensités I_1 et I_2 ;
 - b) de la tension U_{AB} ;
 - c) de l'énergie \mathcal{E} fournie en 1 min par le générateur au reste du circuit ?



Exercice 124

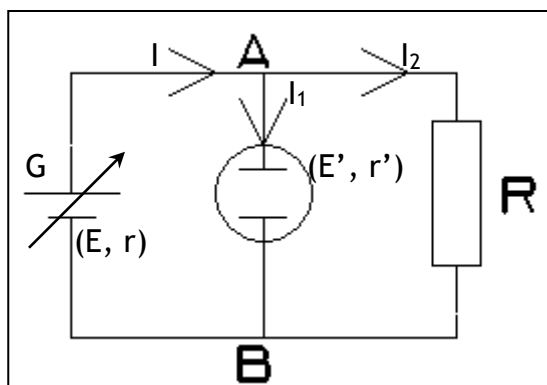
Aux bornes d'un générateur continu industriel, (f.é.m. $E = 220 \text{ V}$; résistance interne $r = 0,40 \Omega$), on branche, en série, un conducteur ohmique de résistance $R = 50 \Omega$ et un moteur (f.c.é.m. E' , résistance interne : r').

- 1) Quand on bloque le moteur l'intensité du courant dans le circuit prend la valeur $I_1 = 4,3 \text{ A}$. En déduire la résistance interne r' du moteur (donner deux chiffres significatifs). Quelle est la tension U_1 à ses bornes.
- 2) Lorsque le moteur tourne à son régime normal, l'intensité devient $I_2 = 1,5 \text{ A}$. Calculer :
 - la tension U_2 aux bornes du moteur ;
 - la f.c.é.m. E' du moteur ;
 - la puissance fournie par le générateur ;
 - la puissance thermique dissipée dans le circuit ;
 - la puissance utile du moteur ;
 - le rendement de l'installation.

Exercice 125

On dispose d'un générateur G dont la f.é.m. E est continue mais réglable de 0 à 4 V et dont la résistance interne est notée r . on branche en dérivation à ses bornes A et B : un électrolyseur linéarisé de f.c.é.m. $E' = 2 \text{ V}$ et de résistance interne $r' = 0,5 \Omega$ et une résistance ohmique de résistance $R = 4 \Omega$.

- 1) On suppose que $r = 0$.
 - a) On fixe la valeur de E à 1 V . Calculer les valeurs des intensités I , I_1 et I_2 .
 - b) A partir de quelle valeur de E l'électrolyseur sera-t-il parcouru par un courant ?
 - c) Calculer les valeurs de I , I_1 et I_2 lorsqu'on fixe la valeur de E à 3 V .
- 2) la valeur de r est maintenant 1Ω , reprendre toutes les questions du 1).



Exercice 126

Un moteur est alimenté par un générateur de f.é.m. constante $E = 110 \text{ V}$. Il est en série avec un ampèremètre et la résistance totale du circuit vaut $R = 10 \Omega$.

- 1) Le moteur est muni d'un frein qui permet de bloquer son rotor ; quelle est alors l'indication de l'ampèremètre ?
- 2) On desserre progressivement le frein ; le rotor prend un mouvement de plus en plus rapide tandis que l'intensité du courant diminue. Justifier cette dernière constatation.
- 3) Lorsque le moteur tourne, il fournit une puissance mécanique \mathcal{P}_u .

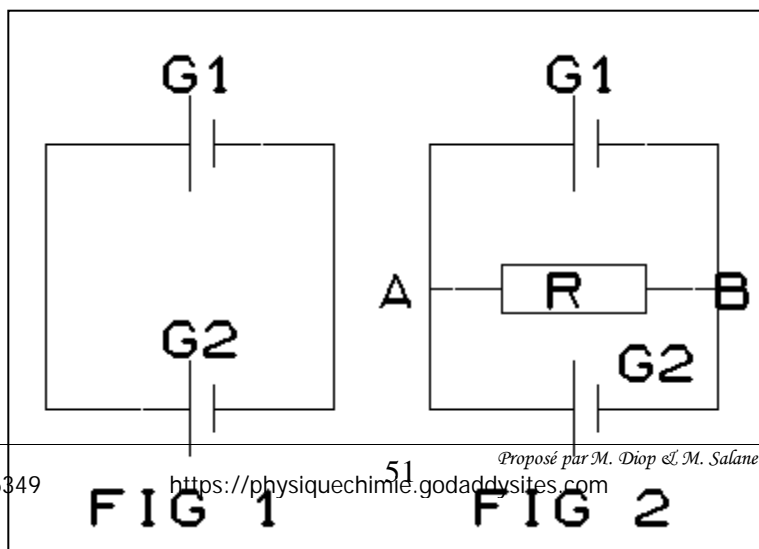
- a) Etablir l'équation qui permet de calculer l'intensité du courant dans le circuit en fonction de la puissance fournie \mathcal{P}_u .
 - b) Montrer que si la puissance \mathcal{P}_u est inférieure à une valeur \mathcal{P}_0 que l'on déterminera, il existe deux régimes de fonctionnement du moteur.
 - c) Pour $\mathcal{P}_u = 52,5 \text{ W}$, calculer :
 - les intensités du courant ;
 - les f.c.é.m. E' du moteur ;
 - les rendements de l'installation ; dans les deux cas possibles.
 - 4) A partir de l'équation établie au 3) a), écrire l'équation donnant la puissance fournie \mathcal{P}_u en fonction de l'intensité I et représenter les variations de la fonction $\mathcal{P}_u = f(I)$.
 - Echelles : $\left\{ \begin{array}{l} \text{en abscisses : } 1 \text{ cm pour } 1 \text{ A;} \\ \text{en ordonnées : } 4 \text{ cm pour } 100 \text{ W.} \end{array} \right.$
- Retrouver, grâce à la courbe, les résultats des questions 3) b) et c).

Exercice 127

- 1) Un circuit comprend deux générateurs G_1 et G_2 montés en opposition (fig.1) dont les f.é.m. et résistances internes valent respectivement $E_1 = 40 \text{ V}$; $r_1 = 4 \Omega$ et $E_2 = 10 \text{ V}$, $r_2 = 1 \Omega$. La résistance des fils de jonction est négligeable.
 - a) Déterminer le sens et l'intensité du courant dans le circuit.
 - b) On ajoute en série un ampèremètre de résistance 5Ω . Quelle indication donne t-il ? Conclure.
- 2) On enlève l'ampèremètre et on réunit les points A et B par un conducteur ohmique de résistance $R = 3,2 \Omega$ (fig.2).

Le générateur G_2 , en opposition par rapport à G_1 , se comporte comme un récepteur ; il est traversé par un courant qui va de A vers B.

 - a) Calculer les intensités I_1 , I_2 et I des courants qui passent dans G_1 , G_2 et R .
 - b) Quelle est la valeur de R qui annulerait l'intensité I_2 traversant G_2 ?
- 3) On remplace la résistance R par un moteur de résistance interne $r = 1 \Omega$ et qui fournit la puissance mécanique \mathcal{P}_u et on suppose que les sens des courants restent les mêmes que précédemment.
 - a) Former l'équation qui permet de calculer, en fonction de \mathcal{P}_u , l'intensité I qui traverse le moteur.
 - b) Quelle est la valeur maximale de \mathcal{P}_u ?
 - c) Déterminer les valeurs possibles de I lorsque le moteur fournit la puissance $\mathcal{P}_u = 10 \text{ W}$. Quel est le régime le plus intéressant ? Pourquoi ?



Supraconductivité *pour en savoir plus*

1 PRÉSENTATION

Supraconductivité, phénomène observé sur certains métaux, alliages ou céramiques, qui n'opposent pratiquement aucune résistance au passage d'un courant électrique au-dessous d'une certaine température critique.

2 PHÉNOMÉNOLOGIE DE LA SUPRACONDUCTIVITÉ

L'apparition de l'état supraconducteur dans un matériau en dessous de sa température critique se manifeste par deux effets spectaculaires : l'annulation de la résistance électrique (le matériau conduit l'électricité sans perte) et l'expulsion des lignes de champ magnétique (effet Meissner). L'effet Meissner permet à un supraconducteur, placé dans un champ magnétique, de léviter. D'autre part, les aimants supraconducteurs peuvent produire des champs magnétiques très intenses puisqu'ils ne sont pas affectés par leur propre champ.

Il existe deux types de supraconducteurs : les supraconducteurs de type I qui deviennent intégralement supraconducteurs à la température critique ; les supraconducteurs de type II où il subsiste des tubes de matériau à l'état normal dans une matrice de matériau dans l'état supraconducteur. Ces tubes, appelés vortex, diminuent en nombre au fur et à mesure que la température continue de baisser, jusqu'à leur disparition complète en dessous d'une deuxième température critique.

L'état supraconducteur n'est pas détruit uniquement par une augmentation de la température. On peut obtenir le même résultat en plongeant le matériau dans un champ magnétique suffisamment intense. En fait, de même qu'il existe une température critique, il existe pour chaque matériau un champ magnétique critique au-delà duquel la supraconductivité ne peut pas subsister.

3 HISTORIQUE

La supraconductivité est découverte en 1911 par le physicien néerlandais Heike Kamerlingh Onnes, qui remarque qu'à une température inférieure à 4,2 K (- 268,8 °C), le mercure ne présente plus aucune résistance électrique. Dans les décennies qui suivent, l'effet supraconducteur est observé sur la plupart des métaux et sur quelques composés métalliques. Une théorie phénoménologique de la supraconductivité est alors développée dans les années trente par deux physiciens allemands,

les frères London ; cependant, ils ne parviennent pas à donner une description satisfaisante des mécanismes microscopiques du phénomène. La physique fondamentale de la supraconductivité n'est maîtrisée qu'à partir de 1957, lorsque les physiciens américains John Bardeen, Léon Cooper et John Schrieffer élaborent une théorie qu'ils baptisent par leurs initiales : la théorie BCS ; celle-ci leur vaut le prix Nobel de physique en 1972. Cette théorie décrit la supraconductivité comme un phénomène quantique au cours duquel les électrons de valence — électrons de la couche périphérique de l'atome — se déplacent par paires (paires de Cooper) et, de ce fait, ne rencontrent aucune résistance électrique. En 1962, le physicien britannique, Brian Josephson, étudiant la nature quantique de la supraconductivité, prédit le passage d'un courant entre deux supraconducteurs séparés par une mince couche isolante. Ce phénomène, qui sera confirmé expérimentalement par la suite, est aujourd'hui connu sous le nom d'effets Josephson.

Par la suite, les savants s'attachent à synthétiser des matériaux supraconducteurs à des températures les moins basses possibles. En effet, pour travailler à des températures proches du zéro absolu, on utilise à cette époque l'hélium liquide, un agent de refroidissement coûteux et peu performant. Par ailleurs, une exploitation à température ultra basse impose des contraintes sévères qui diminuent considérablement le rendement du supraconducteur. Jusqu'en 1986, la plus haute température critique connue est de 23,2 K (- 249,8 °C), obtenue avec le niobiure de germanium (Nb_3Ge). En outre, la théorie BCS prévoit une limite théorique maximale de la température critique de l'ordre de 35 K (environ - 238 °C). À partir des années soixante-dix, les physiciens comme les industriels se désintéressent alors d'un phénomène difficilement applicable et dont la théorie est maintenant bien connue. Mais dans les années quatre-vingt, un événement majeur va donner un second souffle à la supraconductivité : la mise au point d'un supraconducteur à haute température.

4 SUPRACONDUCTIVITÉ À HAUTE TEMPÉRATURE CRITIQUE

En 1986, le physicien suisse Karl Müller et le physicien allemand Johannes Georg Bednorz, des laboratoires IBM de Zurich, élaborent un oxyde de lanthane, de baryum et de cuivre (LaBaCuO), supraconducteur à 35 K. Lors d'une conférence donnée dans un grand hôtel de New York, connue depuis sous le nom du « Woodstock de la physique », ils provoquent un véritable raz-de-marée dans la communauté scientifique. Leurs travaux, couronnés par le prix Nobel de physique l'année suivante, déclenchent alors une « course aux hautes températures ». Ainsi dès 1988, on parvient à fabriquer des supraconducteurs à plus de 100 K.

Ces supraconducteurs à haute température critique (SHT) sont des composés d'oxydes métalliques céramiques contenant des lanthanides. Ils peuvent être supraconducteurs à des températures suffisamment élevées pour utiliser l'azote liquide comme agent de refroidissement. À 77 K (- 196 °C), l'azote liquide refroidit en effet vingt fois plus efficacement que l'hélium liquide, alors qu'il coûte dix



L'azote liquide, dont le point d'ébullition normal est de 77,3 K, soit environ -196 °C, a de nombreuses applications en tant que liquide cryogénique. Il sert à congeler rapidement les denrées alimentaires, a des applications médicales (conservation du sperme destiné à l'insémination artificielle) et est très employé dans l'industrie comme réfrigérant.

fois moins cher ; cela ouvre la voie à d'intéressantes perspectives d'applications industrielles. Aujourd'hui, plusieurs types de matériaux SHT sont venus s'ajouter aux céramiques : les polymères, les matériaux supramoléculaires comme les fullerènes et des alliages spéciaux de métaux de transition. Du point de vue fondamental, les SHT constituent également un défi : leurs températures critiques dépassent de loin les prévisions de la théorie BCS, et un grand nombre de recherches sont en cours pour expliquer ce type de supraconductivité. Il semblerait que l'anisotropie des SHT joue un rôle fondamental dans l'accroissement de la température critique.

5 APPLICATIONS

Grâce à leur résistivité nulle, les supraconducteurs peuvent servir dans la mise au point d'électroaimants qui engendrent d'importants champs magnétiques sans perte d'énergie. Ces aimants supraconducteurs sont notamment utilisés dans la construction de puissants accélérateurs de particules. L'application des effets quantiques de la supraconductivité a également permis la mise au point d'appareils de mesure d'une sensibilité sans précédent, en particulier du courant, de la tension et de l'intensité du



Woodfin Camp and Associates, Inc./Thomas Raupach



CERN Photo

Deux aimants dipolaires supraconducteurs destinés au grand collisionneur de hadrons (LHC). La photo montre, au centre des aimants, les espaces où passeront les tubes de l'accélérateur. Dans ceux-ci circuleront, en sens contraire, les deux faisceaux de protons.

champ magnétique .

Par ailleurs, les composés supraconducteurs entrent dans la fabrication d'ordinateurs ainsi dotés d'une capacité de stockage accrue, mais également dans celle de réacteurs à fusion thermonucléaire où le gaz ionisé est confiné par des champs magnétiques ou encore dans la suspension des trains à lévitation magnétique.

Une autre application, sans doute la plus importante de toutes, concerne la production et la transmission de l'énergie électrique sans pertes, donc sans la nécessité d'utiliser des lignes à haute tension .

Encyclopédie Microsoft ® Encarta ® 2004.

Esquisse de solution

Travail et puissance d'une force

EXERCICE 1

- 1) a) 3920 J
b) -641,42J
- 2) a) 3920J
b) calculer par des méthodes

géométriques le segment [AD]

EXERCICE 2

- 1) a) $18 \cdot 10^5 \text{J}$
b) $-14,1 \cdot 10^5 \text{J}$
c) $-3,9 \cdot 10^5 \text{J}$
- 2) a) -23520 W ; -6500 W

EXERCICE 3

- 1) la force de frottement se dirige vers le haut.
- 2) 24,5N
- 3) 490J
- 4) -4,08kJ

EXERCICE 4

-169,74 J

EXERCICE 5

- 2) -588 kJ
- 3) -45 kJ
- 4) 633 kJ

EXERCICE 6

- 2) $mgL(\cos\alpha - \cos\alpha_0)$
- 3) 3,94 J
- 4) Nul
- 5) Nul

EXERCICE 7

- 1) $784 \cdot 10^4 \text{J}$
- 2) $2,6 \cdot 10^8 \text{W}$
- 3) $114 \text{ m}^3/\text{s}$

EXERCICE 8

 $\vec{W}(\vec{R}) = 0$ et $\vec{W}(\vec{P}) = 0,131 \text{J}$

EXERCICE 9

- 1) Cf. cours
- 2) $P_c = T_c = 1,96 \text{J}$
- 3) $R = P = 9,8 \text{J}$

S'il y a des frottements le principe d'inertie ne sera plus vérifier alors que la vitesse est constante.

EXERCICE 10

- 1) $-4,9 \cdot 10^{-2} \text{J}$
- 2) $+3,7 \cdot 10^{-2} \text{J}$
- 3) $+1,2 \cdot 10^{-2} \text{J}$

EXERCICE 11

- 1) $w(\vec{P}) = -1600 \text{J}$; $P(\vec{P}) = -20 \text{W}$
- 2) $W(\vec{F}) = 1920 \text{J}$
- 3) $\omega = 1 \text{ rad/s}$; $P(\vec{F}) = 24 \text{W}$

EXERCICE 12

- 1) a) $\omega = 12 \text{ rad/s}$
b) $V_B = 0,24 \text{ m/s}$
c) $M(C) = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}$
d) $W(C) = 0,188 \text{ J}$
- 2) a) $W(\vec{f}) = -0,144 \text{J}$
b) $P_m(\vec{f}) = -17,9 \text{ mW}$
c) -36 mW

EXERCICE 13

- 1) 0,25J
- 2) 0,2J
- 3) -0,161J
- 4) 0,289J
- 5) 0,064J ($W_{OABC} \neq W_{OC}$)

EXERCICE 14

- 1) 34,2N/m
- 2) Mouvement oscillatoire autour de la position d'équilibre d'amplitude 6 cm.
-0,042J ; -0,218J

EXERCICE 15

- 1) 20N/m
- 2) $25 \cdot 10^{-3} \text{J}$
- 3) $84 \cdot 10^{-3} \text{J}$

EXERCICE 16

- 1) Le poids et la tension
- 2) $W_p = 0,459 \text{J}$; $W_T = 0$

EXERCICE 17

- 1) 1,6 tour par seconde (la fréquence)
- 2) 47J
- 3) 118,1W

Énergie cinétique: théorème de l'énergie cinétique

EXERCICE 18

- 1) 4,43 m/s
- 2) 0,65 m

EXERCICE 19

- 1) 1,26 m/s
- 2) 4,38 m/s

EXERCICE 20

- 1) 0,85 m/s
- 2) 0,37 N

EXERCICE 21

Le coup de maillet a permis de communiquer à la tige une vitesse angulaire de 9,9 rad/s

EXERCICE 22

- 1) 38,8 rad/s (soit 371 tr/min)
- 2) $-3,8 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}$

EXERCICE 23

- 1) $5,42 \cdot 10^2 \text{ N}$
- 2) 4,6 m

EXERCICE 24

- 1) $P_T = 392 \text{N}$; $P_N = 679 \text{N}$
- 2) $R_T = 203,7 \text{N}$

- 3) 30,7 m/s (elle ne dépend pas de la masse)
 4) a) 21 m/s ; b) 11,9 m/s

EXERCICE 25

- 1) $T_1 = 6480\text{N}$
 2) 5880N
 3) 5760N
 4) 1^e phase : $W_p = -11760\text{J}$; 12960J
 2^e phase : 117600J
 3^e phase : $W_p = -58800\text{J}$; 57600J
 $\Delta E_c = \sum W = 0$

EXERCICE 26

- 1) $V_B = V_C = 10\text{ m/s}$
 2) a) $v_B = \sqrt{r\left(g - \frac{2f\pi}{3m}\right)}$
 b) $v_C = \sqrt{gr - \frac{2f}{m}\left(\frac{\pi r}{3} + L\right)}$
 c) $f = 26\text{ N}$

EXERCICE 27

- 1) $Z_B = R(1 - \cos\theta)$
 $Z_C = Z_B + \ell_1 \sin\alpha$
 $Z_E = Z_C + \ell_2 \sin\beta$
 2) mgz_E
 3) En lui donnant l'allure d'un plan incliné de A en D.

EXERCICE 28

- $\ell = 1,74\text{ m}$
 EXERCICE 29
 1) rectiligne uniforme (principe d'inertie)
 $v_A = 0,632\text{ m/s}$
 2) distance totale franchie par le mobile
 $\ell = 20\text{ cm}$.

EXERCICE 30

- 1) 18 cm
 2) 0,79 m/s
 3) Le wagonnet franchit 12,2 cm au total (donc il atteint une position située à 7,2 cm de sa position d'équilibre)

EXERCICE 31

- 1) $\omega = \frac{2\theta}{\ell} \sqrt{\frac{3C}{m}}$
 2) $\omega = \frac{\theta}{\ell} \sqrt{\frac{2C}{\left(\frac{m}{6} + M\right)}}$

EXERCICE 32

- 1) 2,7 rad/s
 2) 3,1 rad/s

EXERCICE 33

- 1) $\omega = 2\sqrt{\frac{(\cos\alpha - \cos\alpha_m)g}{3R}}$

2) $v = 4\sqrt{\frac{Rg}{3}(\cos\alpha - \cos\alpha_m)}$

EXERCICE 34

- 1) 0,628 m/s
 2) $4 \cdot 10^{-2}\text{ Nm}$
 3) 0,63 tour

EXERCICE 35

- 1) 41,7 rad/s
 2) 17,0 Nm

EXERCICE 36

- 1) $\frac{1}{2}mv^2 - mg\ell$
 2) $\frac{1}{2}J\omega^2$
 3) $\ell = r\omega t = vt \rightarrow v = r\omega$

4) $v = \sqrt{\frac{2mg\ell}{m + \frac{J}{r^2}}} = 6,72\text{ms}^{-1}$

EXERCICE 37

L'ouvrier exerce une force constante d'intensité 511 N

Energie mécanique : Théorème de l'énergie mécanique

EXERCICE 38

$L = AC = 9,55\text{ m}$

EXERCICE 39

- 1) $E_{m1} = 0,435\text{ J}$
 2) $\theta_m = 43,7$: mouvement oscillatoire, de part et d'autre de sa position d'équilibre, d'amplitude θ_m .
 3) $v_1 = 7,37 \cdot m/s$

EXERCICE 40

- 1) $V_{ox} = V_0 \cos\alpha$; $V_{oz} = V_0 \sin\alpha$

2) $Z_s = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

3)

α	30	60
Z_s	2,87	8,61

- 4) $V_0 = V_D = 15\text{ m/s}$

EXERCICE 41

- 1) Origine des espaces et énergie potentielle : l'horizontale
 2) 3,73 m
 3) $\Delta E = -20,56\text{ J}$ (énergie perdue par le travail des forces de frottement)

EXERCICE 42

- 1) $E_{cmin} = 1\text{ J}$; $E_{cmax} = 4\text{ J}$; non
 2) $E_{cmax} = 2\text{ J}$; $d \in [-2,5\text{ cm}; +2,5\text{ cm}]$
 $E_c = 0,6\text{ J}$; $E_p = 1,4\text{ J}$

EXERCICE 43

- 1) A(1,732 m ; 1,000 m)
 B(-2,819 m ; 1,026 m)
 2) $x > 0$ $E_p = mgx \tan 30^\circ$
 $x < 0$ $E_p = -mgx \tan 20^\circ$

- 3) $\Delta E_p = -0,0255 \text{ J}$ (l'énergie potentielle diminue quand on passe de B à A).

EXERCICE 44

1) $m' = \frac{mz}{L}$

2) $E'_p = m'g \frac{z}{2} = \frac{mgz^2}{2L}$

3) $E_p = mg \left(z - \frac{L}{2} \right)$

EXERCICE 45

1) $\theta_1 = 108,4^\circ$

- 2) Les deux positions extrêmes sont dans le même plan horizontal.

EXERCICE 46

$v = 1,71 \text{ m/s}$

EXERCICE 47

1) $E_m = 122,5 \text{ J}$

- 2) Pas de frottements, pas de dissipation d'énergie mécanique, elle se conserve. $v_1 = v_2 = 2,8 \text{ m/s}$

EXERCICE 48

1) $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ J}$

2) $0,35 \text{ m/s}$

3) $0,32 \text{ m/s}$

EXERCICE 49

$v = 1,26 \text{ m/s}$

EXERCICE 50

1) 34 N/m

2) $0,92 \text{ m/s}$

3) $17,2 \text{ cm}$

4) $0,78 \text{ m/s}$

EXERCICE 51

1) -38°

2) 76°

EXERCICE 52

1) $AA_1 = 3,29 \text{ m}$

2) $W(\vec{R}_B) = W(\vec{R}_N) = 0$; $W(\vec{f}) = -132 \text{ J}$

- 3) Référence : le sol

$E_{m1} = 460 \text{ J}$; $E_{m2} = 329 \text{ J}$

EXERCICE 53

1) 300 m

2) 335 N

3) $1,01 \cdot 10^5 \text{ J}$

4) $W(\vec{R}) = 0$; $W(\vec{T}) = 1,01 \cdot 10^5 \text{ J}$

5) 1676 W

EXERCICE 54

1) $11,5 \text{ m}$

2) $7,40 \text{ m/s}$

EXERCICE 55

1) $3,75 \text{ m}$

2) $0,714 \text{ m}$

3) $3,3 \text{ m/s}$

- 4) $v'_C < v_C$: E_m a donc diminué il y a des frottements. E_d (énergie dégradée) $E_d = 0,16 \text{ J}$

Elle s'est transformée en énergie d'agitation thermique.

EXERCICE 56

1) $v_B = 2,86 \text{ m/s}$; $v_C = 2,14 \text{ m/s}$

2) $CD = 0,356 \text{ m}$

3) $CG = 0,807 \text{ m}$

EXERCICE 57

1) $E_m(A) = 1,40 \text{ J}$

2) $E_m(B) = 0,128 \text{ J}$

- 3) $\Delta E = -1,27 \text{ J}$ (l'énergie perdue par l'existence de frottements)

EXERCICE 58

1) $0,96 \text{ J}$; $0,80 \text{ J}$; 17%

2) $0,82 \text{ m}$

EXERCICE 59

1) $16,67 \text{ J}$

2) 85 cm au dessus de l'axe Δ

3) $\omega_{\max} = 5,27 \text{ rad/s}$ pour $z_B = -1,4 \text{ m}$

4) $6,42 \text{ m/s}$

5) $v_1 = 7,67 \text{ m/s}$; $v_2 = 11,88 \text{ m/s}$

EXERCICE 60

1) $13,53 \text{ m/s}$

2) $0,89 \text{ N}$

3) 56 cm

Calorimétrie : échanges thermiques

EXERCICE 61

1) $\Delta E = -0,324 \text{ J}$

2) $m = 0,98 \text{ mg}$

EXERCICE 62

a) $\Delta E = -4900 \text{ J}$

- b) Température finale du plomb obtenu à l'état liquide : $\theta_2 = 607,5^\circ \text{C}$

EXERCICE 63

1) $\Delta E = -300 \text{ kJ}$; $|P| = 75 \text{ kW}$

2) $Q = 300 \text{ kJ}$

Les freins sont portés à haute température : l'énergie liée à la structure interne des freins augmente.

EXERCICE 64

1) 159 J/K

2) $2,37 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

EXERCICE 65

1) $5,29 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

2) $4,3 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1}$

3) $3,74 \cdot 10^9 \text{ J}$

EXERCICE 66

- 1) $2,3 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Permet la détermination même si on ignore la valeur de la capacité thermique du calorimètre.

2) $278 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$; $23,8^\circ$

EXERCICE 67

1) 0°C

2) 327 kJ.K^{-1} (ne pas oublier l'échauffement de l'eau de fusion de la glace de 0 à $28,8^\circ\text{C}$)

EXERCICE 68

1) $130 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

2) $6,25.10^7 \text{ J}$

EXERCICE 69

1) 0°C ; $m_{\text{restante}} = 29\text{g}$

2) $5,2\text{g}$ d'eau se congèle à la température de 0°C . $m_{\text{finale de glace}} = 35,2\text{g}$

EXERCICE 70

1) $329,5 \text{ kJ.K}^{-1}$

2) $2,17 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

3) 0°C ; $m_{\text{restante}} = 9,3\text{g}$

EXERCICE 71

1) $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

2) $2,04.10^3 \text{ kJ/mol}$

EXERCICE 72

1) $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

- la réaction entre les ions H_3O^+ et OH^- est exothermique donc la température augmente avant la neutralisation (réaction a lieu) et décroît après (plus de réaction, le milieu se refroidit)
- $v = 80 \text{ mL}$

2) $56,3 \text{ kJ/mol}$

3) $18,9^\circ\text{C}$

EXERCICE 73

1) $36,7^\circ\text{C}$

2) $33,3 \text{ J/K}$

3) $392 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

4) $22,7^\circ\text{C}$

5) 0°C ($24,3 \text{ g}$ de glace se fusionne)

6) 0°C ($21,5 \text{ g}$ de glace se fusionne)

EXERCICE 74

1) $3,4^\circ\text{C}$

2) $m_{\text{glace}} = 17,2 \text{ g}$; $m_{\text{eau}} = 122,8\text{g}$

3) 0°C et $2,26\text{g}$ d'eau se congèle

Force et champ électrostatiques

EXERCICE 75

1) $E = 2,46.10^5 \text{ V/m}$; $\alpha = 22,1^\circ$

2) $F = 2,19.10^{-3} \text{ N}$

EXERCICE 76

1) $E = 4,12.10^3 \text{ V/m}$; $\alpha = 13,6^\circ$

2) $F = 1,32.10^{-15} \text{ N}$

EXERCICE 77

On trouve suivant les trois cas $q = 1,6.10^{-7} \text{ C}$

EXERCICE 78

1) $E = 9,18.10^7 \text{ V/m}$; $8,89.10^7 \text{ V/m}$; il

n'existe pas de point tel que $\vec{E} = \vec{0}$

2) $E = Kaq/[(a/2)^2 + y^2] = 7,68.10^6 \text{ V/m}$

EXERCICE 79

1) $2,52.10^5 \text{ V/m}$

2) 18.10^3 V/m ; $29,25.10^3 \text{ V/m}$

3) 9.10^4 V/m

4) $93,75.10^3 \text{ V/m}$

EXERCICE 80

1) $2,59.10^{-3} \text{ N}$

2) $1,47.10^5 \text{ V/m}$

3) $Q < 0$; $-1,6.10^{-6} \text{ C}$

EXERCICE 81

1) $8,65.10^{-8} \text{ C}$

2) $8,42.10^3 \text{ V/m}$; vecteur ascendant

3) $4,06^\circ$

EXERCICE 82

1) Vertical ; horizontal

2) $E_2 = 2.10^4 \text{ V/m}$; $E = 25.10^3 \text{ V/m}$

3) $(\vec{f}_e \cdot \vec{E}_1) = 18,4^\circ$; $0,65 \text{ N}$

EXERCICE 83

1) $2,3.10^{-8} \text{ C}$; $5,74^\circ$

2) $4,39.10^3 \text{ V/m}$

EXERCICE 84

1) $|M| = 2qEl\cos\alpha$

2) 0

3) 2.10^{-4} C

EXERCICE 85

1) $9,8 \text{ V/m}$

2) Non

EXERCICE 86

1) $1,2.10^6 \text{ V/m}$

2) 0

EXERCICE 87

1) Non

2) 8.10^{-8} C

3) Torsion en sens inverse ; pas de torsion

EXERCICE 88

1) $8,54.10^4 \text{ V/m}$

2) a) $1,56.10^5 \text{ V/m}$

b) $3,12.10^{-4} \text{ N}$

EXERCICE 89

1) C est à 40 cm de A et à 20 cm de B

2) Non

Travail et énergie potentielle électrostatique

EXERCICE 90

1) $7,8.10^{-6} \text{ J}$

2) 78 V

EXERCICE 91

1) 5000 V/m

2) 100 V ; 350 V ; 250 V

3) $7,3.10^6 \text{ m/s}$; $1,2.10^7 \text{ m/s}$;

$1,33.10^7 \text{ m/s}$

EXERCICE 92

1) P_A : plaque positive

2) $1,09.10^{-22} \text{ g}$; $1,06.10^{-24} \text{ N}$

3) a) 5.10^4 V/m ; $1.6.10^{-14} \text{ N}$

b) de A vers C

c) $1,08.10^5 \text{ m/s}$

d) $1,08.10^5 \text{ m/s}$; $76,6.10^3 \text{ m/s}$

EXERCICE 93

- 1) poids, force électrostatique
- 2) plaque supérieure
- 3) $3,3 \cdot 10^{-14}$ kg
- 4) $2 \mu\text{m}$
- 5) $- 8 \cdot 10^{-19}$ C ; diviser par 2 la distance et garder la même d.d.p.

EXERCICE 94

- 1) $- 56,6$ V ; $- 113$ V
- 2) $17 \cdot 10^{-5}$ J ; $17 \cdot 10^{-5}$ J ; $34 \cdot 10^{-5}$ J

EXERCICE 95

- 1) 10^4 V/m
- 2) $1,6 \cdot 10^{-15}$ N ; P négligeable par rapport à F ; électrons déviés vers le haut
- 3) $V_0 = V_K$; $1,3 \cdot 10^2$ V ; $- 1,3 \cdot 10^2$ V
- 4) $6,76 \cdot 10^6$ m/s
- 5) Rectiligne ; $10,4$ cm

EXERCICE 96

- 1) $1,03 \cdot 10^4$ V/m
- 2) $5 \cdot 10^4$ V/m
- 3) $3,2 \cdot 10^{-15}$ J ; $2 \cdot 10^4$ eV

EXERCICE 97

- 1) $3,2 \cdot 10^{-19}$ C
- 2) $1,61 \cdot 10^7$ m/s
- 3) $6 \cdot 10^5$ V

EXERCICE 98

- 1) 120 V
- 2) a) $240 - 3000$ x
b) segment de droite décroissante

EXERCICE 99

- 1) $2 \cdot 10^4$ V/m
- 2) $\alpha = 11,5^\circ$
- 3) $8 \cdot 10^{-6}$ J

EXERCICE 100

- 1) Eviter les freinages
- 2) $3,44$ eV
- 3) $U < 0$
- 4) $3,44$ V
- 5) 926 km/s

EXERCICE 101

- 1) Plaque supérieure
- 2) $- 4$ e

EXERCICE 102

- 1) $1,44 \cdot 10^{-17}$ N
- 2) $P \ll F$
- 3) $5,44 \cdot 10^6$ m/s

EXERCICE 103

- 1) $1,6 \cdot 10^{-17}$ J
- 2) $1,03$

EXERCICE 104

- 1) $2,56 \cdot 10^{-17}$ J ; $- 3,2 \cdot 10^{-17}$ J ; $- 6,4 \cdot 10^{-8}$ J
- 2) $- 2,56 \cdot 10^{-17}$ J ; $3,2 \cdot 10^{-17}$ J ; $6,4 \cdot 10^{-8}$ J
- 3) $6,4 \cdot 10^{-18}$ J ; $12,8 \cdot 10^{-18}$ J
- 4) $2,56 \cdot 10^{-17}$ J ; $3,2 \cdot 10^{-17}$ J

EXERCICE 105

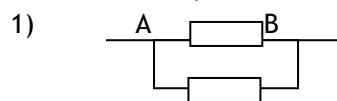
- 1) A est la plaque négative
- 2) $v = v_0$

Energie électrique mise en jeu dans un dipôle

EXERCICE 106

- 1) $2,68$ W
- 2) $3,27$ V

EXERCICE 107



- 2) $R_1 = 53,8 \Omega$; $R_2 = 32,3 \Omega$
- 3) $I = 10,9$ A (on peut calculer I à l'aide des puissances et la loi des nœuds)

EXERCICE 108

- 2) $94,2$ kJ
- 3) 448 W
- 4) 108Ω

EXERCICE 109

- 1) 1877 A
- 2) $8,65 \cdot 10^6$ FCA

EXERCICE 110

- 1) 3Ω et 33Ω
- 2) $I = 0,42$; $I_1 = 5$ A et $I_2 = 0,45$ A

EXERCICE 111

- 1) 10Ω
- 2) 22 V
- 3) $24,2$ V

EXERCICE 112

- 1) $1,2 \cdot 10^3$ kJ.kg⁻¹.K⁻¹
- 2) 208 JK⁻¹

EXERCICE 113

- 1) 54 V
- 2) 14 V
- 3) $71,4$ s

EXERCICE 114

- 1) $13,6$ A
- 2) 206 V
- 3) $6,66$ kJ

EXERCICE 115

- 1) 1587 W
- 2) 53 V

EXERCICE 116

- 1) D_1 : récepteur ; D_3 générateur
- 2) $U_{AB} = 10$ V ; $U_{BC} = 8$ V ; $U_{CD} = -8$ V ; $U_{DE} = 20$ V ;
- 3) $P_1 = 20$ W
- 4) $U_{AE} = 30$ V et $P_{el} = 60$ W

Globalement ce dipôle est un récepteur.

EXERCICE 117

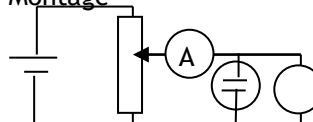
- 1) I : vers P \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow N \rightarrow P ; $I = 0,5$ A
- 2) 4 W
- 3) 28 min

EXERCICE 118

- 2) $E' = 2,025 - 0,45r'$
- 3) $r' = 0,125 \Omega$; $E' = 2$ V
- 4) $E_1 = 516$ J ; $E_2 = 243$ J ; $E_3 = 270$ J

EXERCICE 119

- 1) Montage



V

- 2) $U = 1,7 + 2,5 I$
 3) $E' = 1,7 \text{ V}$ et $r' = 2,5 \Omega$
 4) a) 625 mA
 b) 2,23 W
 c) 664 mW
 d) 1,56 W

EXERCICE 120

- 1) $U_{CD} = E' + r' I_2 = R I_1 = E - r I$
 $I = 1,47 \text{ A}$; $I_1 = 0,866 \text{ A}$; $I_2 = 0,604 \text{ A}$; $U_{CD} = 12,1 \text{ V}$
 2) 16,56 h
 3) 40,7%

EXERCICE 121

- 1) $E' = 1,5 \text{ V}$; $r' = 2 \Omega$
 2) $U_{PN} = E < E'$: le récepteur n'est pas traversé par un courant.
 $I_2 = 0$ et $I_1 = I = 0,11 \text{ A}$
 3) $U_{PN} = E > E'$: I_2 existe.
 $I_1 = 0,2 \text{ A}$; $I_2 = 0,25 \text{ A}$; $I = 0,45 \text{ A}$
 4) 2700 J

EXERCICE 122

- 1) $I_2 = 0$; $I_1 = I = 0,24 \text{ A}$ (vérifier que $U_{AB} = 1 \text{ V} < E' = 1,5 \text{ V}$)
 2) Pour que l'électrolyseur convertisse de l'énergie électrique, il faut $U_{AB} \geq 1,5 \text{ V}$
 $R_0 \leq 1,33 \Omega$.

EXERCICE 123

- 1) $U_{AB} = E'_1 + r_1 I_1 = E'_2 + r_2 I_2$
 $2I_1 - I_2 = 1$
 2) $U_{AB} = E - r(I_1 + I_2)$; $2I_1 + I_2 = 2$
 3) a) $I_1 = 0,75 \text{ A}$; $I_2 = 0,5 \text{ A}$
 b) 3,5 V
 c) 262,5 J

EXERCICE 124

- 1) $0,76 \Omega$; 3,3 V
 2) 144 V ; $E' = 141 \text{ V}$; $P_u = 211,5 \text{ W}$; 64,3%

EXERCICE 125

- 1) a) $I_1 = 0 \text{ A}$; $I_2 = I = 0,25 \text{ A}$
 b) $E > 2 \text{ V}$
 c) $I_1 = 2 \text{ A}$; $I_2 = 0,75 \text{ A}$; $I = 2,75 \text{ A}$
 2) a) $I_1 = 0 \text{ A}$; $I = I_2 = 0,2 \text{ A}$
 b) $E > 2,5 \text{ V}$
 c) $I_1 = 0,31 \text{ A}$; $I_2 = 0,54 \text{ A}$; $I = 0,85 \text{ A}$

EXERCICE 126

- 1) $I = 0 \text{ A}$
 2) Quand E' croît alors I diminue
 3) a) $10 I^2 - 110 I + P_u = 0$
 b) $\mathcal{P}_0 = EI$; $10 I^2 - 110 I + \mathcal{P}_0 = 0$ cette équation donne deux solutions suivant deux régimes différents.
 c) $I_1 = 0,5 \text{ A}$; $I_2 = 10,5 \text{ A}$; $E'_1 = 105 \text{ V}$;
 $E'_2 = 5 \text{ V}$; rendements: 95,4% et 4,54%
 4) $P_u = -10 I^2 + 110 I$ (tracer la courbe)

EXERCICE 127

- 1) a) $I = 6 \text{ A}$
 b) $I = 3 \text{ A}$
 2) a) $I_1 = 6,8 \text{ A}$; $I_2 = 2,8 \text{ A}$; $I = 4 \text{ A}$

- 3) b) $R = 1,33 \Omega$
 a) $9 I^2 - 80 I + 5 P_u = 0$
 b) $\mathcal{P}_{U_{\max}} = 35,5 \text{ W}$
 c) $I_1 = 676 \text{ mA}$; $I_2 = 8,21 \text{ A}$