

Résolution de problèmes

Vous trouverez dans ce document une compilation de problèmes peu guidés voire ouverts classés par thématique, dans lesquels nous piocherons au cours de l'année, soit pour des séances d'entraînement, soit pour les devoirs surveillés.

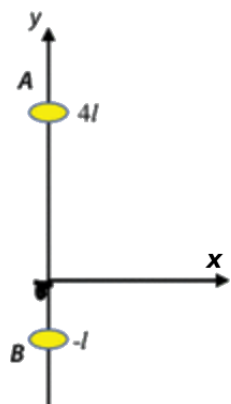
MÉCANIQUE

Cinématique

PB 1 – Moitié moitié

Une pierre est lancée verticalement. Durant la dernière seconde du vol, la pierre parcourt la moitié de la distance totale parcourue pendant tout le vol. Quelle est la durée maximale du vol ?

PB 2 – Défi entre deux frères



Deux scarabées A et B tiennent chacun une extrémité d'un ruban légèrement tendu sur une table horizontale. Leur position respective initiale est $B = (0; -\ell)$ et $A = (0; 4\ell)$ (cf figure). Un nœud a été noué, initialement situé à l'origine. Les insectes se mettent à courir simultanément. Le scarabée A se dirige selon la direction \vec{e}_y avec une accélération a inconnue. Le scarabée B court avec une vitesse v (considérée immédiatement acquise) dans la direction \vec{e}_x . Au cours de leur course, le nœud passe au point $(2\ell; \ell)$.

Trouver l'accélération de A .

PB 3 – Course d'araignées

Deux araignées, Alex et Ben, participent à une course amicale. On dessine un large cercle de rayon R sur le sol. Alex court à une vitesse v en restant toujours sur le cercle. Simultanément, Ben démarre depuis le centre du cercle et court en

direction d'Alex à la vitesse $u < v$. Les deux amis démarrent en même temps. Au bout d'un moment, Ben remarque que la distance entre eux ne change plus. Quelle est cette distance ?

PB 4 – Lancer de pierre sans frottement

On lance une pierre depuis le sol à la vitesse v selon un angle θ avec l'horizontale. On remarque qu'après une certaine durée Δt , la distance entre la pierre et sa position initiale se met à décroître.

Trouver Δt .

PB 5 – Traversée d'une rivière

Un pêcheur en bateau traverse deux fois une rivière de largeur d . Pendant sa première traversée, son but est de minimiser son temps de trajet. La durée obtenue est Δt . Pendant la seconde, son but est de minimiser la distance de dérive due au courant. La durée est alors $3\Delta t$.

Quelle est la vitesse du courant dans la rivière ? Trouver toutes les réponses possibles.

Rappel (de SPE) : la composition des vitesses entre les référentiels en translation l'un par rapport à l'autre s'écrit

$$\vec{v}_{M/\text{rive}} = \vec{v}_{M/\text{eau}} + \vec{v}_{\text{eau}/\text{rive}}$$

PB 6 – Record dangereux

Un motard cherche à battre un record de vitesse sur une piste circulaire. Il démarre à l'arrêt.

Quelle proportion de la piste complète va-t-il parcourir avant d'atteindre la vitesse maximale qu'il ne doit pas dépasser compte tenu de sa masse et du coefficient de frottement solide pneu-piste ? On considère que la moto est positionnée de façon optimale.

Balistique

Sauf mention explicite du contraire, dans les problèmes suivant on pourra négliger l'influence des frottements de l'air, et supposer connue l'intensité du champ de pesanteur g .

PB 7 – Feu d'artifice

Un projectile lancé depuis le sol explose en trois fragments de masses égales au sommet de sa trajectoire. L'un des fragments atteint le sol au bout d'une durée

Δt après l'explosion ; les deux autres atterrissent simultanément au bout d'une durée $2\Delta t$ après l'explosion.

Qu'elle est l'altitude de l'explosion ?

PB 8 – Catapulte

Une catapulte posée sur un sol plat est capable de lancer une pierre à une distance maximale L .

Quelle serait la portée maximale si la catapulte était installée sur une plate-forme avançant en avant à une vitesse égale à la vitesse de lancer de la pierre ?

PB 9 – Saut de puce

Une puce souhaite sauter par dessus un tronc cylindrique de rayon R tombé en travers de la route.

Quelle est la vitesse v minimale permettant à la puce de franchir le tronc, en supposant qu'elle est assez intelligente pour choisir un emplacement de décollage optimal ?

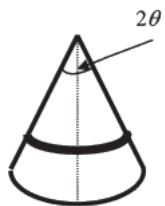
PB 10 – Attendez une seconde

Une pierre est lancée verticalement vers le haut. On note d_1 la distance parcourue pendant la première seconde du vol, et d_2 celle parcourue pendant la seconde seconde. On se place dans la situation où le vol a une durée maximale de 2 secondes.

Quel est le rapport $\frac{d_1}{d_2}$ maximal possible ? Quelle est la vitesse initiale qui correspond à ce rapport ?

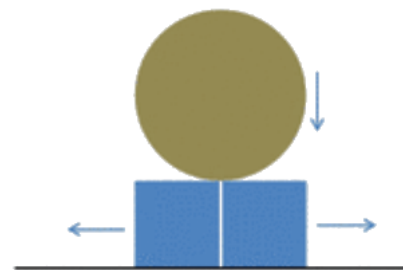
_____ *Systemes sans frottements* _____

PB 11 – Bracelet élastique sur cône



Un bracelet élastique de raideur k et de masse m forme un anneau de rayon r lorsqu'il est au repos. On le place horizontalement sur un cône sans frottement d'axe vertical et de demi-angle au sommet θ . Quel est le rayon R de l'anneau lorsqu'il trouve sa position d'équilibre ?

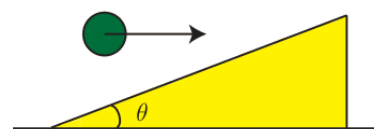
PB 12 – Une boule et deux cubes



Deux cubes de masse m et de rayon r presque accolés sont posés sur une surface plane horizontale. On pose délicatement au milieu d'eux une boule de masse m et de rayon r . Chaque solide est homogène et on néglige les frottements entre toutes les surfaces. La boule descend en repoussant les cubes de part et d'autre.

Calculer la vitesse v de la boule au moment où elle touche la table.

PB 13 – Collision sur plan incliné

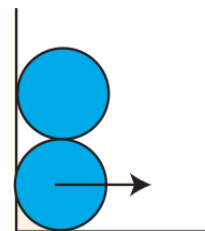


Un plan incliné formant un angle θ est posé sur une surface horizontale parfaitement glissante. Une balle élastique frappe le plan avec une vitesse horizontale juste avant l'impact, puis retombe au même point que le point d'impact initial.

Trouver le rapport entre les masses de la balle et du plan incliné.

Rappel : lors d'une collision élastique, la quantité de mouvement totale mais aussi l'énergie cinétique sont conservées.

PB 14 – Empilement dangereux

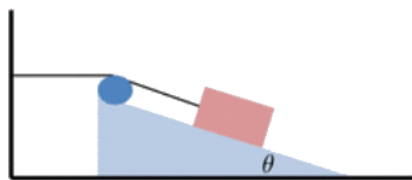


Deux cylindres identiques de rayon R sont placés l'un sur l'autre en appuis contre un mur comme illustré ci-contre. On suppose qu'il n'y a aucun frottement sur les surfaces de contacts. Après une perturbation le cylindre du bas se met à glisser vers la droite.

Trouver la vitesse maximale atteinte par le cylindre du bas.

PB 15 – Une machine de Shadoks

Le système représenté consiste en un coin solide posé sur une surface horizontale, et un bloc connecté à un mur via une corde inextensible passant sur une poulie sans masse.

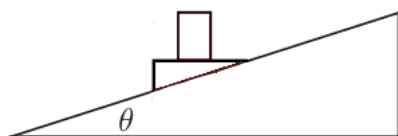


La partie gauche de la corde est horizontale et la droite est inclinée du même angle θ que le plan incliné du coin. Le coin et le bloc ont la même masse. Lorsque le système est libéré à partir d'un état statique, le bloc se met à glisser sur le coin.

En négligeant toute forme de frottement, trouver l'accélération du coin.

_____ *Systèmes avec frottements solides* _____

PB 16 – Glissade contrôlée

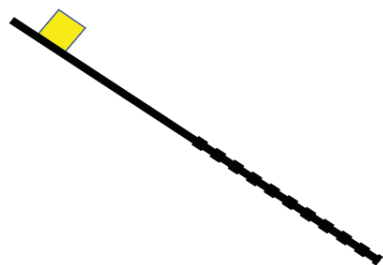


Un bloc solide est posé sur un coin solide glissant sans frottement sur un plan incliné d'un angle θ par rapport à l'horizontale. Durant la glissade, le bloc ne bouge pas par rapport au coin.

Trouver la valeur minimale du coefficient statique de frottement solide f_s entre le bloc et le coin, pour que ce mouvement soit possible.

PB 17 – Glissade sur terrain rugueux

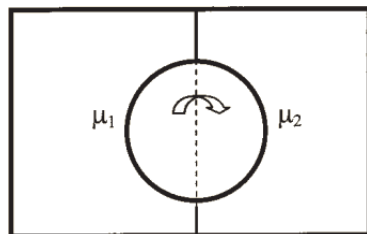
Un petit bloc solide est déposé sans vitesse au dessus d'un plan incliné dont la première moitié est lisse et l'autre moitié rugueuse.



Il glisse jusqu'en bas pendant une durée t_1 . Sur la première moitié, l'accélération est trois fois supérieure à celle sur la seconde moitié. Puis on pivote le plan de sorte que l'inclinaison soit la même mais que la partie rugueuse soit en haut, et on lâche de nouveau le bloc en haut sans vitesse. La durée de la glissade est maintenant t_2 .

Trouver le rapport t_1/t_2 .

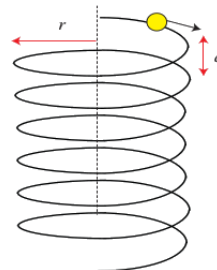
PB 18 – Le cauchemard du DJ



La surface d'une table est divisée en deux moitiés ayant des textures différentes. On place en plein milieu un disque fin uniforme horizontal en rotation autour de son axe de symétrie, vertical. Les coefficients de frottement solide sur chaque moitié sont notés μ_1 et μ_2 ($\mu_1 > \mu_2$).

Trouver l'accélération initiale à laquelle est soumis le centre d'inertie du disque au moment du contact.

PB 19 – Descente en spirale

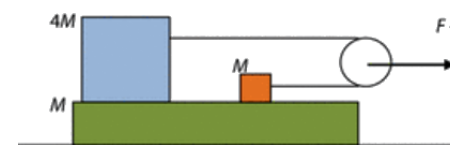


Une perle descend une hélice en fil de fer d'axe vertical, de rayon r et de pas d (distance entre deux spires adjacentes). La perle atteint une vitesse constante v .

Trouver le coefficient de frottement dynamique f_d .

PB 20 – Encore une machine de Shadoks

On place une plate-forme de masse M sur une surface parfaitement lisse, sur laquelle on néglige les frottements. On pose dessus deux blocs de masse respective $4M$ et M , dont la surface de contact est caractérisée par un coefficient de frottement solide statique $0,16$ et dynamique $0,10$.



Les blocs sont reliés par une corde de masse négligeable via une poulie sans masse et sans frottements, qui est tirée par une force F horizontale inconnue.

Sachant que l'accélération de la plate-forme est de $0,2g$, trouver la valeur de F et l'accélération de chaque bloc.

_____ *Oscillateurs* _____

PB 21 – Saut à l'élastique

Une étudiante en recherche de sensations fortes saute depuis un pont à la hauteur $H = 80,0$ m au dessus du niveau de l'eau. Ses pieds sont attachés au pont par l'intermédiaire d'un élastique ajusté de telle façon que l'étudiante atteint une vitesse nulle juste au moment où sa tête touche l'eau. Après quelques aller-retours, elle finit par se stabiliser à une hauteur $h = 20,0$ m au dessus de l'eau.

Quelle est la vitesse maximale qu'elle a atteint au cours du saut, si l'on néglige les frottements ?

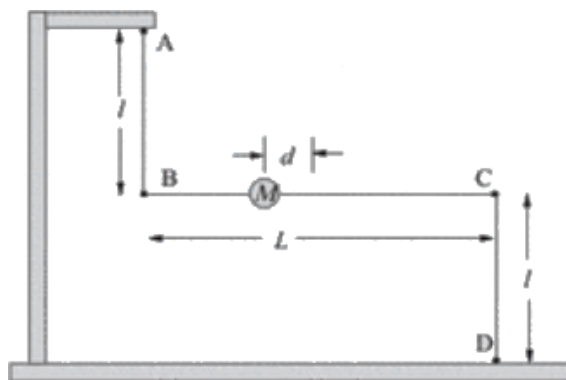
PB 22 – Pendule électrostatique

Une barre de masse négligeable et de longueur ℓ est suspendue à son extrémité supérieure via une liaison pivot. À l'autre extrémité, on y accroche une petite boule de masse m portant la charge q . Une autre boule portant une charge $-q$ est fixée à la distance ℓ directement au dessus du pivot. Après une petite perturbation, la barre se met à osciller dans le plan vertical.

Trouver la période de ces oscillations.

PB 23 – Touché par un angle

Un système est constitué de trois barres AB , BC et CD , de masse négligeable et de longueur respective ℓ , L et ℓ .



Elles sont reliées par des liaisons pivot idéales. Une petite boule de masse M est attachée à la barre BC à une distance d de son milieu. On perturbe légèrement le système depuis sa position d'équilibre, ce qui provoque des oscillations de petite amplitude dans le plan vertical.

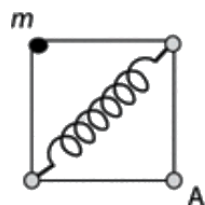
Trouver la période de ces oscillations.

PB 24 – Le pendule et le clou

Une petite bille de masse m est suspendue par un fil sans masse de longueur L via une liaison pivot parfaite. On place un clou horizontal à une distance d à la verticale du point de pivot, en dessous. Au départ, le fil est tendu horizontal, et on lâche la bille sans vitesse initiale.

À partir de quelle distance d le fil pourra-t-il s'enrouler au moins une fois autour du clou ?

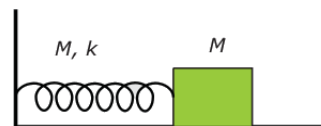
PB 25 – Masse et ressort



Quatre barres identiques de masse négligeable sont connectées via des liaisons pivot idéales. Un ressort sans masse de raideur k connecte deux sommets opposés. Une masse m est fixée à un troisième. On place l'ensemble du système sur une table parfaitement lisse sans frottement, et on le fixe au point A . On écarte alors légèrement la masse m dans la direction opposée au point A et on le lâche sans vitesse.

Comment de temps faut-il pour que la masse repasse par sa position initiale pour la première fois ?

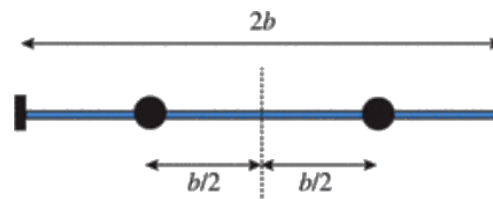
PB 26 – Oscillateur avec ressort massif



Un bloc de masse M est attaché à un ressort de masse M et de constante de raideur k . On le place sur une surface sans frottement. Quelle est la période des petites oscillations ?

PB 27 – 2b or not to 2b

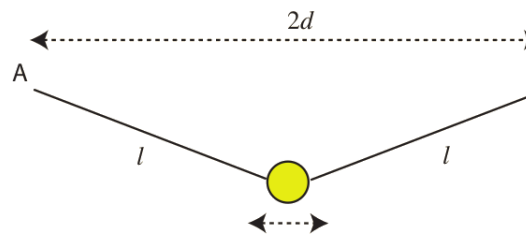
Une barre de masse négligeable et de longueur $2b$ peut tourner librement autour d'une liaison pivot d'axe vertical passant par son milieu. Deux petites boules de masse m peuvent glisser le long de cette barre sans frottement.



Les placés aux extrémités empêchent les boules de se séparer de la barre. Initialement, les boules sont placées à la distance $b/2$ de l'axe, et on communique une vitesse angulaire ω à la barre.

Trouver la période de révolution de la barre. On considèrera les collisions entre boules élastiques¹.

PB 28 – Expérience avec un collier



Une corde de longueur 2ℓ est suspendue aux points A et B , situés à la même hauteur et à une distance $2d$ ($d < \ell$). Une petite perle lourde peut glisser sur la corde sans friction.

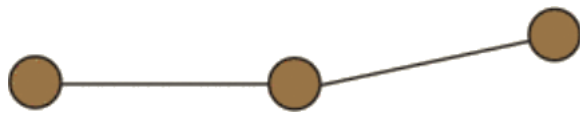
Trouver la période des petites oscillations dans le plan vertical.

PB 29 – Trois charges liées

Trois petites pièces identiques de masse m sont reliées par des fils sans masse non conducteurs, de longueur d chacun. Chaque pièce porte une charge q inconnue.

1. Rappel : une collision élastique doit conserver la quantité de mouvement et l'énergie cinétique totales.

L'ensemble est posé sur une surface non conductrice et sans frottements, avec un angle entre les fils très proche de 180° .



On lâche les pièces et l'ensemble se met alors à vibrer avec une période T .
Trouver la valeur de q .

Mouvements dans des champs

PB 30 – Charge freinée dans un champ magnétique

Une particule chargée pénètre dans une zone où elle subit une force de frottement constante. Elle s'arrête à une distance de 20,0 cm du point d'entrée. On répète l'expérience avec le même point d'entrée et la même vitesse d'entrée, mais en présence d'un champ magnétique perpendiculaire à la vitesse initiale de la particule. Cette dernière s'arrête alors à une distance 12,0 cm du point d'entrée. À quelle distance s'arrêterait-elle si on divisait par deux l'intensité du champ magnétique ?

PB 31 – Mouvement de deux charges dans un champ magnétique

Deux particules de même masse m et de charges opposées $\pm q$ sont placées dans un champ magnétique \vec{B} uniforme. Elles sont libérées simultanément sans vitesse initiale, à une distance L l'une de l'autre, leur position formant une droite orthogonale à \vec{B} .
Quelle est la distance L minimale permettant aux particules de ne pas entrer en collision ?

Forces newtoniennes

PB 32 – Frottement d'un satellite sur l'atmosphère

Un satellite décrit une orbite elliptique autour de la Terre, dont le périhélie se situe dans la haute atmosphère. Expliquer pourquoi sa trajectoire tend à devenir circulaire.

PB 33 – Équilibre d'un pendule chargé

Une petite boule de masse m chargée négativement est suspendue à une longue corde isolante, en équilibre. Une autre boule chargée négativement est approchée lentement par un étudiant en direction de la première, en partant d'une grande

distance. Finalement, l'étudiant place la seconde boule à l'emplacement initial de la première qui s'est alors élevée d'une petite hauteur h .

Quel est le travail apporté par l'étudiant pour réaliser ce déplacement ?

PB 34 – Double triple

Deux particules de charges opposées et de masses respectives m et $2m$ sont libérées à une distance d l'une de l'autre, avec une vitesse de norme v . Plus précisément, la vitesse de la particule $2m$ est alors dirigée dans la direction opposée à l'autre particule, alors que la vitesse de l'autre est perpendiculaire à la droite définie par les positions initiales. Dans le mouvement qui s'ensuit, il apparaît que les deux particules se trouvent deux fois à une distance mutuelle égale à $3d$.
Trouver les valeurs possibles de la charge de chaque particule.

PB 35 – Un saut de géant

Une planète sphérique sans rotation propre et sans atmosphère a une vitesse de libération v .

Quelle est la vitesse initiale minimale d'un projectile lancé depuis un des pôles lui permettant d'atterrir sur l'équateur ?

PB 36 – Collision entre un satellite et un astéroïde

Un satellite évolue en orbite circulaire autour d'une planète sphérique sans atmosphère de rayon R . Un astéroïde de même masse tombe selon une trajectoire radiale en direction de la planète. Sa vitesse lorsqu'il est très éloigné est très faible. Le satellite entre alors en collision inélastique avec l'astéroïde et les deux restent collés l'un à l'autre, se déplaçant sur une nouvelle orbite qui frôle la surface de la planète.

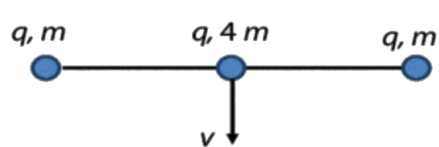
Quel était le rayon de la trajectoire initiale du satellite ?

PB 37 – Joyeux nouvel an

Imaginons que le Soleil voit sa masse doubler instantanément. Que deviendrait alors la durée d'une année terrestre ?

PB 38 – Mouvement de boules chargées liées

Considérons trois boules métalliques de masses respectives m , $4m$ et m , portant toutes une même charge q . Ces boules sont connectées par des fils non conducteurs de longueur d chacun et placées sur une table horizontale parfaitement lisse (frottements négligeables).

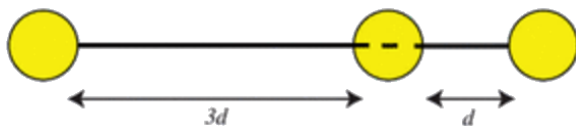


Initialement, les boules sont à l'équilibre et alignées comme indiqué ci-contre. Puis on communique à la boule centrale une vitesse v de direction perpendiculaire à l'alignement.

Quelle est la distance minimale atteinte entre les deux boules de masse m au cours du mouvement qui s'ensuit ?

PB 39 – Les trois comparses

Deux petites boules sont attachées aux extrémités d'une longue barre non conductrice. Une troisième boule placée entre les deux peut glisser le long de la barre sans frottement. Les trois boules sont non conductrices, de même masse m , et portent une charge q distribuée de façon uniforme à leur surface (donc assimilable à une charge ponctuelle). L'ensemble est posé sur une surface horizontale non-conductrice sur laquelle on néglige les frottements.



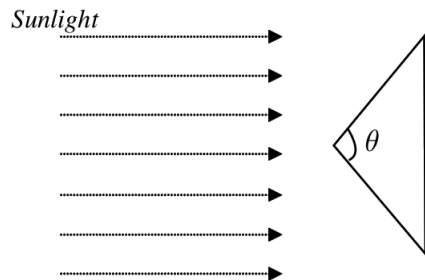
Initialement, les trois boules sont maintenues immobiles et positionnées comme indiqué ci-contre (distances $3d$ et d).

Trouver la vitesse maximale de la boule intermédiaire après que le système est libéré.

Mécanique quantique

PB 40 – Vaisseau spatial solaire

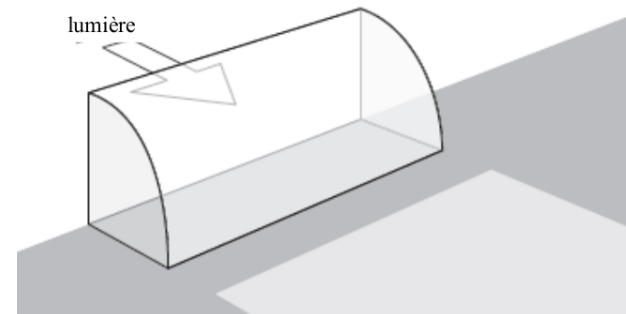
Un vaisseau spatial cône (du futur) utilise la pression de radiation solaire pour se propulser dans la direction opposée au soleil.



L'axe du cône est dirigé parallèlement aux rayons solaires. La surface du vaisseau est peinte en noir. Pour essayer d'augmenter leur accélération, les astronautes recouvrent la surface du cône avec un matériau très réfléchissant. À leur grand désespoir, l'accélération chute en fait de 30%. Trouver l'angle θ .

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

PB 41 – Ombre et lumière

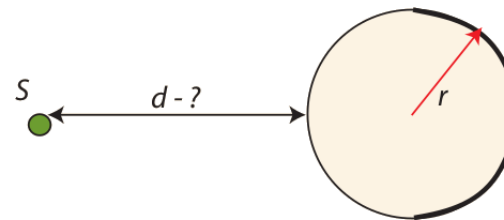


Un faisceau parallèle de lumière monochromatique arrive avec une incidence normale sur toute la face verticale d'un morceau de verre (indice de réfraction $n = 1,5$) ayant la forme d'un quart de cylindre de rayon $r = 5,0$ cm, de longueur $L = 10$ cm, posé sur une table. On s'intéresse à la lumière réfractée par le morceau de verre.

1. A quelle distance minimale du bord postérieure du cylindre la surface de la table sera-t-elle éclairée ?
2. Quelle est la surface de l'aire éclairée par la lumière réfractée ?

PB 42 – Image par un diamant catadioptrique

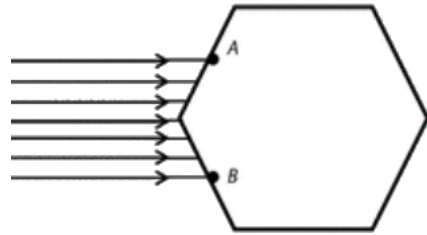
Un diamant d'indice $n = 2,4$ est poli jusqu'à être parfaitement sphérique de rayon r . L'un des hémisphères est couvert d'argent.



À quelle distance d du diamant doit-on placer une source lumineuse ponctuelle S pour que son image finale par l'ensemble du système se trouve confondue en S ?

PB 43 – Séparation amicale

Un faisceau parallèle horizontal de lumière monochromatique se propageant dans l'air pénètre dans un prisme, dont la forme est un cylindre vertical de section hexagonale régulière entre deux faces parallèles horizontales.

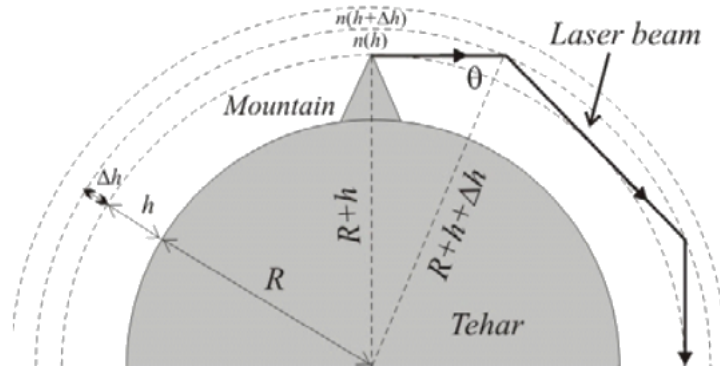


L'axe central du faisceau coïncide avec le sommet entre les limites du faisceau coïncident avec les points A et B , qui sont les milieux de deux faces adjacentes. La direction du faisceau est parallèle à la médiatrice du segment $[AB]$. Après la première réfraction, deux faisceaux parallèles séparés émergent du prisme.

Quel est l'indice de réfraction minimal du prisme qui puisse permettre cet effet ?

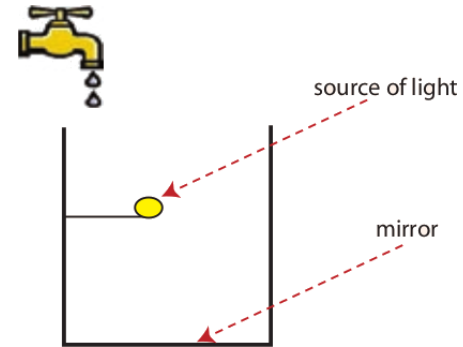
PB 44 – Orbite lumineuse

Sur la planète *Tehar*, de rayon R , l'indice de réfraction de l'atmosphère dépend de l'altitude selon $n(h) = n_0 - bh$, où b est un coefficient constant ($b \ll n_0/h$). Un scientifique teharien émet un faisceau laser horizontal depuis le sommet de la plus haute montagne. Il est alors surpris de découvrir que le laser a fait tout le tour de la planète et revient sur sa tête.



Quelle est la hauteur de la montagne ?

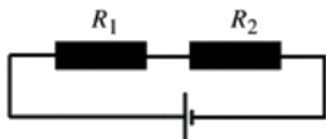
PB 45 – Lampe magique



Une petite source de lumière est fixée à l'intérieur d'un sceau cylindrique de hauteur h dont le fond est couvert par un miroir. Initialement le sceau est vide. Puis on le remplit lentement avec un liquide transparent d'indice de réfraction n . Le niveau monte lentement, et atteint le bord du sceau en une durée Δt . Quelle est la vitesse de l'image de la source pendant le remplissage ?

ÉLECTRICITÉ

PB 46 – $2 + 3 = 6$

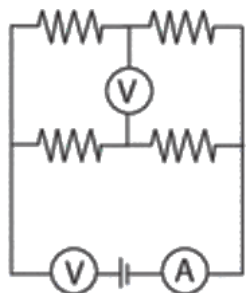


Le circuit ci-contre contient une batterie supposée idéale et deux résistors R_1 et R_2 .

On utilise un voltmètre pour mesurer successivement les tensions aux bornes de R_1 , puis de R_2 et enfin de la batterie. La valeurs obtenues sont respectivement 2,0 V, puis 3,0 V et enfin 6,0 V.

Quelles sont les tensions réelles aux bornes des résistors ?

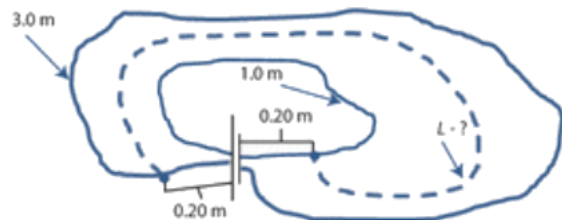
PB 47 – Pont de Wheatstone



Le circuit ci-contre contient quatre résistors dont deux ont une résistance R et deux autres $3R$. Les voltmètres sont identiques et indiquent 0,5 V et 3,0 V. L'ampère-mètre indique 6 mA. Trouver R .

PB 48 – Le plus long raccourci

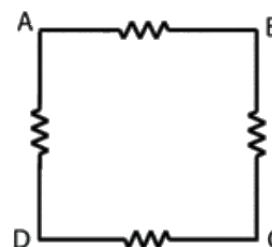
Deux morceaux de fil électrique, de longueur 1,0 m et 3,0 m, sont connectés en dérivation à une batterie supposée idéale.



On trace un repère sur le fil le plus court à 0,20 m du pôle droit de la batterie, et un second repère sur le fil le plus à 0,20 m du pôle gauche. On connecte alors les deux fils à l'aide d'un troisième entre ces deux repères.

Quelle doit être la longueur de ce troisième fil pour que la puissance dissipée soit maximale ?

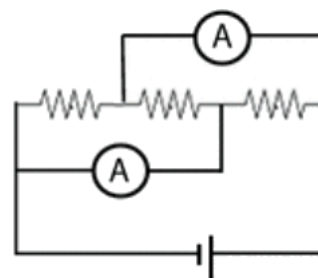
PB 49 – ABC... D



Le circuit ci-contre consiste en quatre résistors connectés par des fils parfaits. Lorsque l'on connecte une batterie idéale entre les points A et D ou bien entre les points B et C , le circuit consomme une puissance P . Si la même batterie est maintenant connectée soit entre A et B , soit entre C et D , alors le circuit consomme une puissance $2P$.

Quelle puissance serait consommée si la même batterie était connectée entre les points A et C ?

PB 50 – Trois résistors en série

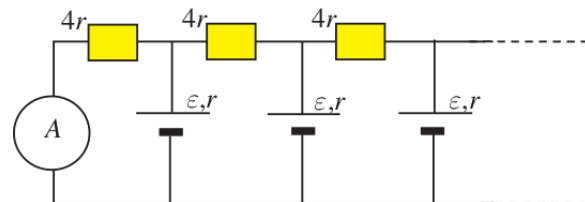


Un circuit contient trois résistors, deux ampère-mètres idéaux, et une batterie idéale. Les ampère-mètres indiquent 0,40 A et 0,60 A. Après qu'on a permuté deux résistors, chaque ampère-mètre indique la même valeur que précédemment.

Quelle courant est débité par la batterie ?

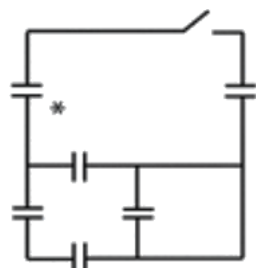
PB 51 – Chaîne infinie de générateurs

Le circuit ci-contre s'étant tellement loin vers la droite qu'il peut être considéré infini. Chaque batterie est de fem ε et de résistance interne r .



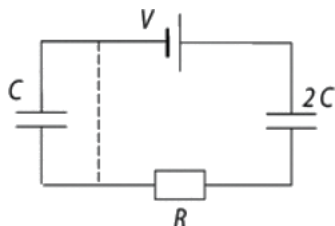
Chaque résistor a une résistance $4r$. L'ampère-mètre, supposé idéal, indique la valeur I du courant total. Que vaut ε , connaissant I et r ?

PB 52 – Réseau de condensateurs



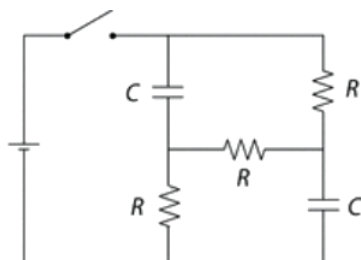
Dans le circuit ci-contre, tous les condensateurs sont identiques. Initialement, l'interrupteur est ouvert et le condensateur marqué est le seul chargé. Après qu'il a été fermé, un nouvel équilibre s'établit, et la charge sur le condensateur marqué (*) est maintenant Q . Quelle était sa charge initiale Q_0 ?

PB 53 – Un fil bouillant



Un circuit série consiste en deux condensateurs, un résistor, et une source idéale de tension de fem V . Les valeurs de V , C et R sont supposées connues. Quelle quantité de chaleur serait dissipée dans le circuit si un fil (quasi) idéal était ajouté au circuit selon les pointillés ?

PB 54 – Pont de Wheatstone



Deux condensateurs identiques, initialement déchargés, sont connectés à trois résistors identiques et une source de tension supposée idéale comme ci-contre. Les valeurs de C et R sont supposées connues. L'interrupteur est fermé à $t = 0$. Déterminer l'instant $t_z > 0$ auquel le courant à travers la résistance centrale s'annule.

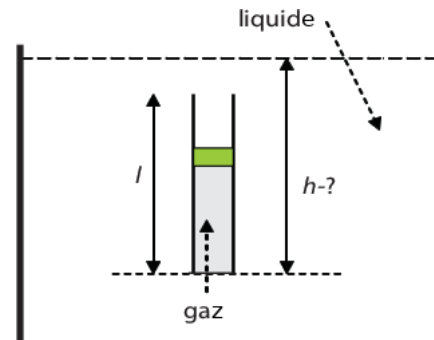
THERMODYNAMIQUE

Statique des Fluides

PB 55 – Tube capillaire

On positionne un long tube capillaire de longueur $L = 0,50$ m verticalement au dessus d'un récipient rempli d'eau, de telle sorte que l'extrémité inférieure touche légèrement la surface liquide. On observe dans ces conditions une colonne d'eau s'élevant de 20 mm dans le tube. Quelle devrait être la hauteur de cette colonne d'eau si le haut du tube avait été scellé avant la mise en contact avec la surface d'eau ?

PB 56 – Immersion d'un tube à essai



Un tube à essai de longueur l est rempli d'un gaz à la pression P , puis est bouché à l'aide d'un piston très léger glissant sans frottement dans le tube. On immerge ensuite lentement le tube dans un liquide de densité d , jusqu'à ce que le fond soit à une profondeur h par rapport à la surface libre. Pour quelle(s) valeur(s) de h le piston reste-t-il en équilibre ?

PB 57 – Bois flottant



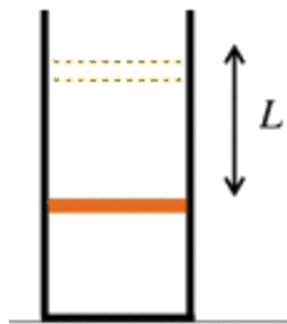
Une longue barre en bois de section carrée flotte sur un lac. Pour quelle(s) valeur(s) de densité du bois la barre peut-elle flotter en gardant sa face supérieure parallèle à la surface d'eau ?

PB 58 – Mélange diphasique non miscible

On place un cube de côté a et de densité $d = 2,0$ au fond d'un bidon cylindrique de section $3a^2$. Ensuite, on verse dans le bidon une épaisseur $a/2$ d'eau, puis une épaisseur a d'huile de densité $d = 0,80$. Quel travail minimal est nécessaire pour sortir complètement le cube du liquide ?

Gaz

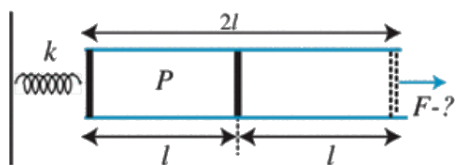
PB 59 – Encore un cylindre à piston...



Un cylindre rempli d'Helium est scellé avec un piston lourd mobile sans frottements. Au départ le piston est à l'équilibre. Puis on l'abaisse lentement sur une distance L et on le maintient ainsi jusqu'à qu'un nouvel équilibre soit atteint avec l'environnement extérieur. On isole alors thermiquement le cylindre et on relâche brutalement le piston qui trouve alors une autre position d'équilibre. Quelle est la distance entre cette nouvelle position d'équilibre et la position initiale? On négligera la capacité thermique du piston et du container.

PB 60 – Un cylindre à 2 pistons, c'est plus mignon

Deux pistons glissant sans frottement sont insérés dans un tube horizontal de longueur 2ℓ fixé à support immobile. Le piston gauche est lié à un mur par l'intermédiaire d'un ressort de constante de raideur k .



Initialement, les pistons sont positionnés comme sur la figure, le ressort est à sa longueur à vide, et la pression entre les pistons est égale à la pression extérieure. On déplace alors le piston droit très lentement vers la droite jusqu'à l'extrémité droite du tube.

Quelle force F doit être appliquée au piston pour le maintenir dans cette position ?

PB 61 – Boite à malice

Un container isolé de masse M et de longueur L est au repos sur une surface parfaitement glissante (sans frottement). Il est rempli d'une masse m inconnue d'un gaz parfait à la température T . Il est divisé en deux chambres de volumes égaux par un piston mobile isolé glissant sans frottement.



On allume un chauffage à l'intérieur de la chambre gauche et on y porte la température à $2T$. Le container se déplace alors d'une distance x le long de la surface. Quelle est la masse m de gaz ?

Indication : on pourra commencer par supposer que la température varie peu dans la chambre de droite.

Divers

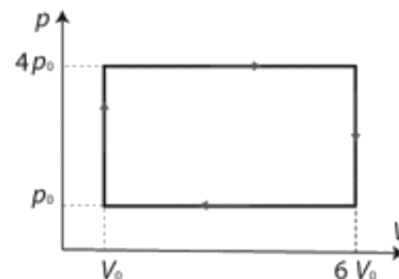
PB 62 – Fil chaud

Un long fil électrique tendu est connecté à une batterie supposée idéale. Lorsque la température de la pièce est de 20°C , la température du fil est de 22°C . On déconnecte alors le fil, on le coupe pour en enlever un tiers, puis on le reconnecte à la batterie dans la même pièce (de même température). Quelle est la nouvelle température d'équilibre du fil ?

Aide : le flux surfacique conducto-convectif entre un objet de température de surface T_s et une atmosphère de température T_a peut s'écrire selon la loi de Newton : $h(T_s - T_a)$, où h est une constante dépendant des matériaux en contact.

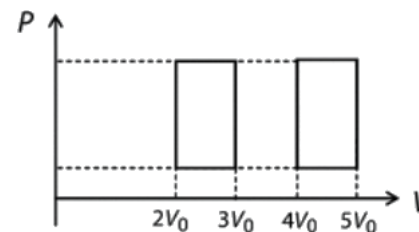
Machines thermiques

PB 63 – Moteur à Helium



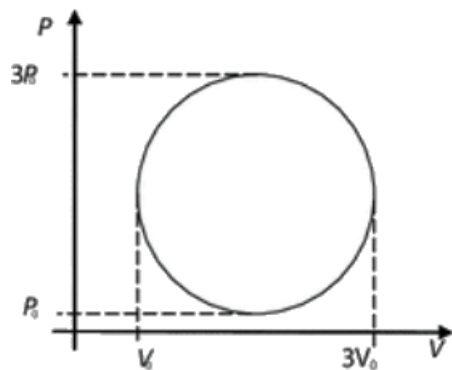
Le diagramme ci-contre représente le cycle parcouru par une certaine quantité d'Helium. Quelle est le rendement de ce cycle ?

PB 64 – Moteur à 2 cycles



Un moteur thermique a pour agent thermique un gaz parfait monoatomique. Il peut suivre soit le cycle A soit le cycle B indiqués ci-contre, donc le rapport des rendements $e_A/e_B = k$ est supposé connu. Trouver e_A et e_B .

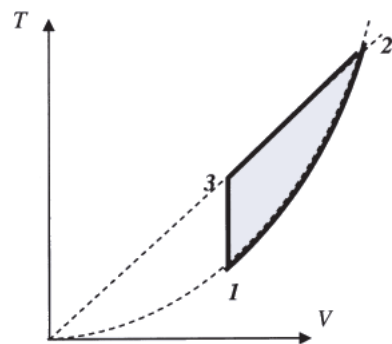
PB 65 – Cycle circulaire



Un gaz parfait subit un cycle circulaire dans le plan (P, V) .

Quelle est le rendement du cycle de Carnot évoluant entre les mêmes températures froide et chaude que ce cycle circulaire ?

PB 66 – Cycle en diagramme (T, V)



Une mole d'Helium suit le cycle 1 – 2 – 3 – 1 ci-contre. Pendant la transformation 1 – 2, le gaz absorbe une quantité de chaleur Q , et la température du gaz suit une loi polytropique du type $T = bV^2$, où b est une constante. Durant le cycle, la température maximale est quatre fois supérieure à la température minimale.

Quel est le transfert thermique Q' dissipé pendant la transformation 2 – 3 – 1 ?

INDUCTION

PB 67 – Curling futuriste

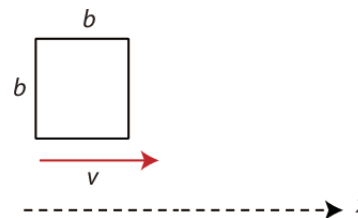
On place une spire carrée conductrice de résistance négligeable sur une table parfaite glissante. La spire est de masse m et de côté b .

Un champ magnétique vertical non uniforme est appliqué, dont l'amplitude vérifie

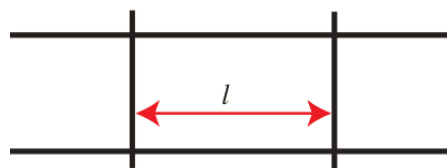
$$B = B_0(1 + kx),$$

où B_0 et k sont des constantes connues. On lance la spire avec une vitesse v dans la direction \vec{e}_x . Celle-ci s'arrête au bout d'une durée Δt .

Trouver l'inductance L de la spire.



PB 68 – Rails de... Faraday ?



Deux barres conductrices parallèles reposent perpendiculairement sur deux rails conducteurs horizontaux, à une distance ℓ l'une de l'autre. À un certain instant, on impose un champ magnétique vertical uniforme, qui atteint rapidement une intensité constante.

En supposant que la résistance des barres est beaucoup plus grande que celle des rails, et en négligeant les frottements, trouver la nouvelle distance d'équilibre.

SUJETS PLURIDISCIPLINAIRES

PB 69 – Vol spatial à la lampe de poche

Le héros d'un film de science-fiction se retrouve dans l'espace avec pour seul moyen de locomotion une lampe à dynamo, permettant de transformer le mouvement de rotation d'une manivelle en de la lumière émise par une lampe.

Estimer la distance que peut parcourir l'astronaute à l'aide de sa lampe en 24h.