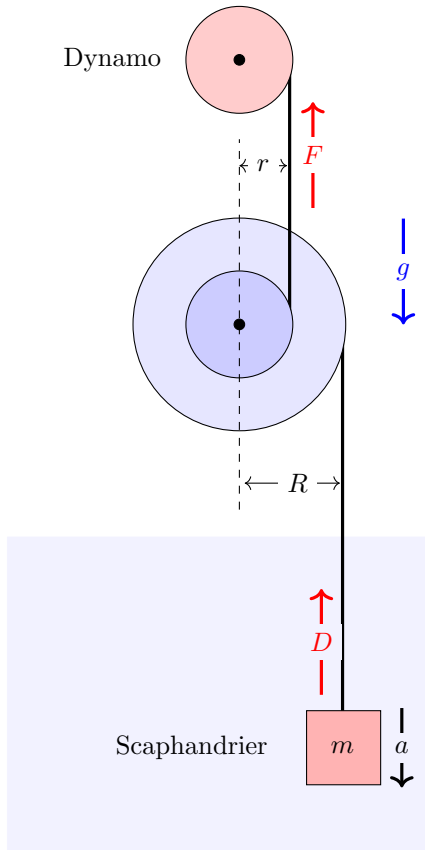


FSA11-ARCH11	
Juin 2025	<i>Physique 1</i>
LEPL1201	<i>Vous pouvez conserver cet énoncé !</i>

1 Laurent a acheté un scaphandre et une lampe frontale...



Laurent veut découvrir la plongée.
 Thomas et Vincent ont placé une poulie avec deux cordes.
 Une corde retient le scaphandrier à la poulie.
 Dimitri a enroulé une corde autour de la dynamo et du pignon de la poulie.
 Les axes de la poulie et la dynamo ne subissent aucune translation.
 La dynamo alimente la lampe frontale du scaphandrier.
 La résistance de la lampe vaut $R_* = 10 \, \Omega$.
 L'inertie de la poulie vaut $I = 0.4 \, \text{kg m}^2$.
 Les deux rayons valent $R = 0.2 \, \text{m}$ et $r = 0.1 \, \text{m}$.
 Une force de trainée $D = Kv$ s'oppose à la chute de scaphandrier.
 Une force de rappel $F = kv$ s'applique sur la corde enroulée à la dynamo.
 Les constantes valent $K = \frac{985}{6} = 164.17 \, \text{kg/s}$ et $k = 10 \, \text{kg/s}$.

A l'instant $t = 0$, le système est libéré du repos.
 Le scaphandrier m descend avec une accélération $a(t)$.
 La poulie se met à tourner à une vitesse angulaire $\omega(t)$.
 La corde du scaphandrier se déroule à partir de la poulie.
 La seconde corde se déroule à partir de la dynamo.
 Lorsque $t \rightarrow \infty$, Toutes les accélérations s'annulent !
 La poulie atteindra une vitesse angulaire constante limite ω_* .
 Et le scaphandrier chutera avec une vitesse critique constante v_* .

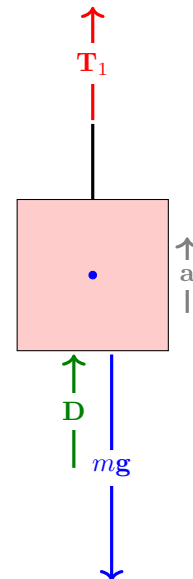
La masse de la corde est évidemment négligeable.
 La masse totale du scaphandrier est $m = 100 \, \text{kg}$.
 On négligera la force d'Archimède sur le scaphandrier.
 Dans les calculs, on utilisera $g = 10 \, \text{m/s}^2$.

1. Dessiner l'ensemble des forces sur le scaphandrier.
 Y indiquer clairement le nom et la notation habituelle pour chacune des forces.

La force de gravité est la force motrice qui fait chuter le scaphandrier et la chute est freinée par la trainée exercée par l'eau et la force exercée par la corde qui le retient.

Il faut uniquement citer :

- Force de gravité : $m\vec{g} = \begin{bmatrix} 0 \\ -mg \end{bmatrix}$
- Force exercée par la corde : $\vec{T}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ T_1 \end{bmatrix}$
- Force de trainée : $\vec{D} = \begin{bmatrix} 0 \\ Kv \end{bmatrix}$



Citer la force d'Archimède serait également pertinent, même si pour la simplicité de l'algèbre, elle a été ignorée. En toute rigueur, il faudrait ajouter la poussée d'Archimède qui correspond à la masse de l'eau occupée par le scaphandrier multipliée par la gravité. Ici, on va considérer que la masse volumique du scaphandrier est largement supérieure à celle de l'eau, pour éviter d'introduire un paramètre supplémentaire dans le problème. *Quelques très rares étudiants ont cité la poussée d'Archimède et cela a évidemment été bien apprécié par le correcteur :-)*

On observe ici immédiatement que l'unique force motrice qui crée le mouvement est la force de gravité et que la tension dans la corde et la force de trainée s'opposent au mouvement. Cette question simple a déjà posé pas mal de souci à beaucoup d'étudiants malencontreusement.

2. Ecrire l'équation différentielle que doit satisfaire la vitesse angulaire $\omega(t)$.

On écrit les équations du mouvement pour la rotation de la poulie et la chute du scaphandrier. Et on utilise la définition de la force exercée par la corde supérieure sur la dynamo.

$$\begin{cases} I \frac{d\omega}{dt} = T_1 R - T_2 r \\ mR \frac{d\omega}{dt} = mg - KR\omega - T_1 \\ T_2 = kr\omega \end{cases}$$

Il fallait bien observer que les tensions dans les deux cordes sont différentes et que les vitesses des deux cordes sont données respectivement par $R\omega$ et $r\omega$.

Il suffit ensuite d'éliminer les tensions (distinctes :-) dans les deux cordes.

$$\begin{aligned} T_1 &= mg - KR\omega - mR \frac{d\omega}{dt} \\ T_2 &= kr\omega \end{aligned}$$

On conclut donc :

$$(I + mR^2) \frac{d\omega}{dt}(t) = mgR - (KR^2 + kr^2) \omega(t)$$

Cette relation est immédiate en observant qu'il fallait faire tourner la poulie et chuter le scaphandrier et que l'unique force motrice est la gravité tandis que la force de trainée et la force exercée par la dynamo s'opposent au mouvement.

Hélas, hélas, très peu d'étudiants obtiennent cette expression au grand dam du correcteur !)

Appliquer la conservation de l'énergie sur l'ensemble du système permettait d'obtenir également cette équation en écrivant que la dérivée de l'énergie cinétique globale est égale à la puissance de toutes les forces appliquées sur le système.

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (I\omega^2(t) + mR^2\omega^2(t)) = mgR\omega(t) - KR^2\omega^2(t) - kr^2\omega^2(t)$$



$$(I + mR^2) \frac{d\omega}{dt}(t)\omega(t) = mgR\omega(t) - KR^2\omega^2(t) - kr^2\omega^2(t)$$



$$(I + mR^2) \frac{d\omega}{dt}(t) = mg - (KR^2 + kr^2) \omega(t)$$

Eh oui : c'est joli l'approche énergétique globale :-)

3. Obtenir l'expression symbolique de $\omega(t)$ et de l'accélération angulaire $\alpha(t)$ de la poulie.
Esquisser graphiquement ces deux fonctions.

Les solutions de l'équation homogène est donnée par $\omega(t) = A \exp(-\lambda t)$ avec $\lambda = \frac{KR^2 + kr^2}{I + mR^2}$.

Comme solution particulière de l'équation inhomogène, on utilise la valeur constante ω_* qui est la vitesse de régime obtenue en imposant l'équilibre des forces.

$$\begin{array}{rcl} 0 & = & mgR - (KR^2 + kr^2) \omega_* \\ \downarrow & & \\ \omega_* & = & \frac{mgR}{KR^2 + kr^2} \end{array}$$

Finalement on utilise la condition initiale $\omega(0) = 0$ pour déduire la constante A .

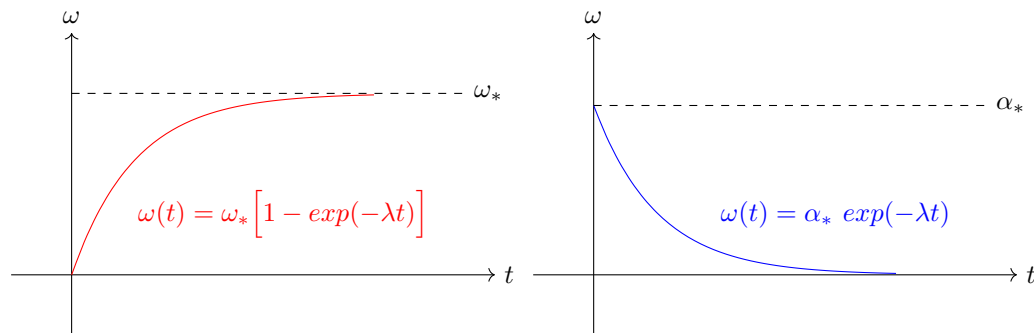
On conclut donc :

$$\begin{array}{lcl} \omega(t) & = & \frac{mgR}{KR^2 + kr^2} [1 - \exp(-\lambda t)] \\ \alpha(t) & = & \frac{mgR}{I + mR^2} \exp(-\lambda t) \end{array}$$

*Il n'était pas demandé de calculer les valeurs numériques, c'est donc inutile et une perte de temps !
Le calcul numérique : c'est la sous-question suivante.*

Par contre, esquisser les deux courbes pouvaient être réalisées, avec une bonne intuition physique, même sans avoir obtenu les expressions symboliques.

Ce qui est attristant : c'est que des étudiants avec les bonnes expressions analytiques sont incapables de dessiner les deux courbes...



Oui : l'accélération est maximale en $t = 0$ et s'annule progressivement...

Et la vitesse est nulle en $t = 0$ et tend progressivement vers la vitesse de régime ω_ !*

Et les deux exponentielles sont inversées en raison du signe négatif :-)

Cette question vraiment simple a été un véritable massacre organisé malencontreusement !

4. Démontrer que la vitesse angulaire limite vaut $\omega_* = 30 \text{ s}^{-1}$.

La vitesse angulaire de régime a été obtenue en imposant l'équilibre des forces.

$$\begin{array}{rcl} 0 & = & mgR - (KR^2 + kr^2) \omega_* \\ \downarrow & & \\ \omega_* & = & \frac{mgR}{KR^2 + kr^2} \end{array}$$

Il suffit donc de calculer cette expression pour démontrer le résultat.

Et on observe bien :

$$\omega_* = \frac{200}{\frac{985}{6} \frac{4}{100} + \frac{10}{100}} = \frac{200 \times 6 \times 100}{985 \times 4 + 60} = \frac{120000}{4000} = 30$$

5. Quelle est la puissance mécanique transmise à la dynamo lorsque la vitesse est constante ?

La puissance de la force exercée par la dynamo est donnée par :

$$P = kr^2 \omega^2$$

Et on conclut donc :

$$P = 10 = 90 \text{ Watt}$$

C'était sans doute la sous-question la plus facile du problème !

En plus, elle pouvait être résolue même sans avoir la moindre information sur ce qui précède !

Eh oui, il est possible de résoudre la fin de l'exercice (plus simple) même en n'obtenant strictement rien de bon dans tout ce qui précède !

6. Quel serait alors le courant qui passerait dans la lampe si la totalité de la puissance mécanique est convertie en puissance électrique par la dynamo qui aurait un rendement parfait de 100 %.

La puissance dans le circuit est donnée par l'expression :

$$\begin{array}{c} P = R_* I^2 \\ \downarrow \\ I = \sqrt{\frac{P}{R_*}} \end{array}$$

Et on conclut donc :

$$I = \sqrt{\frac{90}{1}} = \sqrt{9} = 3 \text{ Ampere}$$

Et c'était aussi vraiment élémentaire !

7. Laurent veut avoir une mesure expérimentale car les laboratoires sont essentiels en physique. Il a mesuré¹ une différence de potentiel de 20 Volt aux bornes de sa lampe frontale. Qu'en déduisez vous ?

Avec un rendement parfait, la différence de potentiel est donnée par l'expression :

$$\begin{array}{c} U = R_* I \\ \downarrow \\ U = 30 \text{ Volt} \end{array}$$

Comme Laurent a mesuré une tension de 20 Volt, on déduit que le courant et la puissance correspondant à la mesure de Laurent valent respectivement 2 Ampere et 40 Watt/

Et on conclut que le rendement de la dynamo η :

$$\eta = \frac{40}{90} = 44.4 \%$$

On observe ainsi que la mesure de Laurent n'est pas totalement irréaliste !

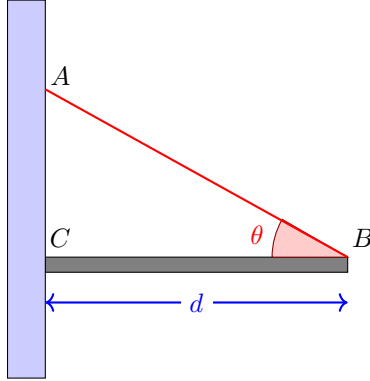
Et beaucoup d'étudiants ont vachement plus apprécié la fin de l'exercice que le début du problème. Eh oui, la fin du problème était plus simple que le début et pouvait être résolu de manière indépendante car la valeur utile ω_ était fournie dans l'énoncé.*

Tous les étudiants n'ont malheureusement pas saisi cette opportunité !

¹Il est vraiment vachement doué avec voltmètre dans l'eau froide de la mer.... mais soyons créatifs :-)

2 Petites questions courtes

Une corde AB et le frottement en C maintiennent immobile une barre CB contre un mur.
La barre a une longueur d et une masse m .
La norme de l'accélération de la gravité est $g = 10\text{m/s}^2$.
Le coefficient de frottement statique est $\mu_s = 0.6$.



Q 2.1 Quelle est la force de frottement F exercée par le mur sur la barre ?

En notant T la force exercée par la corde sur la barre, l'équilibre de translation et de rotation pour le centre de masse de la barre s'écrivent simplement :

$$\begin{cases} mg &= f + T \sin \theta \\ \frac{fd}{2} &= \frac{T \sin \theta d}{2} \end{cases}$$

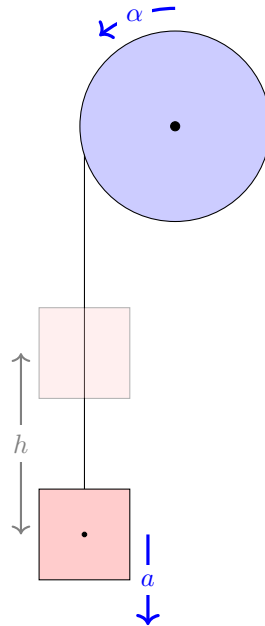
Et on en déduit immédiatement que :

$$T \sin \theta = f = \frac{mg}{2}$$

Au passage, il n'y a strictement aucun besoin d'utiliser la valeur de μ_s !

La réponse est tout simplement $f = \frac{mg}{2}$

Un bloc de masse m est attachée par une corde de masse négligeable à une poulie de masse M et de rayon R .
 La poulie est un cylindre homogène plein.
 Jusqu'à l'instant $t = 0$, le bloc est maintenu immobile : sa vitesse est nulle.
 A cet instant, il est lâché et chute sous l'effet de la gravité.



Q 2.2

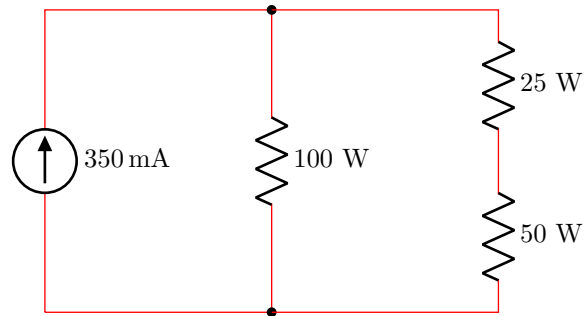
Quelle sera l'expression v de la vitesse du bloc lorsqu'il aura chuté d'une hauteur h ?

On fait un bilan d'énergie du système :

$$\begin{aligned} \frac{I\omega^2}{2} + \frac{mv^2}{2} &= mgh \\ \frac{mR^2}{4} \frac{v^2}{R^2} + \frac{mv^2}{2} &= mgh \\ \downarrow \\ v^2 &= \frac{4mgh}{(M + 2m)} \end{aligned}$$

On obtient donc immédiatement : $v = \sqrt{\frac{4mgh}{(M + 2m)}}$

Trois lampes à incandescence, assimilables à des résistances, ont une puissance nominale de 25 W, 50 W et 100 W lorsqu'elles sont alimentées séparément sous 200 V en courant continu. Maintenant, ces trois lampes sont connectées ensemble dans un circuit alimenté par une source de courant continu délivrant un courant constant de 350 mA.



Laquelle des trois lampes brillera le moins ?
 Pourquoi ?
 Donnez la puissance de cette lampe.

Q 2.3

Il faut d'abord calculer la résistance équivalente de chacune des lampes alimentées séparément avec la source de 200 V en utilisant la relation suivante :

$$P = \frac{V^2}{R}$$

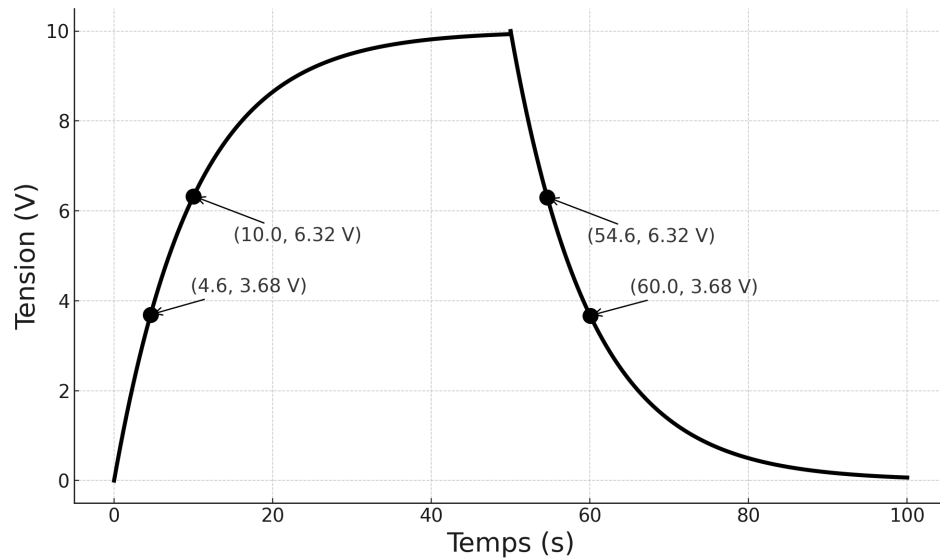
Lampe de 100 W : $R = 400$ Ohms.
 Lampe de 50 W : $R = 800$ Ohms.
 Lampe de 25 W : $R = 1\,600$ Ohms.

On considère ensuite la source de courant constant de 350 mA et le circuit.
 On a deux branches résistives en parallèle qui divisent le courant.
 Le courant dans l'unique lampe de 100 W vaut 300 mA.
 Le courant dans les deux lampes en série vaut 50 mA.
 Il est alors possible de calculer la puissance de chaque lampe dans le circuit.

$$P = RI^2$$

La puissance de la lampe de 100 W sera 36 W.
 La puissance de la lampe de 50 W sera 2 W.
 La puissance de la lampe 25 W sera 4 W.
 La lampe qui brille le moins est donc celle de 50 W.

Un étudiant a réalisé une expérience en laboratoire portant sur la réponse temporelle d'un condensateur. Dans son montage, le condensateur est connecté à une source de tension continue qui alterne toutes les 50 secondes entre 0 V et 10 V, via une résistance de 100 kΩ.



Q 2.4

L'étudiant a relevé quatre points caractéristiques de la tension aux bornes du condensateur. À partir de ces observations, déterminez la valeur C de la capacité utilisée.

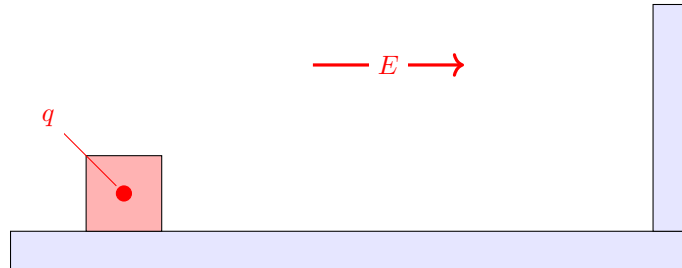
Il s'agit des courbes typiques de charge et de décharge d'un condensateur.

La constante de temps est reliée à la valeur à 63% de la valeur initiale, vaut ici 10 secondes.

Cela correspond à un condensateur de

$$C = \frac{10 \text{ s}}{100 \text{ k}\Omega} = 100 \text{ }\mu\text{F}$$

Un corps possède une charge de $q = 8\mu\text{C}$ et une masse $m = 1\text{ g}$.
 Il est posé sur un plan horizontal à une distance $d = 10\text{ cm}$ d'un mur.
 Initialement, il est au repos.
 En $t = 0$, un champ électrique uniforme horizontal $E = 100\text{ V/m}$ vers le mur est appliqué.
 Un mouvement harmonique du corps va apparaître.
 Il n'y a aucun frottement entre le sol et le corps.
 Les collisions entre le corps et le mur sont parfaitement élastiques.



Quelle la période d'oscillation T du mouvement ?

Q 2.5

La charge est mise en mouvement avec une accélération constante a
 sous l'effet de l'unique force due au champ électrique :

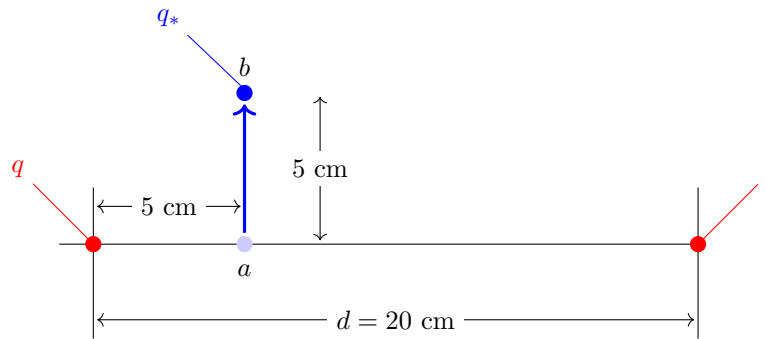
$$ma = qE$$

Le temps nécessaire pour atteindre le mur est donné par :

$$t = \sqrt{\frac{2d}{a}} = \sqrt{\frac{2dm}{qE}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.1 \times 10^{-3}}{8 \times 10^{-6} \times 100}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^{-4}}{8 \times 10^{-4}}} = \frac{1}{2}\text{ s}$$

Comme la collision est parfaitement élastique, la charge rebondira sur le mur.
 Elle reviendra exactement jusqu'à sa position initiale où sa vitesse sera nulle.
 Ce retour se fera également en un laps de temps de $\frac{1}{2}\text{ s}$.
 Elle repartira ensuite à nouveau vers la droite sous l'effet du champs électrique.
 Et elle subira à nouveau une collision élastique.
 Et ainsi de suite, le mouvement se répétera avec une période d'oscillation de 1 s .
 La réponse est donc simplement : $T = 2t = 1\text{ s}$

Dans le vide, deux charges ponctuelles de $q = 10\mu\text{C}$ sont séparées d'une distance $d = 20\text{ cm}$. On déplace une troisième charge ponctuelle de $q_* = -2\mu\text{C}$ de a vers b .



Quelle est la différence d'énergie potentielle ΔU_e du système entre les deux états ?
A-t-elle augmenté ou diminué ?

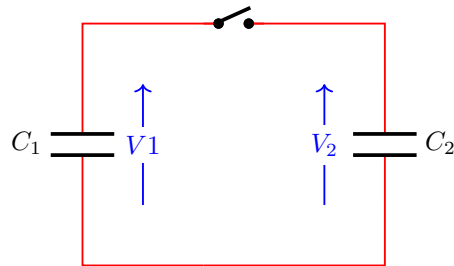
Q 2.6

Il suffit de considérer la différence d'énergie potentielle de la charge q_* lorsqu'elle se déplace du point a au point b .

$$\begin{aligned}
 \Delta U_e &= q_*(V_b - V_a) \\
 &\downarrow \\
 \Delta U_e &= q_* q k \left[\frac{1}{\sqrt{0.05^2 + 0.05^2}} + \frac{1}{\sqrt{0.05^2 + 0.15^2}} - \frac{1}{0.05} - \frac{1}{0.15} \right] \\
 &\downarrow \\
 \Delta U_e &= \frac{-20 \times 8.988 \times 10^{-3}}{0.05} \left[\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{10}} - \frac{4}{3} \right] \\
 &\downarrow \\
 \Delta U_e &= \frac{-2 \times 8.988}{5} \left[-0.3099 \right]
 \end{aligned}$$

On obtient finalement : $\Delta U_e = 1.1145\text{ Joule}$
Il y a bien une augmentation d'énergie potentielle !

Deux condensateurs, C_1 et C_2 sont chargés et portés à des potentiels V_1 et V_2 .
 A l'instant $t = 0$, on relie les deux condensateurs ensemble en fermant l'interrupteur.



Quelle sera la charge Q_1 dans le condensateur C_1 après la fermeture de l'interrupteur ?
 Donnez une expression de Q_1 en fonction de C_1 , C_2 , V_1 et V_2 .

Avant la fermeture de l'interrupteur, les charges sont $Q_1^* = C_1 V_1$ et $Q_2^* = C_2 V_2$.
 Après la fermeture, les charges sont modifiées mais la charge globale est conservée.

$$\begin{aligned}
 Q_1 + Q_2 &= C_1 V_1 + C_2 V_2 \\
 \downarrow \\
 Q_2 &= C_1 V_1 + C_2 V_2 - Q_1
 \end{aligned}$$

En outre, on aura la même différence de potentiel V aux bornes des deux condensateurs.
 Il est dès lors possible d'obtenir la relation demandée en écrivant :

Q 2.7

$$\begin{aligned}
 V = \frac{Q_1}{C_1} &= \frac{Q_2}{C_2} \\
 \downarrow &\text{ Comme } Q_2 = C_1 V_1 + C_2 V_2 - Q_1 \\
 \frac{Q_1}{C_1} &= \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2 - Q_1}{C_2} \\
 \downarrow \\
 \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_1}{C_2} &= \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{C_2} \\
 \downarrow \\
 Q_1 \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} &= \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{C_2}
 \end{aligned}$$

La réponse est donc : $Q_1 = \frac{C_1(C_1 V_1 + C_2 V_2)}{(C_1 + C_2)}$

On pourrait aussi noter que la différence de potentiel aux bornes des deux condensateurs mis en parallèle avec une charge globale connue sera donnée par ;

$$V = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{C_1 + C_2}$$

et en déduire immédiatement $Q_1 = C_1 V$.

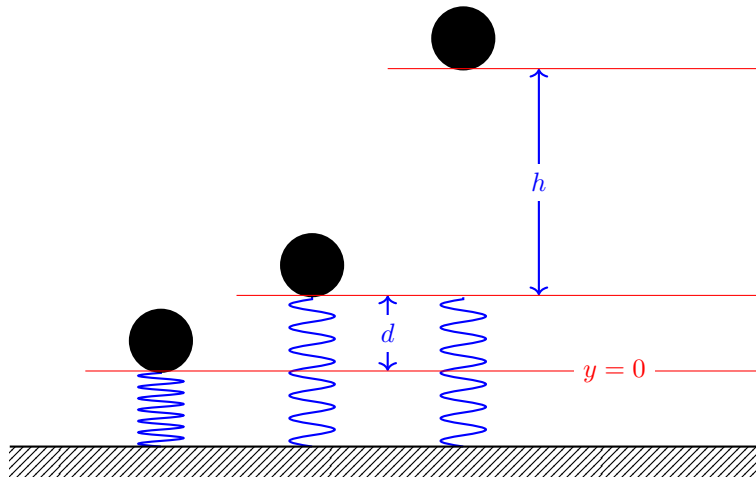
Une bille de masse m se trouve sur un ressort avec une constante de raideur k . Le ressort est comprimé d'une distance d par rapport à son état au repos.

A l'instant $t = 0$, on relâche le ressort qui va propulser la bille.

Lorsque la bille se désolidarise du ressort, le ressort a sa longueur au repos.

La bille s'élève ensuite d'une hauteur h avant de retomber.

Q 2.8



Quelle vaut la constante de raideur k du ressort ?

On fait un bilan d'énergie entre les deux situations avec une vitesse nulle :

$$\frac{1}{2}kd^2 - mgd = mgh$$



$$kd^2 = 2mg(d + h)$$

On en déduit $k = \frac{2mg(h + d)}{d^2}$

Formulaire

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}(m \vec{v}) &= \sum \vec{F}_i \\ \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}m v^2 + \frac{1}{2}I \omega^2\right) &= \sum \vec{F}_i \cdot \vec{v}_i \\ \frac{d}{dt}(I \omega) &= \sum M_i\end{aligned}$$

Mouvement d'un projectile

$$\begin{aligned}\vec{x}(t) &= \begin{bmatrix} u_0 t + x_0 \\ -gt^2/2 + v_0 t + y_0 \end{bmatrix} \\ \vec{v}(t) &= \begin{bmatrix} u_0 \\ -gt + v_0 \end{bmatrix} \\ \vec{a}(t) &= \begin{bmatrix} 0 \\ -g \end{bmatrix}\end{aligned}$$

Mouvement horizontal = MRU (vitesse constante)
Mouvement vertical = MRUA (accélération constante)

Mouvement circulaire uniformément accéléré : $\theta(t) = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{\alpha t^2}{2}$

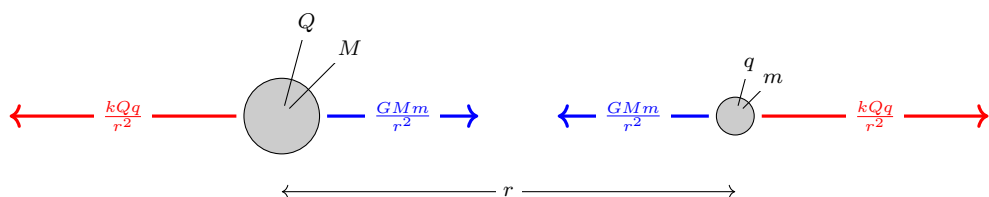
$$\begin{aligned}\vec{v}(t) &= \begin{bmatrix} v_r \\ v_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ r\omega \end{bmatrix} \\ \vec{a}(t) &= \begin{bmatrix} a_r \\ a_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -r\omega^2 \\ r\alpha \end{bmatrix}\end{aligned}$$

Force de gravité et force d'interaction électrique

$$G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = k = 8.988 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N m}^2$$



Théorème de Gauss

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_i$$

Energies potentielles mécaniques

$$W_{a \rightarrow b} = U_a - U_b = \frac{kx^2}{2}$$
$$U_a - U_b = mgh$$

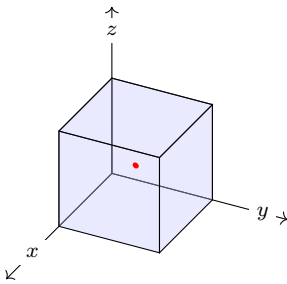
Théorème de l'énergie mécanique

$$\Delta \left(\overbrace{\frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2}^K \right) = \sum \overbrace{\int \vec{F} \cdot d\vec{x}}^W$$

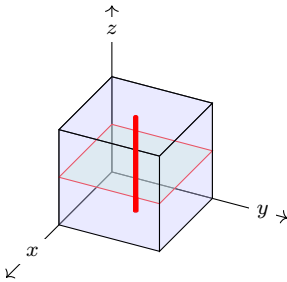
Energie et potentiel électrique

$$U_a - U_b = q_0 \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{x}$$
$$V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{x}$$

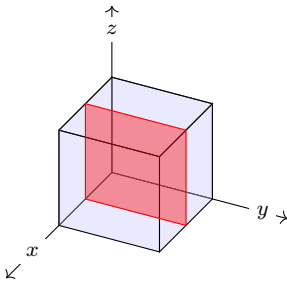
Trois champs et potentiels électriques bien utiles :-)



$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$
$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + C$$



$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$$
$$V = -\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \lambda \ln(r) + C$$



$$E = \frac{1}{2\epsilon_0} \sigma$$
$$V = -\frac{1}{2\epsilon_0} \sigma r + C$$

r représente la distance à la charge, au fil chargé ou au plan chargé.

Moment d'une force dans le plan

$$\underbrace{\vec{r} \times \vec{F}}_{\vec{M}} = \begin{bmatrix} r_x \\ r_y \\ 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ r_x F_y - r_y F_x \end{bmatrix}$$

$$M = r_x F_y - r_y F_x = F r_{\perp} = F_{\perp} r = Fr \sin(\theta)$$

Moment d'inertie

$$I = \sum m_i r_i^2$$

Théorème des axes parallèles

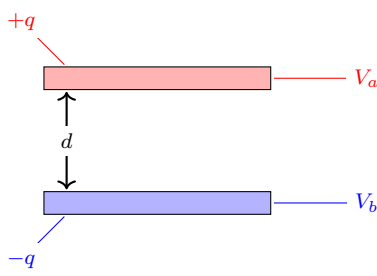
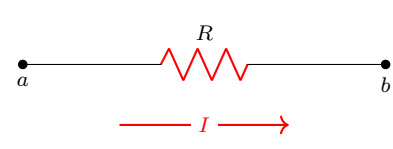
$$I_h = m h^2 + I$$

Moments d'inertie de corps rigides homogènes

$$\text{Cylindre creux} \quad I = m R^2$$

$$\text{Cylindre plein} \quad I = m \frac{R^2}{2}$$

$$\text{Barre autour du centre} \quad I = m \frac{L^2}{12}$$


$$V_{ab} = V_a - V_b = \frac{d}{\epsilon_0 S} q = \frac{q}{C}$$
$$U = \int_0^q \frac{q}{C} dq = \frac{q^2}{2C}$$

$$V_{ab} = \frac{\rho L}{S} I = RI$$
$$P = RI^2$$

Résistances et capacités en série

$$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i} \quad R = \sum R_i$$

Résistances et capacités en parallèle

$$C = \sum C_i \quad \frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_i}$$

Lois de Kirchhoff

$$\sum_{\text{noeuds}} I_i = 0$$

$$\sum_{\text{mailles}} V_i = 0$$