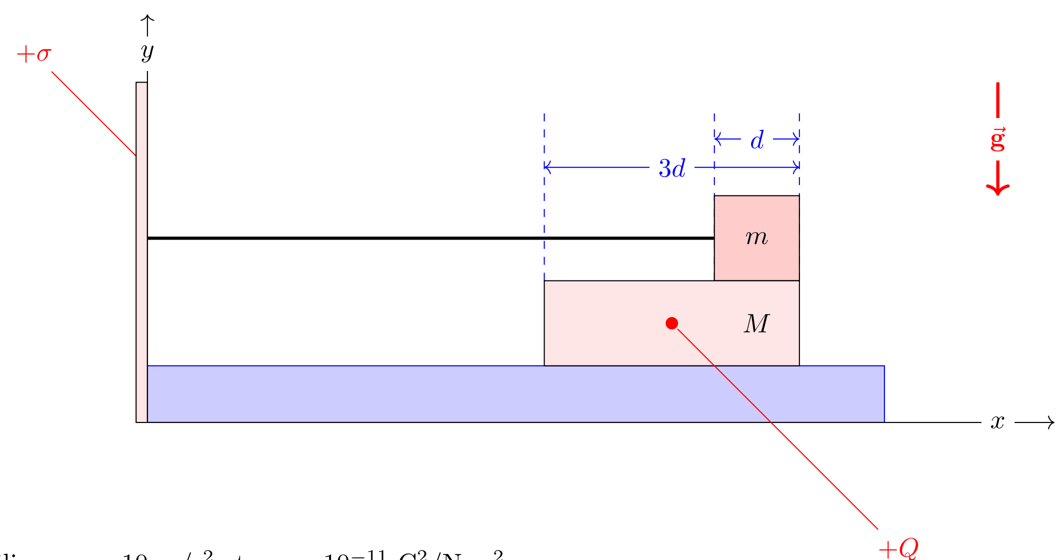
FSA11-ARCH11	
Janvier 2025	*Physique 1*
LEPL1201	*Vous pouvez conserver cet énoncé !*

1 Dimitri tente de faire bouger un bloc et Thomas s'y oppose...

Une plaque verticale de très grande taille a une densité de charge positive σ !
Relié à ce plan par une corde, un bloc de masse $m = 2$ kg est posé sur un bloc de masse $M = 6$ kg.
A l'instant $t = 0$, on incruste une charge positive Q au centre de masse du bloc inférieur.
On observe alors qu'une force de Coulomb $F = 24\ N$ s'exerce sur ce bloc.
Il en résulte que le bloc inférieur acquiert une accélération constante $a = 3$ m/s^2.
Le bloc supérieur retenu par la corde reste immobile, du moins tant que le bloc inférieur le soutient :-)
En $t = 0$, les deux blocs sont alignés à droite et leurs longueurs sont $d = 10$ cm et $3d = 30$ cm.
Comme toutes les surfaces sont identiques, les coefficients μ_c et μ_s sont uniques.
Le sol et les blocs sont des isolants électriques parfaits évidemment :-)



On utilisera $g = 10$ m/s^2 et $\varepsilon_0 = 10^{-11}$ C^2/N m^2
pour effectuer tous les calculs.

1. Dessiner l'ensemble des forces sur le bloc inférieur pendant le début de son mouvement.
   Y indiquer clairement le nom et la notation habituelle pour chacune des forces.
2. Quelle condition doivent satisfaire les valeurs de σ et Q pour générer la force $F = 24\ N$?
3. Quel est le coefficient de frottement cinétique μ_c ?
4. Calculer la norme de la tension constante T dans la corde entre le bloc supérieur et le mur, lorsque le bloc inférieur est en mouvement et que le bloc supérieur reste immobile.
5. Quelle est la valeur maximale possible du coefficient de frottement statique μ_s ?
6. A quel instant t_c, le bloc supérieur va-t-il se mettre en mouvement en basculant ?
7. Dessiner la variation de l'énergie cinétique du bloc inférieur en fonction du temps.
   Indiquer clairement sur le graphe l'instant t_c et comment la courbe est modifiée à cet instant !

Attention, il faut répondre exclusivement sur l'unique feuille de réponse fournie !
Ce questionnaire peut servir de brouillon, mais ne sera jamais lu par le correcteur !
Chaque sous-question peut être résolue de manière symbolique, si les résultats précédents font défaut !
Détaillez vos calculs afin de clairement montrer votre démarche.

2 Petites questions courtes

Attention ! Il faut répondre exclusivement sur la seconde feuille de réponse fournie.

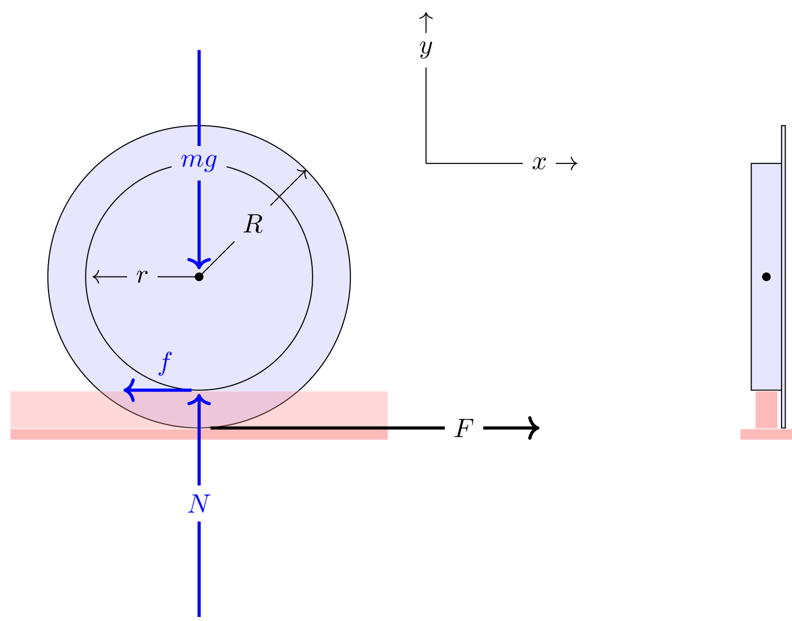
Q 2.1

Une balle de tennis de masse m rebondit horizontalement sur un mur avec une vitesse v. Après la collision, elle n'a plus que 36% de son énergie cinétique initiale.

Quelle est l'impulsion I subie par la balle en fonction de m et v ?

Q 2.2

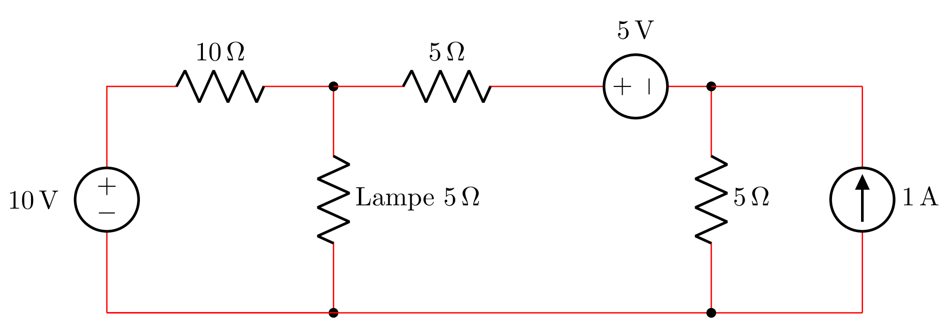
Une roue de tramway roule sans glissement sur son moyeu de rayon r sur un rail. La masse m de la roue est concentrée dans le moyeu et le moment d'inertie est donc approximativement celui d'un cylindre plein de rayon r. La roue est entrainée par un système de crémaillère sur la base du rail par une force constante F : il n'y a aucune force normale sur la crémaillère.



Donner l'expression de la composante a_x de l'accélération du centre de masse.
Cette expression ne doit faire intervenir que R, r, m et F.
Est-elle positive ou négative ?

Q 2.3

On considère le circuit suivant avec une lampe de 5 Ω.



Quelle est la puissance P dissipée par la lampe dans ce circuit ?

Q 2.4

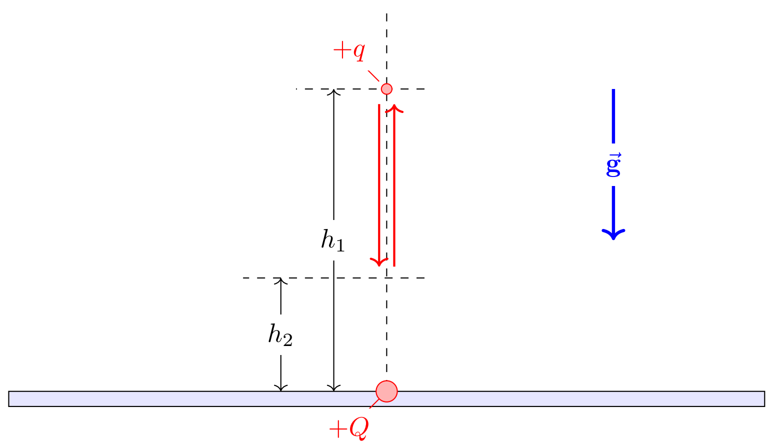
Un condensateur de 10 μF a une charge électrique initiale de 100 μC.
Au temps $t = t_0$, ce condensateur est connecté à une résistance externe de 100 $k\Omega$.

On vous demande de réaliser deux graphiques.
Dessinez l'évolution temporelle de la tension V_C aux bornes du condensateur.
Dessinez l'évolution temporelle du courant I_R traversant la résistance.

Soyez précis sur les unités et les grandeurs pour chacun des axes de vos graphiques.
Indiquez également les points particuliers représentatifs des courbes.

Q 2.5

Une charge ponctuelle fixe $+Q$ se trouve sur le sol.
Une charge ponctuelle $+q$ de masse m se trouve à une hauteur h_1 à la verticale de $+Q$.
Elle est lachée avec une vitesse nulle de cette position.
Elle descend et va ensuite osciller entre les hauteurs h_1 et h_2
sous les effets combinés de la gravité et de la répulsion électrostatique.

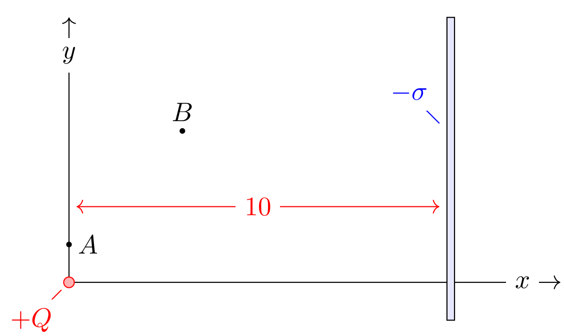


Obtenir l'expression de la hauteur h_2 en fonction des données du problème.

Q 2.6

Dans le vide, on a une charge ponctuelle $+Q = 1.25\ \mu C$.
Cette charge est à une distance de 10 m d'une feuille conductrice infiniment grande.
La feuille a une densité uniforme de charge négative $-\sigma = -0.018\ \mu C/m^2$.

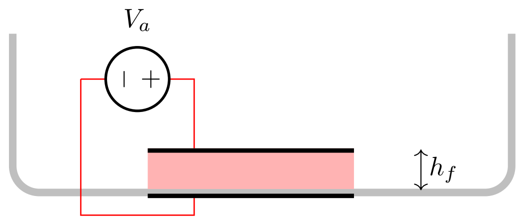
Les potentiels électriques au point $A = (0, 1)$ et au point $B = (3, 4)$ sont notés V_a et V_b.
Les coordonnées des deux points sont données en mètres.
On approximera la permittivité du vide par $\varepsilon_0 \approx 9 \times 10^{-12}\ F/m$.



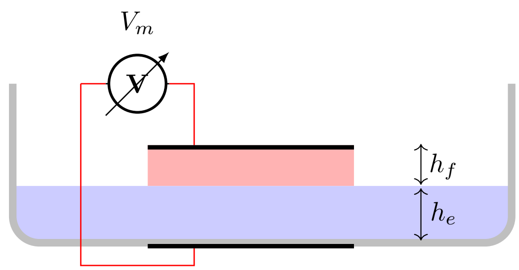
Quelle est la valeur numérique de $V_b - V_a$ avec les unités adéquates ?

Nous allons concevoir un appareil de mesure du niveau d'eau dans une cuve en plastique.
Une plaque conductrice est placée est sous la cuve.
Une seconde plaque conductrice est collée à de la frigolite isolante d'une épaisseur h_f et posée sur le fond de la cuve : la frigolite va permettre à ce dispositif de flotter !

Lorsque la cuve est vide, on place une charge Q dans le condensateur formé par les deux plaques conductrices en le connectant à une source de tension V_a.



Q 2.7 On déconnecte ensuite la source de tension et on remplit la cuve.
La plaque supérieure et la frigolite se déplacent vers le haut.
En mesurant la différence de potentiel V_m entre les deux plaques conductrices à l'aide d'un voltmètre, on peut ainsi déduire la hauteur d'eau h_e dans la cuve !



La permittivité diélectrique *relative* de la frigolite est notée ε_{rf}.
La permittivité diélectrique *relative* de l'eau est notée ε_{re}.
Tous les effets de bord et l'effet de la paroi de la cuve sont supposés négligeables.

Obtenir l'expression de V_m en fonction de la source de tension V_a, des deux hauteurs et des deux permittivités diélectriques relatives.

Q 2.8 Un canon dont l'élévation du tube est donnée par un angle α se trouve sur la plate-forme d'un wagon initialement au repos. La masse totale du wagon et du canon est M. Un obus de masse m est tiré. La vitesse v de cet obus par rapport au canon est connue à la sortie du tube de la pièce d'artillerie.
Tous les frottements sont négligés.

Obtenir l'expression de la vitesse V de recul du wagon juste après le tir ?

Formulaire

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

Mouvement d'un projectile

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

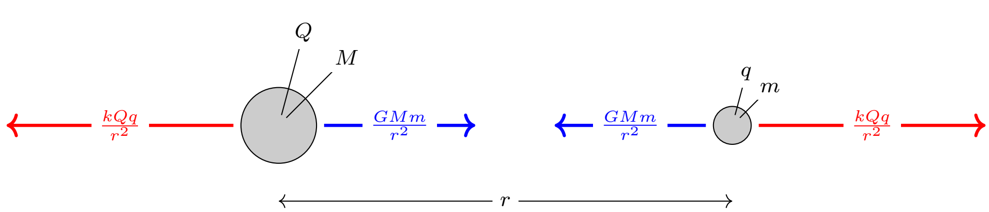
Mouvement horizontal = MRU (vitesse constante)
Mouvement vertical = MRUA (accélération constante)

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

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

Force de gravité et force d'interaction électrique

$$\begin{aligned} G &= 6.674\ 10^{-11} \quad \mathrm{N\ m^2/kg^2}\\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = k &= 8.988\ 10^{9} \quad \mathrm{N\ m^2/C^2}\\ \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} &= 8.854\ 10^{-12} \quad \mathrm{C^2/N\ m^2}\end{aligned}$$



Théorème de Gauss

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

Théorème de l'énergie mécanique

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

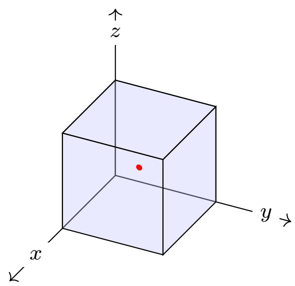
Energies potentielles mécaniques

$$\begin{aligned} W_{a \to b} \quad = \quad U_a - U_b \quad &= \quad \frac{kx^2}{2} \\ U_a - U_b \quad &= \quad mgh \end{aligned}$$

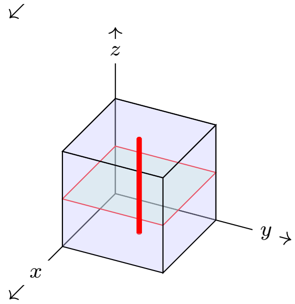
Energie et potentiel électrique

$$\begin{aligned} U_a - U_b \quad &= \quad q_0 \int_a^b \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{x}} \\ V_a - V_b \quad &= \quad \int_a^b \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{x}} \end{aligned}$$

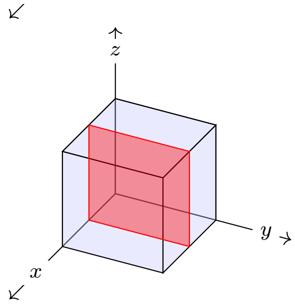
Trois champs et potentiels électriques bien utiles :-)



$$\begin{aligned} E \quad &= \quad \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \; \frac{q}{r^2} \\ V \quad &= \quad \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \; \frac{q}{r} + C \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} E \quad &= \quad \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \; \frac{\lambda}{r} \\ V \quad &= \quad -\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \; \lambda \; \ln(r) + C \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} E \quad &= \quad \frac{1}{2\epsilon_0} \; \sigma \\ V \quad &= \quad -\frac{1}{2\epsilon_0} \; \sigma \; r + C \end{aligned}$$

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

Moment d'une force dans le plan

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

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

Moment d'inertie

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

Théorème des axes parallèles

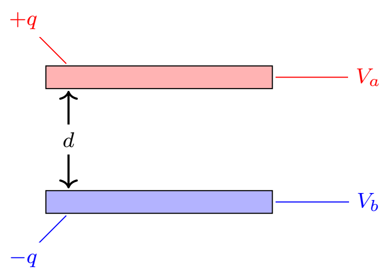
$$I_h = m\, h^2 + I$$

Moments d'inertie de corps rigides homogènes

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

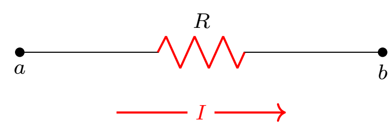
$$\text{Cylindre plein} \quad I = m\, \frac{R^2}{2}$$

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



$$V_{ab} = V_a - V_b = \frac{d}{\epsilon_0\, S}\, q = \frac{q}{C}$$

$$U = \int_0^q \frac{q}{C}\, dq = \frac{q^2}{2C}$$



$$V_{ab} = \frac{\rho L}{S}\, I = RI$$

$$P = RI^2$$

Résistances et capacités en série

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

Résistances et capacités en parallèle

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

Lois de Kirchhoff

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

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