

SESSION INTENSIVE D'OCTOBRE 2018 : EPREUVE DE PHYSIQUE

On donne : constante de gravitation $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ S.I.}$; $g_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$; R_T (rayon de la Terre) = 6 380 km ; M_L (masse de la Lune) = $7,34 \cdot 10^{22} \text{ kg}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ S.I.}$

EXERCICE 1 : Forces de gravitation, Champ de gravitation / 6 points

NB : Les questions 1 et 2 sont indépendantes

1- Variation du champ de gravitation / 3 points

Le champ de gravitation créé par un corps à répartition sphérique de masse est donné par la relation :

$$\vec{g}(P) = -G \frac{M}{r^2} \vec{u}_{OP}$$

- 1.1. Qu'est-ce qu'un corps à répartition sphérique de masse ? 0,5 pt
- 1.2. Faire un schéma et préciser la signification de chacun de termes de la relation précédente. 0,75pt
- 1.3. Exprimer la valeur g_0 du champ de pesanteur au niveau du sol en fonction de la masse M_T de la Terre et du rayon terrestre R_T . En déduire la valeur de la masse de la Terre. 0,75pt
- 1.4. Un satellite évolue à l'altitude h au dessus de la Terre. Pour quelle valeur de h , le champ de pesanteur pour cette altitude vaut $g = \frac{g_0}{2}$? 0,5 pt
- 1.5. Calculer pour $h = 300 \text{ km}$, la valeur de force de gravitation qui s'exerce sur un satellite de masse 1 tonne. 0,5 pt

2- Champ de pesanteur uniforme

On admet que la Terre est à répartition sphérique de masse.

- 2.1. A une altitude $z \ll R_T$ au-dessus du sol, calculer la hauteur maximale z_m si l'on veut que la variation relative $\frac{g_0 - g(z)}{g_0}$ ne dépasse pas 0,1%. 1 pt
- 2.2.
- 2.2.1. Calculer l'angle θ entre les deux directions du vecteur champ de gravitation \vec{g}_0 , pour deux points situés sur la Terre et distants de 10 km. 0,75 pt
- 2.2.2. A quelle distance doit-on placer une pièce de 10 F ($\phi = 23 \text{ mm}$) pour la voir sous cet angle ? 0,75 pt
- 2.3. Conclure par une estimation du domaine d'uniformité du champ terrestre. 0,5 pt
- On rappelle pour $\epsilon \ll 1$, $(1 + \epsilon)^n \approx 1 + n\epsilon$

EXERCICE 2 : Forces électriques, Champ électrique. / 4 points

NB : Les questions 1, 2 et 3 sont indépendantes

1. Champ électrique uniforme

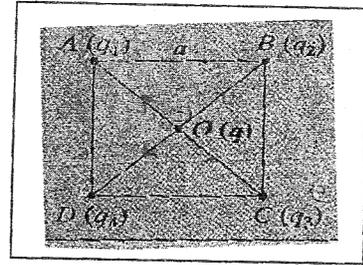
Dans une certaine région de l'espace muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, on crée un champ électrique uniforme $\vec{E} = E_0 \vec{j}$ avec $E_0 = 2500 \text{ V.m}^{-1}$. L'unité de longueur est le mètre.

1.1. Déterminer l'expression vectorielle, puis la valeur de la force électrique exercée sur une particule $\alpha (\text{He}^{2+})$ placée en un point A tel que $\vec{OA} = 0,1\vec{i} + 0,2\vec{j}$. 0,5 pt

1.2. Déterminer la force électrique exercée sur un ion chlorure (Cl^-) placé en un point B tel que $\vec{OB} = 0,2\vec{i} + 0,1\vec{j}$. 0,5pt

2- Champ électrique résultant

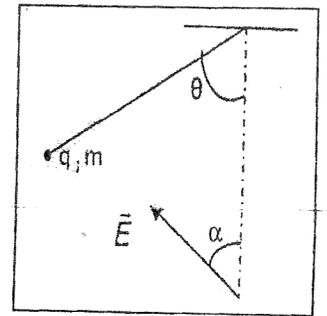
Soit un carré ABCD de côté $a = 10 \text{ cm}$ et de centre O.
On place, en A la charge électrique $q_1 = +5 \mu\text{C}$, en B la charge électrique $q_2 = +10 \mu\text{C}$, en C la charge électrique $q_3 = +15 \mu\text{C}$, en D la charge électrique $q_4 = +20 \mu\text{C}$ et en O la charge électrique $q = +2 \mu\text{C}$.



Déterminer la force électrique \vec{F} s'exerçant sur la charge q. 1,5 point

3. Pendule électrique

On réalise un pendule électrostatique en fixant à l'extrémité d'un fil inextensible, de masse négligeable, une boule ponctuelle de masse $m = 1 \text{ g}$ et portant une charge électrique $q = 10^{-6} \text{ C}$. Le pendule est placé dans un champ électrique uniforme d'intensité 1400 V.m^{-1} , dont les lignes de champ font un angle $\alpha = 30^\circ$ avec la verticale. A l'équilibre le pendule fait un angle θ avec la verticale.



3.1- Représenter les forces appliquées à la boule est à l'équilibre 0,5 pt

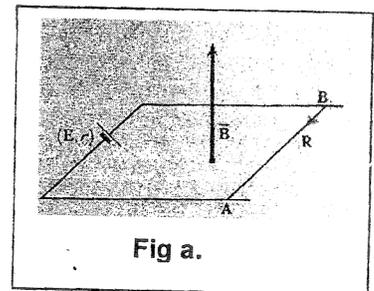
3.2- Déterminer l'angle θ . 1 pt

EXERCICE 3 : Forces et Champs / 6 points

NB : Les questions 1 et 2 sont indépendantes.

1. Equilibre d'un rail dans un champ magnétique uniforme.

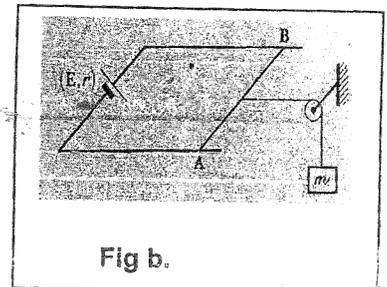
On considère deux rails parallèles de résistance négligeable sur lesquels est posé un conducteur AB, de longueur ℓ et de résistance R. L'ensemble est plongé dans un champ magnétique uniforme \vec{B} , perpendiculaire aux rails. Le circuit est fermé sur une pile de force électromotrice constante E, de résistance interne r (fig. a).



On donne : $\ell = 10 \text{ cm}$; $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$; $R = 4 \Omega$; $E = 10 \text{ V}$;
 $r = 1 \Omega$; $B = 0,5 \text{ T}$.

1. Le courant circulant dans le sens indiqué, Donner le sens et l'intensité force qui s'exerce sur AB. 0,75 pt

2. Pour rétablir l'équilibre, on relie le conducteur AB à une masse m, par l'intermédiaire d'une poulie de masse négligeable (fig. b). Le fil est fixé au milieu de AB. Calculer m pour qu'il y ait équilibre. 0.75 pt



3. Différentes mesures de m ont été faites pour des valeurs de I variables. On trouve alors le graphique ci-après (fig. c).

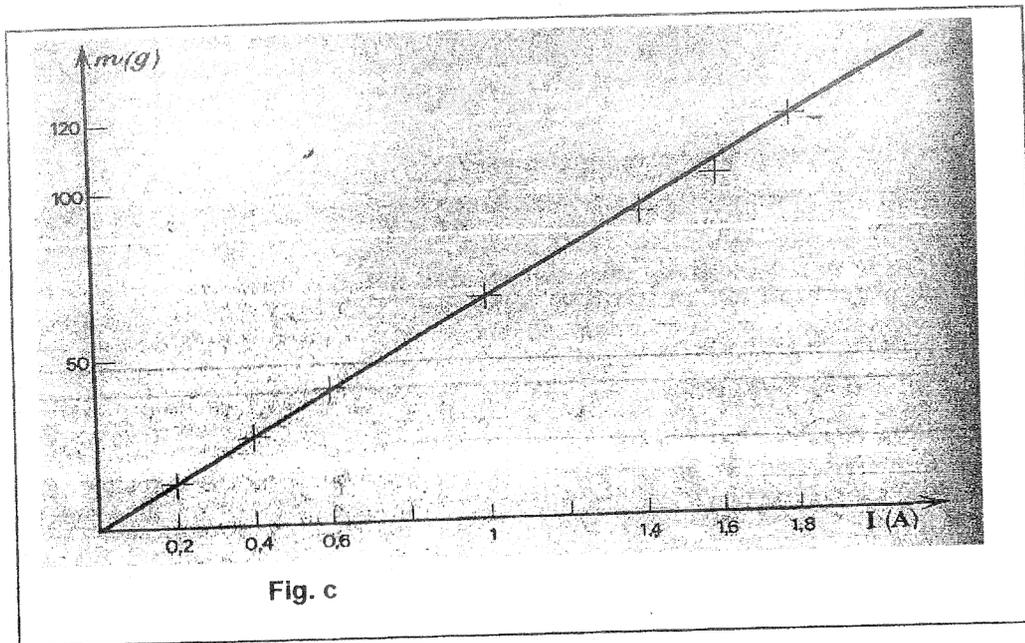


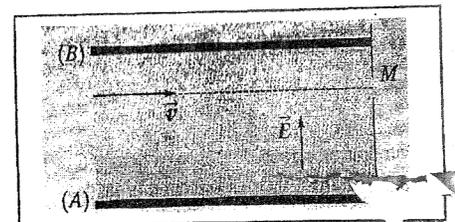
Fig. c

Que vaut B.

1 pt

2. Superposition des champs. / 3 points

Un faisceau de particules électrisées positivement pénètre avec un vecteur vitesse \vec{v} horizontal entre deux plaques conductrices A et B, parallèles, horizontales et distantes de d . On établit entre les plaques une tension U telle que le champ électrique \vec{E} soit orienté vers le haut.

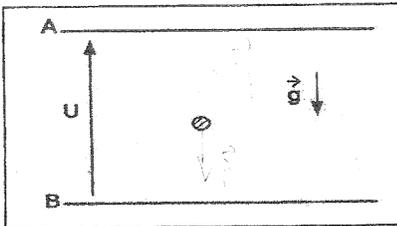


1. Dans cette région de l'espace règne aussi un champ magnétique uniforme \vec{B} orthogonal à \vec{v} .
 - 1.1. Déterminer à quelle condition le faisceau de particules traverse le dispositif en ligne droite (ce qui lui permet d'atteindre l'orifice M). 0,75 pt
 - 1.2. Le vecteur champ électrostatique \vec{E} ayant la direction et le sens indiqués sur le schéma, préciser le sens du vecteur \vec{B} satisfaisant à cette condition et le représenter. 0,75 pt
 - 1.3. Calculer la vitesse v lorsque $B = 0,1 \text{ T}$ et $E = 10^4 \text{ V.m}^{-1}$. 0,5 pt
2. Le faisceau n'est plus constitué de particules identiques, mais par des ions ${}^4_2\text{He}^{2+}$ et ${}^3_2\text{He}^{2+}$, de masses respectives $m_1 = 6,65 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ et $m_2 = 5,01 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, préalablement accélérés à partir d'une vitesse par une même tension U_0 .
 - 2.1- Le champ magnétique ayant toujours pour valeur $B = 0,1 \text{ T}$, montrer (en appliquant le théorème de l'énergie cinétique) que la tension U est fonction de m , donc on peut recueillir en M l'un ou l'autre des isotopes. 0,75 pt
 - 2.2. Soit $U_1 = 100 \text{ V}$ la valeur de U qui permet de recueillir en M les ions ${}^4_2\text{He}^{2+}$. Exprimer la valeur U_2 de U qui permet de recueillir les ions ${}^3_2\text{He}^{2+}$ en M en fonction de U_1, m_1 et m_2 . 0,5 pt
Calculer U_2 . 0,25 pt

EXERCICE 4 : Expérience de Millikan. / 4 points.

« Millikan constate que les gouttelettes portaient toutes une charge qui était un multiple entier d'une charge élémentaire attirée à l'électron ».

On considère deux plaques métalliques A et B horizontales, parallèles, distantes de $d = 2,0$ cm entre lesquelles on peut appliquer une différence de potentiel $U = V_A - V_B > 0$. Dans l'espace limité par ces plaques règne une atmosphère gazeuse de masse volumique $\rho_0 = 1,3$ kg.m⁻³. On y pulvérise de la glycérine sous forme de gouttelettes sphériques de rayon r et de masse volumique $\rho = 1,25 \cdot 10^3$ kg.m⁻³. La force de frottement visqueux qui s'exerce sur une gouttelette de glycérine M est donnée par $\vec{F}_f = -6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot r \cdot \vec{v}$, où $\mu = 1,8 \cdot 10^{-5}$ S.I est le coefficient de viscosité de l'air et \vec{v} le vecteur vitesse de M.



Un faisceau de rayon X ionise l'atmosphère ce qui provoque des transferts de charges sur les gouttelettes de glycérine. Le mouvement de celles-ci est observé avec un microscope muni d'un micromètre.

1- Etablir le bilan des forces appliquées à une gouttelette de glycérine. Donner pour chacune de ces forces son expression vectorielle. 1 pt

2- La tension U est tout d'abord nulle. La gouttelette tombant à vitesse constante, Donner cette vitesse limite verticale v_0 de la gouttelette de glycérine en fonction de ρ , ρ_0 , r , g et μ . 0,75 pt

3- On applique à présent une tension U_1 telle qu'un certain nombre de gouttelettes sont immobiles.

Montrer que la charge q_0 portée par celles-ci est donnée par $q_0 = -18\pi \frac{\mu v_0 d}{U_1} \sqrt{\frac{\mu v_0}{2(\rho - \rho_0)g}}$ 0,75pt

4- Une observation prolongée montre qu'une proportion non négligeable des gouttelettes a un mouvement vertical ascendant uniforme de vitesse v_1 . Interpréter et calculer la charge q_1 de chacune de ces gouttelettes en fonction de ρ , ρ_0 , U_1 , d , v_0 , g , v_1 et μ . 0,5pt

5- On mesure $v_0 = 4,91 \cdot 10^{-4}$ m.s⁻¹ et $v_1 = 4,90 \cdot 10^{-4}$ m.s⁻¹. Calculer numériquement q_0 et q_1 sachant que $U_1 = 37440$ V. 0,75pt

- Millikan a ainsi pu calculer d'autres valeurs de la charge q des gouttelettes de glycérine par cette expérience. Quelle conclusion a-t-il pu tirer de ces mesures ? 0,25 pt