NOM, PRENOM (en majuscules) ….………………………...…………………….……

SECTION (barrer la mention inutile)

Biologie **Géographie** **Géologie**

PHYS-F-205

Physique 2

Examen du 6 juin 2012

I. Théorie (20 points – 1 heure 15')

Justifiez toujours vos réponses.
(les simples affirmations du type oui / non ne sont pas prises en compte)

Les résultats numériques doivent être exprimés
- en unités du Système international ;
- avec la précision adéquate, sous peine d'être considérés comme incorrects.

Note théorie : **/20**

1. Énoncez la loi de Gauss de l'électrostatique dans un milieu de permittivité ϵ , en définissant toutes les grandeurs que vous introduisez. Appliquez-la au calcul du champ électrique à une distance r d'une charge ponctuelle négative (-Q).
(5 points)

Loi de Gauss :

$$\int_S \vec{E}.d\vec{S}=\frac{Q_{tot}}{\epsilon}$$

où :

$\vec{E}$ est le champ électrique ;
S est une surface fermée ;
$d\vec{S}$ est un élément de surface orienté, dont l'orientation est perpendiculaire à S ; et
Q_{tot} est la charge électrique totale enfermée dans S.

Le champ autour d'une charge ponctuelle est dirigé selon le rayon et sa norme ne dépend que de r par symétrie. On choisit donc comme surface de Gauss une sphère de rayon r centrée sur la charge :

$$\int_S \vec{E}(r).d\vec{S}=\int_S E(r).\vec{1}_r.dS.\vec{1}_r=\int_S E(r).dS=E(r).\int_S dS=E(r).4\pi r^2.$$

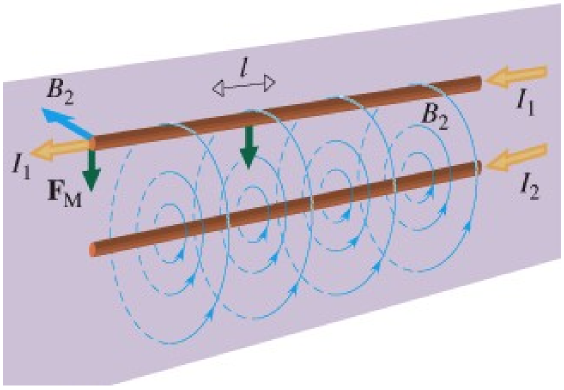
Donc :

$$E(r)=\frac{-Q}{4\pi\epsilon r^2}.$$

2. Donnez les unités des grandeurs physiques suivantes dans le système international :
a) circulation du champ magnétique
b) résistance électrique
c) charge électrique
(3 points)

a) le Tesla.mètre, T.m
b) l'Ohm, Ω
c) le Coulomb, C

3. Donnez et expliquez la définition pratique de l'unité de courant électrique dans le système international de mesures.
(4 points)



L'unité de courant dans le S.I. est l'ampère [A]. Sa définition pratique est basée sur la force magnétique qu'exercent les courants électriques les uns sur les autres :

Pour deux conducteurs rectilignes parallèles distants de R dans le vide, le champ magnétique produit par le courant I_2 à l'endroit du conducteur parcouru par I_1 vaut :

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi R}.$$

La force magnétique exercée par B_2 sur une longueur L de conducteur parcouru par I_1 vaut :

$$F = B_2 . I_1 . L$$

Si $I_1 = I_2 = 1$A et R=1m, alors par mètre de longueur de fil (L=1m) la force magnétique vaut :

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi R} = \frac{4\pi 10^{-7} 1.1.1}{2\pi .1} = 2.10^{-7} N.$$

→ définition de l'ampère : c'est l'intensité du courant qui, circulant dans deux conducteurs rectilignes parallèles distants de 1 m dans le vide, provoque une force magnétique de 2.10^{-7} N par mètre de conducteur.

4. A quoi sert un transformateur de tension dans un circuit alimenté en courant alternatif ? Expliquez le principe de fonctionnement d'un transformateur à noyau ferromagnétique.
(4 points)

Un transformateur de tension sert à changer l'amplitude d'une tension alternative.

Il est constitué d'un bobinage primaire de N_P spires et d'un bobinage secondaire de N_S spires, enroulées sur le même noyau ferromagnétique.

Le flux magnétique ϕ_B est concentré dans le noyau car la perméabilité du noyau est beaucoup plus grande que celle de l'air. C'est donc le même flux qui traverse les spires du bobinage primaire et du bobinage secondaire.

Par la loi d'induction de Faraday, la f.é.m aux bornes du primaire s'exprime comme :

$$e_P(t) = -N_P \frac{d\phi_B}{dt}$$

et la f.é.m aux bornes du secondaire s'exprime comme :

$$e_S(t) = -N_S \frac{d\phi_B}{dt}.$$

Le transformateur change donc l'amplitude de la tension d'un facteur :

$$\frac{e_S(t)}{e_P(t)} = \frac{N_S}{N_P}.$$

5. Donnez l'expression de la vitesse des ondes électromagnétiques dans le vide en fonction d'autres constantes de la nature, en définissant ces dernières.
(2 points)

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

où :

ϵ_0 est la permittivité du vide et μ_0 est la perméabilité du vide.

6. Dans certaines voitures hybrides, lors du freinage, une partie de l’énergie cinétique est récupérée pour charger la batterie de la voiture.
a) Nommez le phénomène physique qui permet cette conversion d’énergie. (1 point)
b) Donnez le nom d'un appareil qui peut être utilisé pour réaliser cette conversion. (1 point)

a) l'induction
b) une dynamo ou un alternateur ou un générateur

NOM, PRENOM (en majuscules) ..………………………...…………………..……

SECTION (barrer la mention inutile)

Biologie **Géographie** **Géologie**

PHYS-F-205

Physique 2

Examen du 6 juin 2012

II. Exercices (20 points – 2 heures)

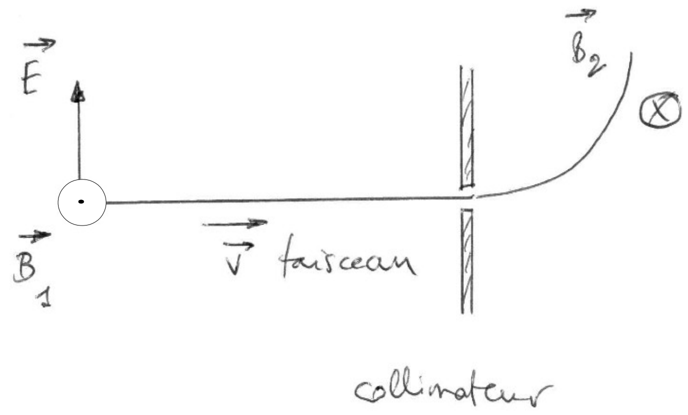
<u>Justifiez toujours vos réponses.</u>
(les simples affirmations du type oui / non ne sont pas prises en compte)

Les résultats numériques doivent être exprimés
- en unités du Système international ;
- avec la précision adéquate, sous peine d'être considérés comme incorrects.

Questions (/04)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Note totale exercices : **/20**

1. Un faisceau de particules de différentes masses, charges et vitesses traverse un dispositif où règne un champ électrique de 100 V/cm perpendiculaire à la direction du faisceau et un champ magnétique de 0,40 T perpendiculaire au champ électrique et à la direction du faisceau. Les particules qui ne sont pas déviées par le dispositif sont sélectionnées par un collimateur et sont ensuite envoyées dans un champ magnétique de 2,0 T perpendiculaire à la direction du faisceau. Calculez le rayon de la trajectoire des protons du faisceau dans le deuxième champ magnétique.
Prenez $1{,}7.10^{-27}$ kg et $1{,}6.10^{-19}$ C comme masse et charge du proton.
(4 points)



Pour que les particules ne soient pas déviées par le dispositif il faut que la somme des forces qui s'exercent sur eux soit nulle, soit :

$$q\vec{v}\times\vec{B}_1+q\vec{E}=0.$$

Comme $\vec{v}\times\vec{B}_1$ est dans la direction du champ électrique il faut que :

$qvB_1-qE=0$ donc $v=E/B_1$ (le dispositif agit comme un sélecteur de vitesse).

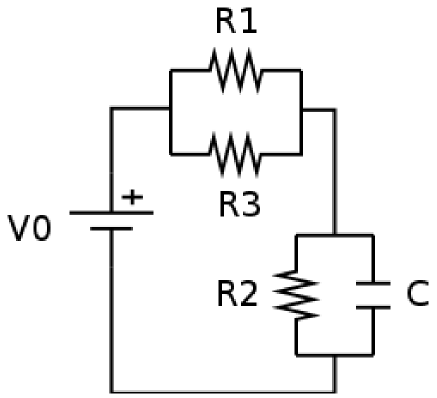
Dans le deuxième champ magnétique, les particules subissent une force $\vec{F}_M=q\vec{v}\times\vec{B}_2$ centrale car perpendiculaire au vecteur vitesse. Elles décrivent un MCU dont le rayon est donné par :

$$R=\frac{mv}{qB_2}=\frac{mE}{qB_1 B_2}$$

soit pour les protons :

$$R=1{,}3.10^{-4}\,m.$$

2. Dans le circuit ci-dessous, lorsque le condensateur est complètement chargé :
a) que vaut la charge stockée sur le condensateur ? (3 points)
b) que vaut la puissance dissipée dans le circuit ? (1 point)
Les valeurs des éléments du circuit sont : V0 = 5,4 V ; R1 = 1,2 kΩ ; R2 = 3,6 kΩ ; R3 = 1,4 kΩ et C = 15 nF.



a) La charge stockée sur le condensateur vaut :

$$Q = C.V_C$$

où V_C est la tension aux bornes de la capacité.
Dans la maille formée par R_2 et C on a :

$$V_C = R_2 . I$$

où I est le courant qui circule dans la résistance R_2 . Comme il n'y a plus de courant qui circule dans la capacité, le courant I traverse la résistance équivalente $R_1 \| R_3$ et la résistance R_2 en série :

$$V_0 = (R_1 \| R_3 + R_2) . I \quad ,$$

soit :

$$I = V_0 / (R_1 \| R_3 + R_2) .$$

avec :

$$R_1 \| R_3 = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = \frac{1{,}2.10^3 . 1{,}4 . 10^3}{1{,}2.10^3 + 1{,}4.10^3} = 0{,}646\, k\Omega .$$

Donc :

$$Q = \frac{C.R_2 . V_0}{R_1 \| R_3 + R_2} = \frac{15.10^{-9} . 3{,}6.10^3 . 5{,}4}{0{,}646.10^3 + 3{,}6.10^3} = 69\, nF.$$

b) La puissance dissipée dans le circuit vaut la puissance fournie par la source :

$$P = V_0 . I = \frac{V_0^2}{R_1 \| R_3 + R_2} = \frac{5{,}4^2}{4{,}246.10^3} = 6{,}9\, mW.$$

3. Une densité de charge uniforme est répartie à la surface d'un barreau de verre long, rectiligne et cylindrique de rayon R.
Quelle est la différence de potentiel entre un point situé à une distance r de l'axe du barreau et la surface de celui-ci, si la charge répartie vaut α Coulombs par mètre de barreau ? Distinguez les cas où r>R, r=R et r<R et supposez la longueur du barreau infinie.
(4 points)

Cas r>R :
On calcule d'abord le champ électrique en utilisant le théorème de Gauss avec une surface cylindrique de rayon r de même axe que le barreau et de longueur L. Le champ électrique est radial par symétrie, donc :

$$2\pi rL.E(r)=\frac{\alpha L}{\epsilon_0}$$

donc le champ électrique à une distance r de l'axe vaut :

$$\vec{E}(r)=\frac{\alpha}{2\pi r\epsilon_0}\vec{1}_r.$$

La différence de potentiel s'obtient par :

$$V(r)-V(R)=-\int_R^r \vec{E}.d\vec{r}=-\frac{\alpha}{2\pi\epsilon_0}\int_R^r\frac{1}{r}dr$$

$$V(r)-V(R)=-\frac{\alpha}{2\pi\epsilon_0}(\ln r-\ln R).$$

Cas r=R :

$$V(R)-V(R)=0$$

évident. Se justifie aussi sans l'expression de V(r) car les équipotentielles sont des cylindres par symétrie.

Cas r<R :
On applique le théorème de Gauss avec une surface cylindrique de rayon r <R. La charge étant repartie sur la surface du barreau, il n'y a pas de charges incluses dans la surface donc le flux du champ doit être nul :

$$2\pi rL.E(r)=0.$$

Donc :

$$E(r)=0.$$

Donc :

$$V(r)-V(R)=0.$$

4. Un générateur de tension alternative est constitué d'un bobinage de 10 spires enroulées autour d'un cadre de 10 cm^2 de surface qui tourne à une vitesse angulaire constante de 110 tours/seconde dans un champ magnétique de 0,44 Teslas perpendiculaire à l'axe de rotation du cadre. Une résistance de 120 Ω est connectée au générateur.
a) Etablissez l'expression de la puissance dissipée dans la résistance en fonction du temps.
(3 points)
b) Quelle est la puissance efficace dissipée ?
(1 point)

a) La puissance dissipée dans la résistance est égale à la puissance produite par le générateur :

$$P(t)=e(t).i(t)$$

où e(t) et i(t) sont les expressions de la tension et du courant fournis par le générateur en fonction du temps.
La f.é.m aux bornes du bobinage s'exprime comme :

$$e(t)=NBS\omega\sin(\omega t)$$

où N, B, S et ω sont le nombre de spires, la norme du champ magnétique, la surface du cadre et la vitesse angulaire du cadre. Le courant fourni vaut :

$$i(t)=e(t)/R=\frac{NBS\omega}{R}\sin(\omega t).$$

La puissance dissipée dans la résistance en fonction du temps s'exprime donc comme :

$$P(t)=e(t).i(t)=\frac{(NSB\omega)^2}{R}\sin^2(\omega t)=\frac{(10.0,44.10^{-3}.2\pi.110)^2}{120}\sin^2(2\pi.110.t)$$

$$P(t)=7,7.10^{-2}[Watts].\sin^2(220\pi t)$$

Notez que cette expression correspond à un choix d'instant initial $t=0$ quand l'angle entre le champ magnétique et le vecteur normal à la surface de la spire vaut 0.

b) La puissance efficace est la puissance moyenne fournie au cours du temps. Elle vaut 1/2 fois la puissance maximale (v. cours) :

$$P_{eff}=\frac{7,7.10^{-2}W}{2}=3,9.10^{-2}W.$$

5. On lâche un barreau conducteur horizontal de longueur L, qui tombe en chute libre dans un champ magnétique d'intensité B, horizontal et perpendiculaire au barreau. Calculez l'expression de la force électromotrice qui s'établit entre les extrémités du barreau en fonction du temps.
(4 points)

La f.é.m entre l'extrémité A et l'extrémité B du barreau se calcule comme :

$$e = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

où $\vec{E}$ est le champ électrique qui règne dans le barreau.

Le barreau tombe avec une vitesse verticale :

$$\vec{v} = -g.t.\vec{1}_z$$

où $\vec{1}_z$ est un vecteur unitaire dirigé vers le haut. Les électrons du barreau subissent une force magnétique horizontale qui les pousse vers une extrémité du barreau :

$$\vec{F}_M = q\vec{v} \times \vec{B} = qvB\vec{1}_x = -qgtB\vec{1}_x \quad ,$$

où $\vec{1}_x$ est un vecteur unitaire dirigé parallèlement au barreau.

Les électrons bougent jusqu'au moment où la force électrique produite par l'excès de charges négatives à une extrémité du barreau et le défaut de charges négatives à l'autre extrémité compense la force magnétique :

$$-qgtB\vec{1}_x + q\vec{E} = 0.$$

Le champ électrique dans le barreau s'exprime donc comme :

$$\vec{E} = gtB\vec{1}_{x.}$$

L'expression de la f.é.m entre l'extrémité A et l'extrémité B du barreau est donc :

$$e = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = -E.L = -gtBL.$$