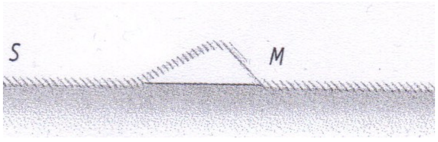
EPREUVE DE PHYSIQUE
Durée 1 heure

Questions Obligatoires

Exercice 1 : Propagation d'une onde le long d'une corde.

Une perturbation se propage le long d'une corde élastique.
À la date t=0 s, le front de l'onde quitte le point S (extrémité de la corde). Le retard du point M par rapport au point S est de 50 ms et la distance SM est de 2 m.



A. L'onde se propage à la vitesse de 0,04 m.s^{-1}

La vitesse de propagation dépend de la tension F de la corde selon la formule : $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$, μ étant la masse linéique de la corde en kg.m^{-1}.

B. La tension F peut s'exprimer en kg.m.s^{-2}

C. Si la vitesse de propagation est de 20 m.s^{-1} et μ = 10 g.m^{-1} alors la tension F a pour valeur 4 N.

On fixe un vibreur à l'extrémité de la corde tendue, une onde de fréquence $\nu = 25 Hz$ se propage le long de la corde à la vitesse $v = 20 m.s^{-1}$.

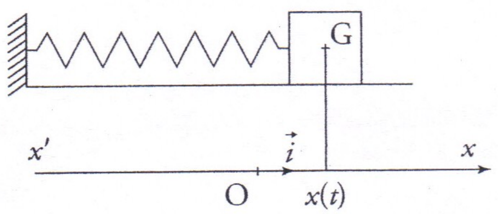
D. La longueur d'onde λ vaut 16 cm.

Un point M' se trouve à 4,4 m de la source S.

E. Les points M et M' vibrent en phase.

Exercice n°2 : Oscillations horizontales.

Un pendule élastique est constitué d'un solide de centre d'inertie G, de masse m= 500 g relié à un ressort de raideur k= 5 N.m^{-1}. Le solide peut coulisser sans frottement sur une tige horizontale. À l'équilibre, le centre d'inertie coïncide avec l'origine de l'axe.



On donne : $\pi^2 \approx 10$.
Le mouvement du solide est étudié dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

A. L'équation différentielle du mouvement s'écrit : $\frac{d^2x(t)}{dt^2} - \frac{k}{m}x(t) = 0$.

B. La période des oscillations est T ≈ 20 s.

On écarte le solide de sa position d'équilibre telle que x = 2 cm puis on le lâche sans vitesse initiale.

C. À l'abscisse x = -2 cm, la tension F du ressort vaut 10 N.

D. À un instant t, $x(t) = 1 cm$. L'énergie cinétique a alors pour valeur Ec = 7,5×10^{-4} J.

E. À cet instant t, l'énergie potentielle est nulle.

Exercice n°3 : Chute verticale.

Dans le cas de la chute verticale d'un grêlon, on obtient l'équation différentielle suivante :

t (s)	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
v(m.s^{-1})	0,00	4,90	9,61	13,8	17,2	v_5	21 ,6
a (m.s^{-2})	a_0	9,43	8,36	6,83	a_4	3,69	2,49

$\frac{dv(t)}{dt} = A - B.v(t)^2$ avec A ≈ 10 m.s^{-2} et B=1,5.10^{-2} m^{-1}.

On résout l'équation par la méthode d'Euler et on obtient les résultats suivants :

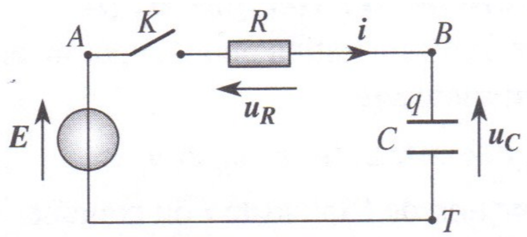
$$\sqrt{\frac{20}{3}} \approx 2,5 \ ; \ \sqrt{\frac{3}{20}} \approx 0,38$$

A. Le terme $-B.v^2$ correspond à l'expression de la force de frottement due à l'air.
B. A la date $t_0 = 0$, $a_0 = 0$.
C. A la date t_5=2,50 s, $v_5 = a_4.\Delta t + v_4$.
D. La valeur de la vitesse limite est v_{lim} = 25,0 m.s^{-1}
E. Par la méthode d'Euler, plus le pas est grand, plus la modélisation obtenue est proche de la réalité.

Exercice n°4 : Circuit RC.

Dans le circuit représenté ci-après, le condensateur est déchargé et on ferme l'interrupteur à la date t=0.

On donne : $U_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$,
E=10 V
R= 100 kΩ.



A. On a la relation : $i(t) = \frac{1}{C}.\frac{dU_C(t)}{dt}$

B. L'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur s'écrit :

$$E = U_C(t) - RC\frac{dU_c(t)}{dt}$$

C. L'expression de la tension aux bornes de la résistance R est $U_R(t) = E / e^{-t/\tau}$

D. La valeur de l'intensité maximale du courant est 0,10 mA.

E. L'énergie accumulée dans le condensateur à la date t est $E_{cond} = \frac{1}{2}\frac{q^2(t)}{C}$.

Exercice n°5 : Désintégration spontanée.

Le potassium 40 ${}^{40}_{19}K$ est radioactif et se désintègre en donnant de l'argon 40 ${}^{40}_{18}Ar$.
La demi-vie du potassium 40 est de 1,5 10^9 ans.

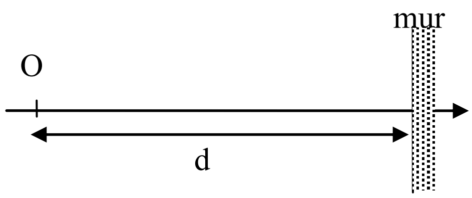
- **A.** Ces deux noyaux sont des isotopes.
- **B.** Il s'agit d'une désintégration β^+
- **C.** Lors d'une désintégration, il y a conservation du nombre de protons.

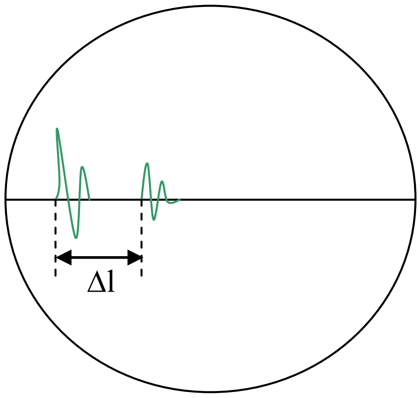
L'analyse d'une météorite montre la présence de potassium 40 et d'argon 40.
On suppose que l'argon 40 provient uniquement de la désintégration du potassium 40 qui débute dès la formation de la météorite à la date t = 0.
À la date t, on mesure : $N_K(t) = 1{,}0 \times 10^8$ noyaux et $N_{Ar}(t) = 3{,}0 \times 10^8$ noyaux.

- **D.** À la date t= 0, il n'y avait aucun noyau de potassium 40.
- **E.** L'âge de la météorite est de $3{,}0 \times 10^9\ ans$.

Exercice n°6 : Propagation.

Pour déterminer la vitesse du son, on envoie un "clap" du point O, à la distance d = 17 m d'un mur. Un oscilloscope à mémoire placé au voisinage de O enregistre les deux impulsions correspondant au "clap" et à son écho. Le son se propage dans l'air à la vitesse $v = 340\ \text{m.s}^{-1}$.





Oscillogramme

A. L'intervalle de temps Δt qui sépare l'émission du "clap" et de son écho vaut $\Delta t = 0{,}05\,\text{s}$.

Sur l'oscillogramme obtenu, les deux impulsions (source et écho) sont distantes de $\Delta l = 2$ cm.
B. La vitesse de balayage de l'oscilloscope est réglée sur 20 cm/s.

La vitesse du son est proportionnelle à la racine carrée de la température du milieu.
C. Si la température de l'air augmente, la distance Δl sur l'oscillogramme augmente.

On remplace le « clap » par une source émettant un son sinusoïdal de fréquence 2000 Hz.

- **D.** La longueur d'onde est λ = 17 cm.
- **E.** Le son sinusoïdal passe une porte de largeur L=70 cm. Il subit une diffraction quasiment négligeable.

Exercice n°7 : Trajectoires.

Un satellite artificiel est placé en orbite circulaire basse: le rayon de sa trajectoire est:
r_1 = 6700 km, et sa période T_1 = 90 mn.
On veut le faire passer en orbite géostationnaire de rayon r_2 = 42000 km et de période T_2 = 24 heures.
L'orbite de rayon r_1 est un cercle de périmètre: $L_1 = 2\pi \cdot r_1 = 42100$ km.

A. La vitesse du satellite sur l'orbite de rayon r_1 a pour valeur approchée $v_1 = 8$ km.s^{-1}

B. La vitesse v_2 sur l'orbite géostationnaire s'écrit: $v_2 = \sqrt{\dfrac{r_2}{r_1}} \cdot v_1$

C. Entre les deux trajectoires, la variation d'énergie cinétique s'écrit $\Delta E_c = \dfrac{1}{2} m v_1^2 \left(\dfrac{r_1 - r_2}{r_2} \right)$

D. Entre l'orbite géostationnaire et l'orbite basse, la variation d'énergie potentielle s'écrit:

$$\Delta E_p = m v_1^2 \left(\frac{r_2 - r_1}{r_2} \right)$$

Pour faire passer le satellite de l'orbite basse à l'orbite géostationnaire, il faut lui fournir l'énergie $\Delta E = \dfrac{1}{2} \Delta E_p$.

E. Les grandeurs T_1,r_1,T_2 et r_2 vérifient la relation : $T_1^2 . r_2^3 = T_2^2 . r_1^3$

Exercice n°8: Vitesse et accélération.

Le centre d'inertie d'un solide de masse m = 100 g est en mouvement. Il possède, à chaque instant, les coordonnées suivantes dans un repère orthonormé :

$x(t) = 3t$ et $y(t) = 4t^2 + 6t$

A. Le mouvement est rectiligne.
B. À la date t=0, le centre d'inertie est à l'origine du repère.
C. À la date t=0,5 s, v ≈ 10 m.s^{-1}.
D. L'accélération est constante et vaut 4 m.s^{-2}.
E. La valeur F de la somme vectorielle des forces extérieures auxquelles est soumis le solide vaut 0,80 N.

Questions à choisir (4 questions à choisir parmi les suivantes)

Exercice n°9 : Onde sonore.

La vitesse du son est $v_{son} = 340$ m.s^{-1}
Un orage éclate et on entend le tonnerre 5 secondes après avoir vu l'éclair.

A. Une onde sonore se propage dans le vide.
B. L'onde sonore est une onde transversale.
C. Une onde sonore transporte de l'énergie.
D. On se trouve à 1700 m de l'orage.
E. Le tonnerre se transforme parfois en un long grondement : c'est le phénomène de diffraction.

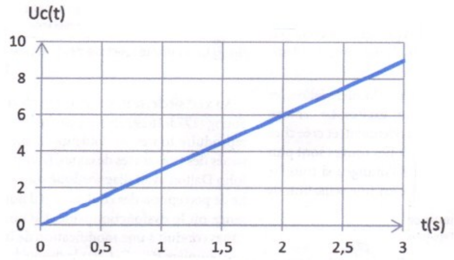
Exercice n°10 : Phénomène de diffraction.

Un rayon laser, de longueur d'onde dans le vide λ= 600 nm traverse une fente verticale de largeur *a*.
On place un écran à une distance D = 3 m de la fente.
Donnée : vitesse de la lumière : c= 3.10^8 m.s^{-1}

A. Le faisceau est de couleur rouge.
B. La fréquence de l'onde est de 5.10^{14} Hz
C. La figure de diffraction obtenue est de direction verticale.
D. La largeur de la tache centrale est $d = \dfrac{2\lambda D}{a}$
E. On place l'écran à 5 m. La figure ne change pas.

Exercice n°11 : Charge d'un condensateur.

On charge un condensateur de capacité C à l'aide d'un générateur à courant constant d'intensité I = 12 µA. L'armature A est reliée à la borne positive du générateur. On obtient la courbe suivante :



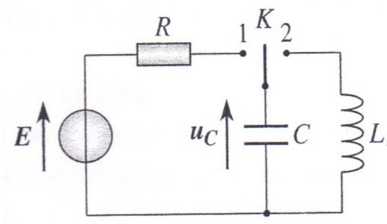
A. La charge de l'armature A est négative.
B. A la date t= 3 s, l'une des armatures porte la charge q = 36 µC.
C. La pente k de la droite Uc(t) a pour expression : k= I/C
D. La capacité du condensateur est C = 24 µF.
E. La charge dure 10 s. L'énergie emmagasinée par le condensateur est de 60 mJ.

Exercice n°12 : Décharge d'un condensateur dans une bobine.

Le condensateur est d'abord chargé (interrupteur en position 1), puis on bascule l'interrupteur en position 2 à la date t = 0.

L = 10 mH ; C = 10 µF ;

Aide au calcul : $4\pi^2 \approx 40$.



A. À la date t=0, l'énergie est entièrement dans le condensateur.
B. La période des oscillations dans le circuit est alors de 2 ms.
C. L'énergie dans la bobine est maximale à la date t = 0,5 ms.

En réalité, la bobine possède une résistance r.

D. L'équation différentielle de la charge électrique dans le condensateur est :

$$q(t) + rC\frac{dq(t)}{dt} + LC\frac{d^2q(t)}{dt^2} = 0$$

E. L'énergie perdue par effet Joule peut être compensée par un circuit électronique dit « à résistance négative »

Exercice n°13 : Circuit RL.

Une bobine est montée en série avec un générateur de fem E= 6,5 V, une résistance R= 100 Ω et un interrupteur. Un système d'acquisition est branché aux bornes de la résistance.
On ferme l'interrupteur à la date t = 0.

A. Une bobine favorise l'établissement du courant.
B. Le système d'acquisition mesure l'intensité du courant à une constante multiplicative près.
C. La tension aux bornes de la bobine s'écrit : $U_L = \frac{di(t)}{dt} + \frac{r}{L}.i(t)$
D. La constante de temps du circuit τ est égale à 1,2 ms.
L'inductance de la bobine est L = 0,12 H

E. Le régime est permanent pour t ≥ 6 ms.

Exercice n°14 : Niveaux d'énergie d'un atome.

L'énergie nécessaire à un atome pour passer de l'état fondamental à l'état ionisé s'appelle l'énergie d'ionisation E_i.
Pour l'atome d'hélium, E_i = 24,6 eV.

A. En admettant que l'ion hélium He^+ formé a une énergie nulle, l'énergie de l'atome d'hélium dans son état fondamental est de -24,6 eV.

L'atome d'hélium se trouve au niveau d'énergie E_2 = -21,4 eV.

B. La longueur d'onde de la radiation émise lors de la désexcitation vers l'état fondamental se calcule par $\lambda_{2/1} = \dfrac{E_2 - E_0}{hc}$

C. $\lambda_{2/1} = 387 nm$ est une radiation ultraviolette.

D. L'atome peut absorber toutes les radiations pour changer de niveau d'énergie.

E. L'atome d'hélium, dans son état fondamental, est percuté par un électron d'énergie 30 eV. Ce choc peut provoquer l'extraction d'un électron avec une énergie maximale de 5,4 eV.

Exercice n°15 : Désintégration

Un échantillon 1 contient des noyaux de cobalt ${}^{60}_{27}Co$, émetteur β^-, d'activité A_1= 0,60 MBq. Un échantillon 2 contenant des noyaux de césium 137 est constitué du même nombre de noyaux que l'échantillon 1.

$\lambda({}^{60}_{27}Co) = 4.10^{-9}\ s^{-1}$;. $t_{1/2}({}^{137}Cs) = 10^9\, s$ soit environ 31 ans.

ln(2)=0,7

A. Dans l'échantillon 1, il se forme un noyau de fer ${}^{60}_{26}Fe$ et un électron.

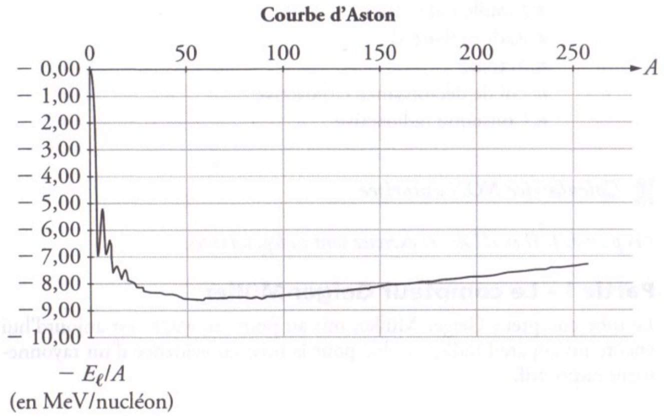
B. λ est la probabilité de désintégration d'un noyau par seconde.

C. L'échantillon 1 est constitué de $2,4\times10^{14}$ noyaux radioactifs.

D. L'échantillon 2 a une activité plus importante que l'échantillon 1.

E. La fonction $A(t) = A_0.e^{-t/\tau}$ est solution de l'équation différentielle : $\dfrac{dA(t)}{dt} + \lambda.A(t) = 0$

Exercice n°16 : Energie de liaison



L'énergie du soleil est libérée lors de réactions nucléaires nécessitant une température importante du type : $${}_{2}^{3}He + {}_{2}^{3}He \rightarrow {}_{Z}^{A}X + 2.{}_{1}^{1}H$$

- **A.** Lors des réactions nucléaires, il y a conservation du nombre de nucléons et donc conservation de la masse.
- **B.** Il s'agit d'une réaction de fusion qui libère des neutrons.
- **C.** Le noyau ${}_{Z}^{A}X$ formé est constitué de 4 nucléons dont 3 protons.

La courbe d'Aston donne $-\dfrac{E_l}{A}$ en fonction du nombre A.

- **D.** La cohésion du noyau est d'autant plus grande que $-\dfrac{E_l}{A}$ est grand.
- **E.** La réaction ci-dessus conduit à la formation d'un noyau dont l'énergie de liaison par nucléon $\dfrac{E_l}{A}$ est plus grande que celle du noyau initial ${}_{2}^{3}He$

Correction

1. F.V.V.F.V
2. F.F.F.V.F
3. F.F.V.V.F
4. F.F.F.V.V.
5. F.V.F.F.V
6. V.F.F.V.V
7. V.F.V.V.V
8. F.V.V.F.V
9. F.F.V.V.F
10. V.V.F.V.F
11. F.V.V.F.F
12. V.V.V.V.V
13. F.V.F.V.V.
14. V.F.V.F.V
15. F.V.F.F.V
16. F.F.F.F.V.