مجلس الخدمة المدنية
اللجنة الفاحصة
دائرة المباريات

مباراة للتعاقد مع اختصاصيين في مجال المعلوماتية للعمل لدى مصلحة المركز
الآلي الجمركي في مديرية الجمارك العامة في وزارة المالية

المدة: ١٢٠ دقيقة

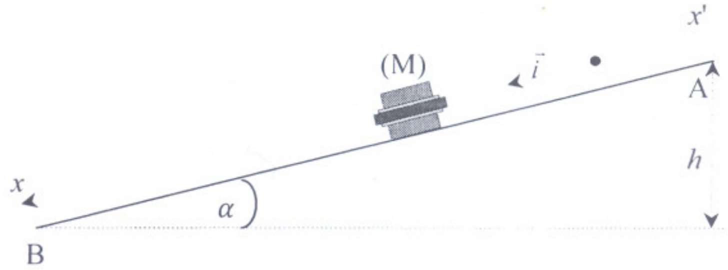
مسابقة في الفيزياء

لوظيفة اخصائي تشغيل

First exercise

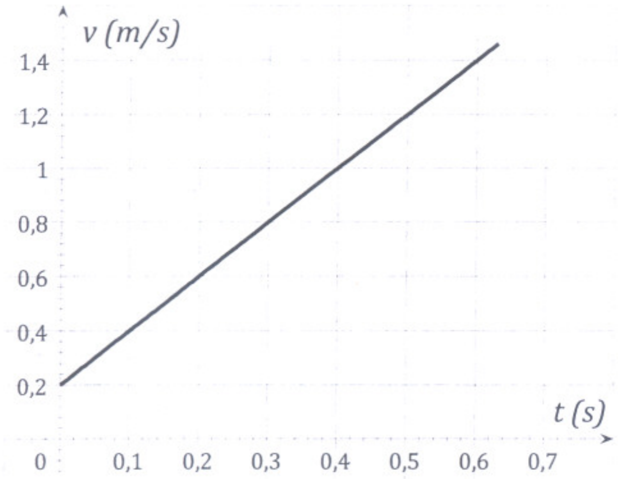
Determination of the fictional force of a puck

We propose to measure the intensity of the frictional force $\vec{f}$, which acts on a moving puck (M) by two different methods. This force is a constant magnitude, with direction opposed to the velocity $\vec{v}$. The puck (M), of inertia centre G, of mass m=220g, is released without speed on an inclined table, of an angle α = 15°, with respect to the horizontal. It passes at time t=0 at point A with a speed v_A. A system can trace the variations of the velocity v of (M) and the mechanical energy of the system (M, inclined table and Earth) as a function of time.

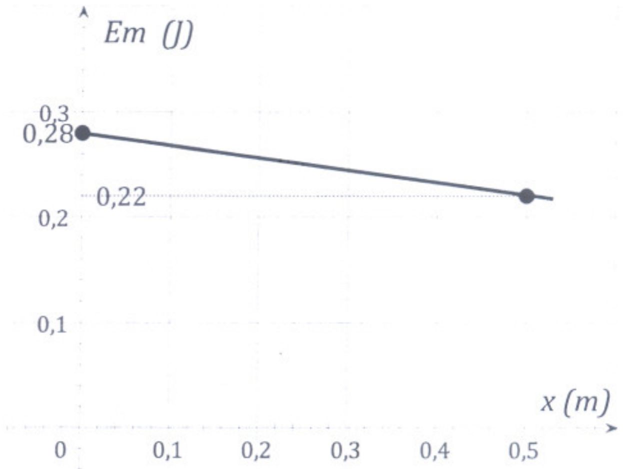


Given g = 9, 8 m. s $^{-2}$.

- Document 1, represents the evolution of the instantaneous velocity according to time.
- Document 2, represents the evolution of the mechanical energy according to the distance x.



Document 1



Document 2

We choose the horizontal plane passing by B as the ground level of the gravitational potential energy.

I. <u>Law related to the variation of the linear momentum</u>

1. Give the relation between the linear momentum $\vec{p}$ and the velocity $\vec{v}$.
2. Show that the linear momentum of the puck (M) is written in the form: p (t) = b. t + c, such as b and c are two constants to determine.
3. What are the forces acting on the puck (M)? Represent them on a diagram.
4. Check that the sum of the external forces is written $\sum F_{ext}\vec{i} = (mg\sin\alpha - f)\vec{i}$.
5. Determine the intensity of the frictional force f, by applying Newton's second law $\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext}$.

II. <u>Law related to the variation of the energy of the system</u>

1. Calculate the kinetic energy E_K and the gravitational potential energy E_{Pp} on level A of the system (puck, inclined plane and Earth), using the two documents above.
2. By using the principle "non conservation of mechanical energy" between A and B, distant of d, express $E_m(B)$ according to $E_m(A)$, d, and the intensity of the frictional force f.
3. Deduce the intensity of the frictional force f.

III. Compare the two results.

Second exercise

Determination of the inductance of a coil in a circuit RL

We propose to determine the inductance L of a coil starting from two independent experiments by using the following circuit:
The terminals A and B of a low frequency generator (*LFG*) are connected in series to a resistor of resistance $R = 1000\ \Omega$ and a coil of negligible resistance and inductance L (fig. 1).
An oscilloscope allows to visualize on the channel Y_A the voltage u_{AM} across the resistor and on the channel Y_B the voltage u_{MB} across the coil. (Button "INV" of channel Y_B is pressed to display the voltage u_{MB})
The adjustments of the oscilloscope are the same in both experiments:

- Base time: $b_h = 50\ \mu s/div$.
- Vertical sensitivities:
  - channel (Y_A): $S_{v\,(A)} = 0{,}5$ V/div
  - channel (Y_B): $S_{V\,(B)} = 1$ V/div

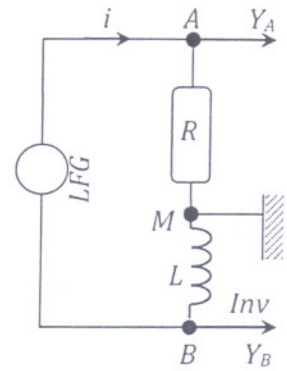


Figure 1

A. First experiment

The GBF delivers a triangular signal.
On the screen of the oscilloscope, we obtain the waveforms of figure 2.

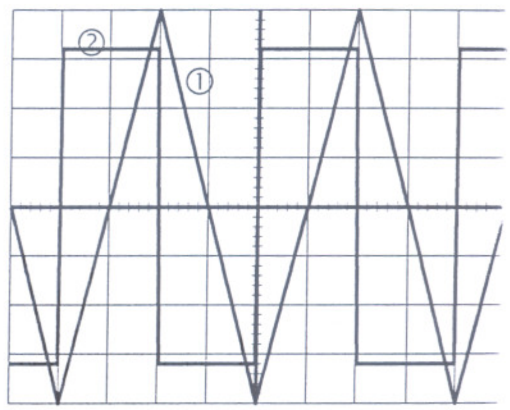


Figure 2

1. Write the relationship between the intensity *i* and the voltage u_{MB} and check that this voltage can be written: $u_{MB} = \frac{L}{R}\frac{du_{AM}}{dt}$ (1).
2. Use the relation (1) to justify the shape of curve ② that represents the voltage $u_{MB}(t) = u_L(t)$ across the coil.
3. Determine, starting from the relation (1), the unit of factor $\frac{L}{R}$.
4. Starting of the waveforms:
   a. Calculate u_{MB},
   b. Determine the slope $\frac{du_{AM}}{dt}$.
   c. Deduce the value of *L*.

B. Second experiment

The GBF now delivers a sinusoidal alternating voltage of frequency *f*. We regulate *f* to obtain, on the screen of the oscilloscope, the waveforms of figure 3.

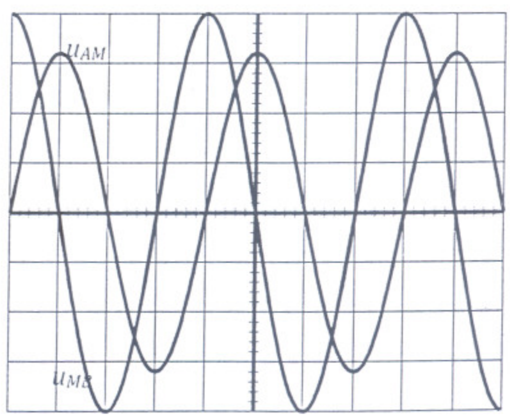


Figure 3

1. Which of the two voltages u_{AM} or u_{MB} makes it possible to deduce the variation of intensity *i* of the current according to time? Justify.
2. The adjacent waveforms show that intensity *i* lags behind the voltage u_{MB}.
   a. Which element of the circuit is responsible for this delay?
   b. This element is the seat of a physical phenomenon. Name this phenomenon.
3. Use figure 3 to determine the following:
   a. the period of the signal delivered by the G.B.F. ;
   b. the different phase between the voltage u_{MB} and intensity *i* of the electric current;
   c. The maximum values of the voltage across the coil and the intensity of the current in the circuit.
4. The intensity *i* of the current according to time is given by: $i = I_m \sin \omega t$.
   Determine the expression of the voltage across the coil u_{MB} and deduce the inductance L of the coil.

Take: $(4\pi)^{-1} = 0.08$.

Third exercise

The hydrogen from excitation to fusion

I. SPECTRUM OF LINE OF THE HYDROGEN ATOM

Joseph von **Fraunhofer** observed in **1814** dark absorption lines in the visible spectrum of the sun. These lines are caused by the presence of **hydrogen**, helium, sodium, calcium and other elements in the solar atmosphere.

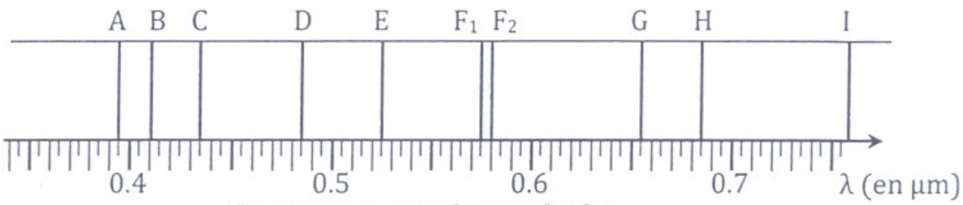
Given:

Celerity of the light in the vacuum: $c=3\times10^{8}$ m/s.

Planck's constant: $h = 6.626 \times 10^{-34}$ J.s

1 eV $= 1.602 \times 10^{-19}$ J

1. Here is an extract of the spectrum which is observed, where one can observe black rays on a continuous colored bottom, named has, B, C, D, E, F_1, F_2, G, H and I.



Spectrum rays of Fraunhofer

The simplified diagram of energy levels of hydrogen

   a. Are the rays observed above absorption or emission rays?

   b. We give the wavelengths of emission of the lines of the hydrogen atom:

λ (nm)	*410.1*	*434.0*	*486.1*	*656.3*

   Name the lines corresponding to the hydrogen atom, using the extract of the spectrum of Fraunhofer.

2. We give the diagram of energy levels of hydrogen.

   a. Which is the energy level of the fundamental state of the hydrogen atom?

   b. Determine the ionization energy of the hydrogen atom.

   c. The hydrogen atom being in a fundamental state receives the 3 following photons:

λ_{Photon} (μm)	*0.1216*	*0.2100*	*0.0900*

   Which of these 3 photons can be absorbed by the hydrogen atom, and in which state will the atom be after each absorption?

II. FUSION OF HYDROGEN IN A STAR

In **1919**, Jean **Perrin** and Arthur **Eddington**, on the basis of precise measurement taken by F.W. **Aston**, were the first to suggest that the stars produced their energy by the **nuclear fusion of hydrogen nucleus**.

A. The three equations that are indicated below represent the chains of nuclear fusion in stars.

${}_1^1H + {}_1^1H \to {}_2^2He + \gamma \to {}_1^2H + {}_1^0e + {}_0^0\nu$ (1) ${}_1^1H + {}_1^2H \to {}_2^3He$ (2) ${}_2^3He + {}_2^xHe \to {}_2^4He + y\,{}_1^1H$ (3)

1. Among the nucleus ${}_1^1H$, ${}_1^3H$ and ${}_2^3He$, which are isotopes? Justify.
2. Give the name of the particle ${}_1^0e$.
3. Determine the values of x and y in the third equation of reaction and justify the answer by specifying the laws used.

B. We consider from now on the following reaction $4\,{}_1^1H \to {}_2^4He + 2\,{}_1^0e + 2\gamma$.

We give the masses of the nucleus, in unit of atomic mass:

${}_1^1H$: 1.0073 u ${}_2^4He$: 4.0026 u ${}_1^0e$: 0.0006 u

$1\text{ u} = 935\ \frac{\text{MeV}}{c^2} = 1.66054 \times 10^{-27}$ kg.

1. Calculate the loss of mass corresponding to this fusion.
2. Deduce in MeV the value of the liberated energy by nucleon during this fusion.
3. The sun transforms, each second, 720 million tons of hydrogen to helium 4.
   Determine the loss of undergone mass, each second, by the sun.

مجلس الخدمة المدنية
اللجنة الفاحصة
دائرة المباريات

مباراة للتعاقد مع اختصاصيين في مجال المعلوماتية للعمل لدى مصلحة المركز
الآلي الجمركي في مديرية الجمارك العامة في وزارة المالية

المدة: ١٢٠ دقيقة

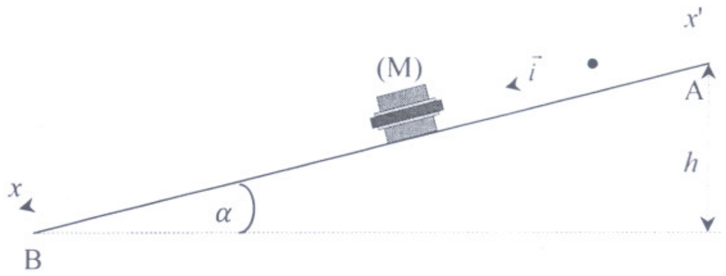
مسابقة في الفيزياء

لوظيفة اخصائي تشغيل

Premier exercice

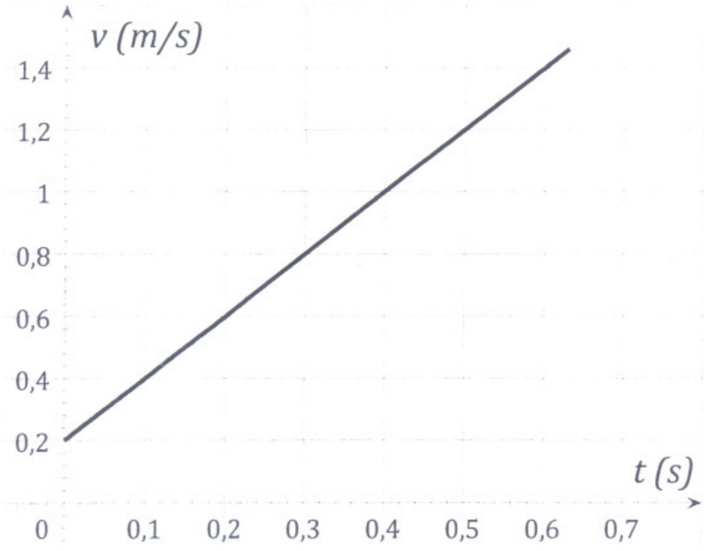
Détermination de la force de frottement d'un mobile

On se propose de mesurer l'intensité de la force de frottement $\vec{f}$ qui agit sur un mobile autoporteur (M) en mouvement par deux méthodes différentes. La force de frottement $\vec{f}$ est supposée constante, de sens opposé au vecteur vitesse $\vec{v}$. Le mobile(M), de centre d'inertie G, de masse m= 220 g, est abandonné sans vitesse sur une table inclinée d'un angle α = 15°, par rapport à l'horizontale. Il passe à l'instant t=0, par le point A avec une vitesse v_A. Au cours de son mouvement, le mobile suit la ligne de plus grande pente, de direction x'x, la position de G est repérée en fonction du temps par son abscisse x. Un système permet de tracer les variations de la vitesse v de (M) et de l'énergie mécanique du système (M, plan incliné, Terre) en fonction du temps.

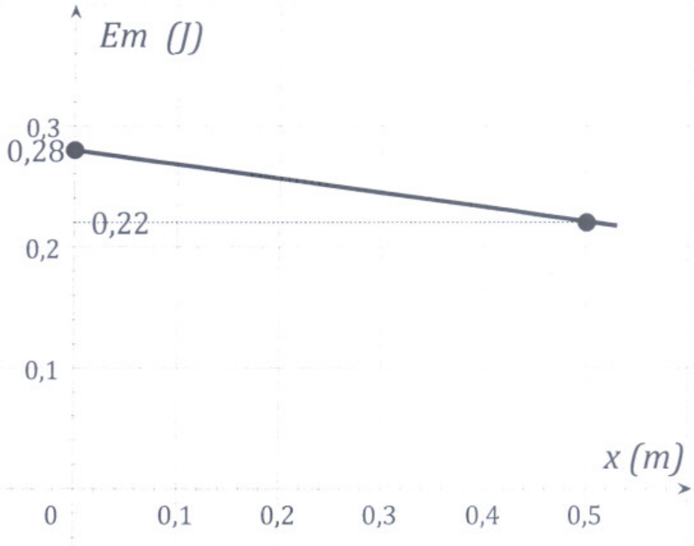


Données : g = 9,8 m. s^{-2}.

- Le document 1, représente l'évolution de la vitesse instantanée en fonction du temps.
- Le document 2, représente l'évolution de l'énergie mécanique en fonction de la distance x.



Document 1



Document 2

On choisit le plan horizontal passant par B comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

I. Loi relative à la variation de la quantité de mouvement

1. Donner la relation entre la quantité du mouvement $\vec{p}$ et le vecteur vitesse $\vec{v}$.
2. Démontrer que la quantité de mouvement du mobile (M) s'écrit sous la forme: $p(t)= b.\ t + c$, tel que b et c sont deux constantes à déterminer.
3. Faire l'inventaire des forces extérieures qui s'exercent sur (M) et les représenter sur un schéma.
4. Vérifier que la somme des forces extérieures s'écrit $\sum F_{ext} \vec{i} = (mg\sin\alpha - f)\vec{i}$.
5. Déterminer l'intensité de la force de frottement $\vec{f}$, en appliquant la deuxième loi de Newton $\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext}$.

II. Loi relative à la variation de l'énergie du système

1. Calculer l'énergie cinétique E_c et l'énergie potentielle de pesanteur E_{Pp} au niveau A du système (mobile, plan incliné et Terre), en s'aidant des deux documents.
2. En utilisant le principe de "non conservation de l'énergie mécanique" entre A et B, distants de d, exprimer E_m(B) en fonction de E_m(A), d et l'intensité de frottement f.
3. En déduire l'intensité de la force de frottement f qui agit sur le mobile.

III. Comparer les deux résultats.

Deuxième exercice

Détermination de l'inductance d'une bobine dans un circuit RL

On se propose de déterminer l'inductance d'une bobine à partir de deux expériences indépendantes en utilisant le circuit suivant :

Aux bornes A et B d'un générateur basse fréquence (G.B.F.) sont disposés, en série, un conducteur ohmique de résistance $R = 1000\ \Omega$ et une bobine d'inductance L et de résistance négligeable (Fig. 1). Un oscilloscope permet, de visualiser sur la voie Y_A, la tension u_{AM} aux bornes du conducteur ohmique et sur la voie Y_B la tension u_{MB} aux bornes de la bobine. (Le bouton «INV» de la voie Y_B est enfoncé pour visualiser la tension u_{MB})

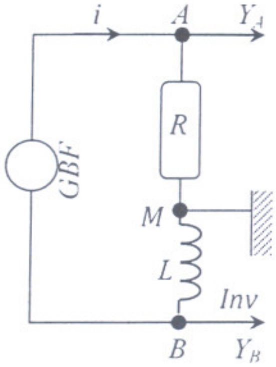


Figure 1

Les réglages de l'oscilloscope sont les mêmes dans les deux expériences :

- Base de temps : $b_h = 50\ \mu s/div$.
- Sensibilités verticales :
  - Voie (Y_A): $S_{v(A)} = 0,5$ V/div
  - Voie (Y_B): $S_{V(B)} = 1$ V/div

A. Première expérience

Le GBF délivre un signal triangulaire.

Sur l'écran de l'oscilloscope, on obtient les oscillogrammes de la figure 2.

1. Ecrire la relation liant l'intensité i à la tension u_{MB} et vérifier que cette tension peut s'écrire : $u_{MB} = \frac{L}{R}\frac{du_{AM}}{dt}$ (1).
2. Utiliser la relation (1) pour justifier la forme de la courbe ② représentant $u_{MB}(t) = u_L(t)$.
3. Déterminer, à partir de la relation (1) l'unité du facteur $\frac{L}{R}$.
4. À partir des oscillogrammes.
   a. Mesurer u_{MB}.
   b. Calculer le coefficient directeur $\frac{du_{AM}}{dt}$.
5. Déduire la valeur de L.

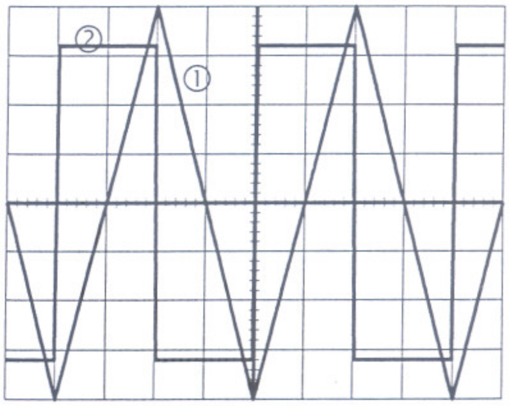


Figure 2

B. Deuxième expérience

Le GBF délivre maintenant une tension alternative sinusoïdale de fréquence f. On règle f pour obtenir, sur l'écran de l'oscilloscope, les oscillogrammes de la figure 3.

1. Laquelle des deux tensions u_{AM} ou u_{MB} permet de déduire la variation de l'intensité i du courant en fonction de temps ? Justifier.
2. Les oscillogrammes ci-contre, montrent que l'intensité i est en retard sur la tension u_{MB}.
   a. Quel est l'élément du circuit responsable de ce retard ?
   b. Cet élément est le siège d'un phénomène physique. Nommer ce phénomène.
3. Déterminer, à partir de la figure 3 :
   a. la période du signal délivré par le G.B.F. ;
   b. le déphasage entre la tension u_{MB} et l'intensité i du courant dans le circuit ;
   c. les valeurs maximales de la tension aux bornes de la bobine et de l'intensité du courant dans le circuit.
4. l'intensité i du courant en fonction du temps est donnée par : $i = I_m \sin \omega t$.
   Déterminer l'expression de la tension aux bornes de la bobine u_{MB} et déduire l'inductance L de la bobine.

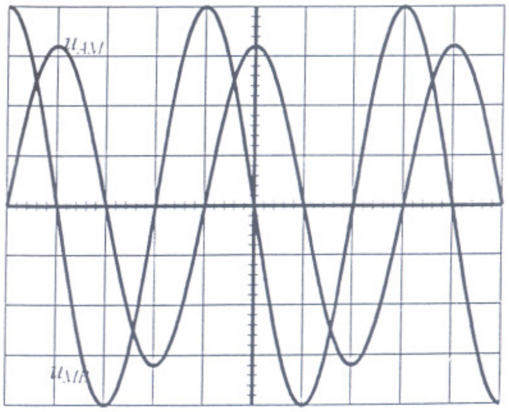


Figure 3

Prendre : $(4\pi)^{-1} = 0,08$.

Troisième exercice

L'hydrogène de l'excitation à la fusion

I. SPECTRE DE RAIE DE L'ATOME D'HYDROGENE

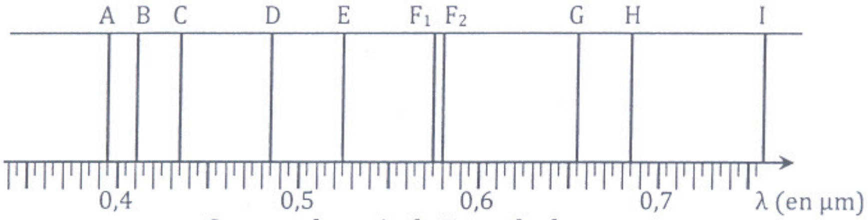
Joseph von **Fraunhofer** observa en **1814** de raies d'absorption sombres dans le spectre visible du soleil. Ces raies sont causées par la présence de **l'hydrogène**, de l'hélium, de sodium, de calcium et d'autres éléments dans l'atmosphère solaire.

<u>Données :</u> $1\ eV = 1,602 \times 10^{-19}\ J$

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3\times10^{8} m/s$.

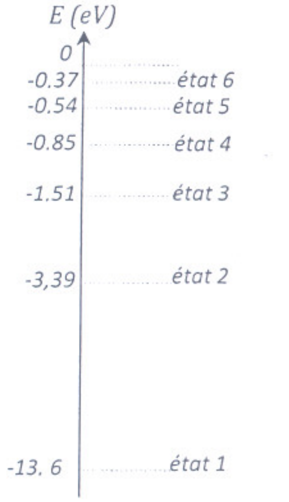
Constante de Planck : $h = 6,626 \times 10^{-34}\ J.s$

1. Voici un extrait du spectre qu'il a observé, où l'on peut observer des raies noires sur un fond coloré continu, nommées A, B, C, D, E, F_1, F_2, G, H et I.
   a. Les raies observées ci-dessus sont-elles des raies d'émission ou d'absorption ?



Spectre des rais de Fraunhofer

Le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène



   b. On donne des longueurs d'onde d'émission des raies de l'atome d'hydrogène :
   λ (nm) *410,1* *434,0* *486,1* *656,3*
   Nommer ces raies en s'aidant de l'extrait du spectre de Fraunhofer.
2. On donne le diagramme de niveaux d'énergie de l'hydrogène.
   a. Quel est le niveau d'énergie de l'état fondamental de l'atome d'hydrogène ?
   b. Déterminer l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène.
   c. L'atome d'hydrogène étant à l'état fondamental, il reçoit les photons suivants :
   λ_{Photon} (µm) *0,1216* *0,2100* *0,0900*
   Lesquels de ces photons peuvent être absorbés par l'atome d'hydrogène, et dans quel état se trouvera alors l'atome ?

II. FUSION DE L'HYDROGÈNE DANS UNE ÉTOILE

En **1919**, Jean **Perrin** puis Arthur **Eddington**, sur la base de mesures précises effectuées par F. W. **Aston**, furent les premiers à suggérer que les étoiles produisaient leur énergie par **la fusion nucléaire de noyaux d'hydrogène en hélium**.

A. Les trois équations indiquées ci-dessous représentent les chaînes de la fusion nucléaire dans les étoiles.

$${}_1^1H + {}_1^1H \rightarrow {}_2^2He + \gamma \rightarrow {}_1^2H + {}_1^0e + {}_0^0\nu \quad (1) \qquad {}_1^1H + {}_1^2H \rightarrow {}_2^3He \quad (2) \qquad {}_2^3He + {}_2^xHe \rightarrow {}_2^4He + y\,{}_1^1H \quad (3)$$

1. Parmi les noyaux ${}_1^1H$, ${}_1^3H$ et ${}_2^3He$, lesquels sont des isotopes ? Justifier.
2. Donner le nom de la particule ${}_1^0e$.
3. Déterminer les valeurs de x et y dans la troisième équation de réaction et justifier la réponse en précisant les lois utilisées.

B. On considère désormais la réaction suivante $4\,{}_1^1H \rightarrow {}_2^4He + 2\,{}_1^0e + 2\gamma$.

On donne les masses des noyaux, en unité de masse atomique :

${}_1^1H : 1,0073\ u$ ${}_2^4He : 4,0026\ u$ ${}_1^0e : 0,0006\ u$

$1\ u = 935\,\frac{MeV}{c^2} = 1,66054 \times 10^{-27}\ kg.$

1. Calculer la perte de masse correspondant à cette fusion.
2. En déduire en MeV, la valeur de l'énergie libérée par nucléon lors de cette fusion.
3. Le soleil transforme, chaque seconde, 720 millions de tonnes d'hydrogène en hélium 4.
   Déterminer la perte de masse subie, chaque seconde, par le soleil.