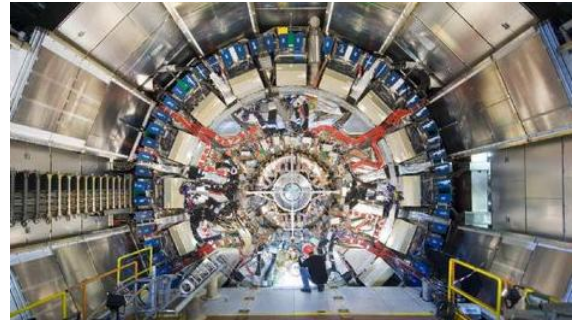


Exercice n°1 : Accélérateur de particules

Pour percer les secrets de la matière à l'échelle subatomique, les physiciens construisent depuis plus de cinquante ans, des collisionneurs de particules de plus en plus puissants. Le dernier né de cette famille est le Grand Collisionneur de Hadrons* : le LHC pour « Large Hadrons Collider » construit par le laboratoire européen de physique des particules, le CERN, situé près de Genève. C'est le plus puissant accélérateur de particules construit à ce jour.



* Hadrons : Les hadrons (du grec « adros », qui signifie « épais ») sont des particules composées de quarks. Les protons et les neutrons, qui constituent les noyaux des atomes, appartiennent à cette famille.

Accélérateurs de particules

Le gros avantage des accélérateurs est de pouvoir fournir des faisceaux de particules dont la nature est connue et l'énergie variable, dans la limite des performances du dispositif. Avec de tels outils, les chercheurs peuvent entreprendre des campagnes de mesures systématiques grâce à des expériences dont on changera à loisir les conditions de fonctionnement.

Alors qu'est-ce qu'un accélérateur ? C'est un dispositif construit pour augmenter la vitesse mais surtout l'énergie des particules. Pour augmenter l'énergie des particules, il existe une seule solution, il faut les soumettre à un champ électrique le plus intense possible. Seules les particules chargées et stables pourront être accélérées. En pratique, les premiers accélérateurs s'appliquèrent tant aux protons qu'aux électrons.

D'après « Le vrai roman des particules élémentaires » de François Vannucci professeur à l'université Paris 7-Denis Diderot

Données :

Masse d'un proton : $m_p = 1,7 \times 10^{-27}$ kg Masse d'un électron : $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg
Charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C

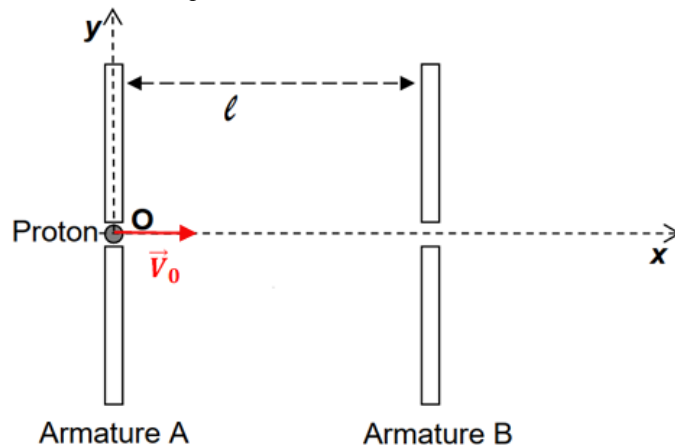
Partie A : Étude simplifiée d'un accélérateur de protons

Un proton pénètre dans un accélérateur linéaire de particules.

À $t = 0$ s, le proton est situé en O et possède une vitesse initiale de valeur $V_0 = 2,0 \cdot 10^3$ m/s et de direction (Ox) (voir schéma ci-après).

Entre les armatures A et B, séparées d'une distance $\ell = 6,5$ cm, règne un champ électrostatique uniforme de valeur $E = 10,0$ kV/m

On négligera le poids devant la force électrique.

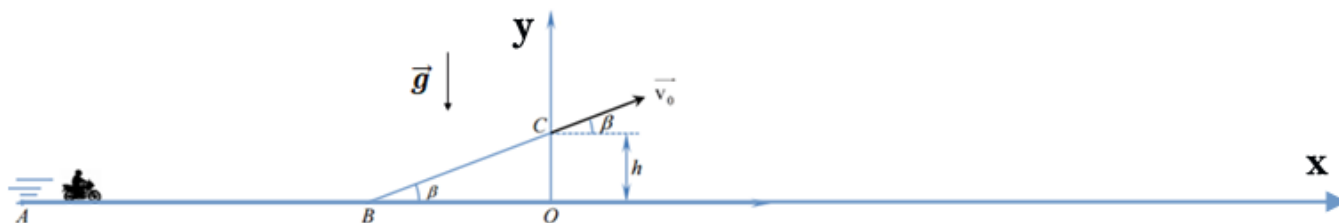


- | | |
|--|------------|
| 1. Sachant que le proton est accéléré, représentez, sans souci d'échelle, le vecteur champ électrique \vec{E} et précisez les signes des armatures A et B sur l'annexe 1. Justifiez. | ***
*** |
| 2. Quelles sont les coordonnées du vecteur champ électrique \vec{E} ? | *** |

3. Donnez l'expression du vecteur force électrique \vec{F} appliquée au proton en fonction de la charge élémentaire e et du vecteur champ électrique \vec{E}	**
4. Représentez, sans souci d'échelle, le vecteur \vec{F} appliqué au proton entre les 2 armatures sur l'annexe 1 .	**
5. Quelles sont les coordonnées du vecteur \vec{F} ?	**
6. Après avoir appliqué la seconde loi de Newton, déterminez l'expression du vecteur accélération \vec{a} ainsi que ses coordonnées.	** **
7. Représentez, sans souci d'échelle, le vecteur \vec{a} du proton entre les 2 armatures sur l'annexe 1 .	**
8. Déterminez les coordonnées du vecteur vitesse \vec{V}_0 et du vecteur position \vec{OG}_0 à $t = 0$ s	**
9. Montrer que la coordonnée du vecteur vitesse $V(t)$ sur l'axe (Ox) s'écrit et montrer que $V_x(t) = \frac{e \times E}{m_p} \times t + V_0$	**
10. Déterminer $V_y(t)$ et justifier le nom d' « accélérateur linéaire » attribué à cet accélérateur.	**
11- En déduire les équations horaires décrivant le mouvement du proton.	** ** **
12. A partir de l'annexe, déterminez les coordonnées du point C correspondant à la sortie de l'accélérateur	**
13. En déduire la date t_f à laquelle le proton sort de l'accélérateur.	** **
14. Calculez la valeur de la vitesse V_f du proton à la sortie de l'accélérateur.	** **
15. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, retrouvez la valeur de la vitesse V_f	** ** **
Partie B : Étude simplifiée d'un accélérateur d'électrons	
16. Que faudra-t-il modifier si l'on souhaite accélérer un électron ?	**
17. Sur l'annexe 2, précisez les signes des armatures et représentez sans soucis d'échelle les vecteurs \vec{E} , \vec{F} et \vec{a}	**
18. En construisant, un raisonnement rigoureux, retrouver les équations horaires dans le cas d'un électron avec le même vecteur vitesse initiale \vec{V}_0 , partant du point O et soumis à une même norme de E	** ** **
19. En déduire la date t'_f à laquelle l'électron sort de l'accélérateur.	** **
TOTAL Exercice / 30 points	

Exercice 2 :

Un système {motard} étudié dans cet exercice étant de dimension faible devant les autres distances (longueur de la piste, taille du tremplin), il est modélisé par un point matériel M positionné au niveau de la piste. Son mouvement est étudié dans le référentiel terrestre considéré galiléen. La masse m du système {motard} est égale à $m = 280\text{kg}$. Le motard avec sa moto s'élance sans vitesse initiale depuis le point A sur une piste rectiligne et horizontale. Il arrive au point C avec une vitesse du système est alors $V_0 = 30,0 \text{ m.s}^{-1}$. Le tremplin fait un angle $\beta = 30^\circ$ avec l'horizontale. On prendra $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$. **On ne s'intéresse qu'au mouvement du motard après le point C**

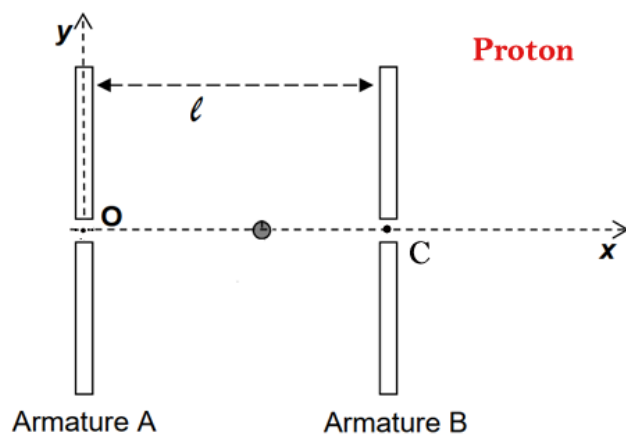


Phase de saut : Le motard quitte le tremplin au point C avec $h = 10 \text{ m}$, à la date $t = 0\text{s}$, avec une vitesse \vec{V}_0 . Il est alors considéré en chute libre jusqu'à ce qu'il retouche le sol. Son mouvement est étudié dans le repère (Oxy).

1- Que veut dire « chute libre »	**
2. Parmi les 3 coordonnées x,y et z, quelle est celle pour laquelle « tout est nul » ?	**
3- Dessinez la seule force présente au sommet de la parabole.	**
4- Après avoir énoncé la seconde loi de Newton, déterminez les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}(t)$ que subit le système lors du saut.	** ** **

5- Définir les conditions initiales, c'est-à-dire les coordonnées des vecteurs \vec{V}_0 et \vec{OC} (c'est-à-dire \vec{OG}_0)	***
6- Exprimez les coordonnées des vecteurs vitesse $\vec{V}(t)$.	***
7- En déduire les équations horaires. C'est-à-dire les coordonnées du vecteur position $\vec{OG}(t)$: $x(t)$, $y(t)$ et $z(t)$	***
8- Retrouver l'équation de la trajectoire en justifiant :	***
$y = -\frac{g \cdot x^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \beta} + \tan \beta \cdot x + h$	***
9- Comment déterminer l'abscisse x_{\max} atteinte par le motard ? Ecrire cette condition et faire le calcul.	***
TOTAL Exercice / 20 points	

Annexe 1 :



Annexe 2 :

