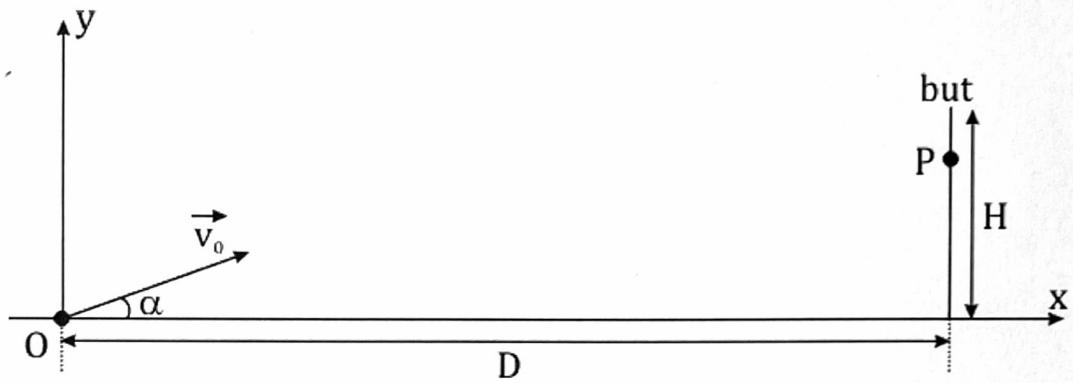
LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Éducation nationale,
de l'Enfance et de la Jeunesse

EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES CLASSIQUES
2021

BRANCHE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE
Physique	**B, C**	*Durée de l'épreuve :* *3 heures* *Date de l'épreuve :* *20/05/21*

I. Coup franc (= Freistoß) au football (6 + 1 + 4 + 5 + 1 = 17)

Lors d'un coup franc, un ballon de football (considéré comme point matériel) quitte le point O avec une vitesse $\vec{v}_0$ formant un angle α avec l'horizontale. On néglige les frottements.

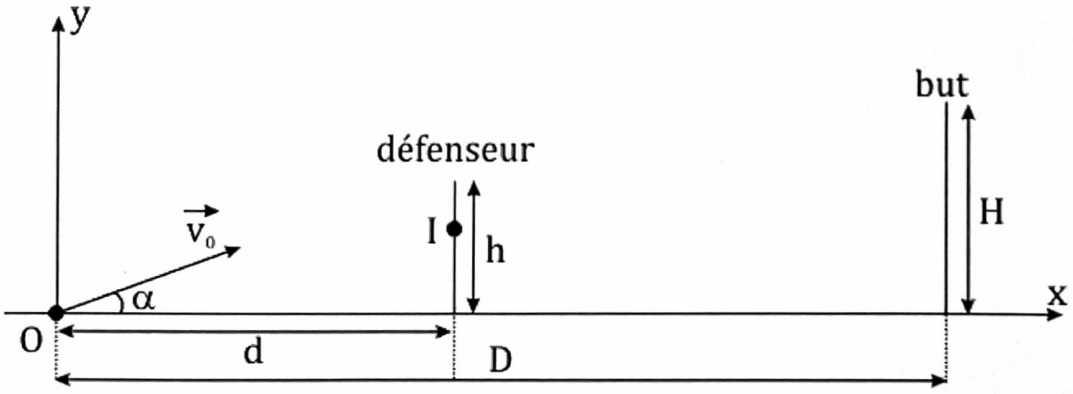


1. Établir les équations horaires du ballon dans le système d'axes Oxy indiqué. (6)
2. En déduire l'équation cartésienne du ballon. (1)

La hauteur du but vaut $H = 2{,}44$ m, le ballon se situe initialement à une distance $D = 21$ m du but.

3. Lors de l'entraînement, le ballon est passé par le point P, situé 24 cm en-dessous de la limite supérieure du but, pour $\alpha = 22°$. Calculer la vitesse initiale v_0 du ballon en $\frac{km}{h}$. (4)

Pendant le match, une occasion analogue se présente ($D = 21$ m), mais cette fois-ci un défenseur se trouve à une distance horizontale $d = 9{,}15$ m du point O. Intimidé par la taille $h = 1{,}98$ m de ce défenseur, le tireur rate son coup. Le ballon part avec $v_0 = 16\ \frac{m}{s}$ et $\alpha = 18°$ et touche le défenseur (qui reste immobile) en un point I.



4. Calculer l'ordonnée du point I et la vitesse du ballon lorsqu'il touche le défenseur. (5)
5. Est-ce que le ballon est en train de monter ou de descendre juste avant l'impact ? Justifier. (1)

II. Fentes de Young (2 + 5 + 2 + 1 + 4 + 3 = 17)

Deux fentes O_1 et O_2 séparées d'une distance $a = 0{,}4$ mm sont éclairées par un laser monochromatique. Un écran est placé parallèlement au plan des fentes à une distance $D = 8$ m.

1. Est-ce que les observations faites lors de cette expérience confirment la nature ondulatoire ou la nature corpusculaire de la lumière ? Justifier. (2)
2. Pour un point M d'abscisse x de l'écran, établir (en fonction de a et de D) l'expression de la différence de marche de deux ondes lumineuses issues respectivement de O_1 et O_2. (5)
3. En déduire l'expression mathématique de la position des franges claires. (2)
4. En déduire l'expression mathématique de l'interfrange. (1)
5. On mesure que 16 franges claires sont séparées de 13,26 cm. En déduire la longueur d'onde (en nm) ainsi que la fréquence du laser. (4)
6. Si on répète cette expérience en utilisant un faisceau d'électrons plutôt qu'un laser, on peut réaliser des observations similaires. Les électrons initialement au repos sont accélérés par une tension U. Déterminer, en fonction de U, e et de la masse m d'un électron, l'expression littérale de la longueur d'onde associée aux électrons. (3)

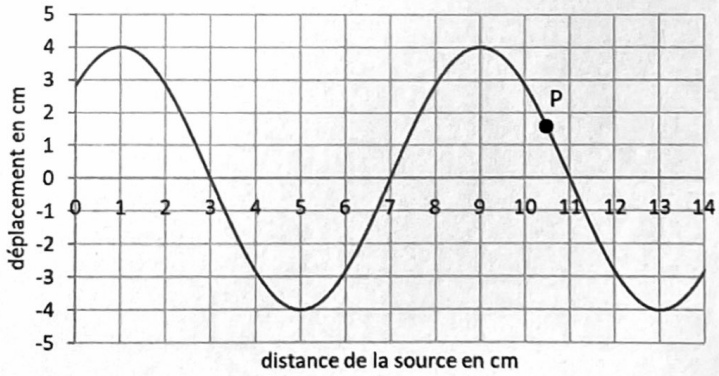
III. Petites questions (2 + 2 + (1 + 2 + 1) + (2 + 1) + 2 + 2 = 15)

1. Vrai ou faux ? Justifier. L'énergie cinétique d'un satellite de masse m_s en orbite circulaire de rayon r autour de la Terre s'écrit $E_{cin,sat} = \frac{1}{2} \cdot \frac{K \cdot M_{Terre} \cdot m_s}{r}$ (2)

2. Dans un spectrographe de masse (tension accélératrice U et champ magnétique déviateur $\vec{B}$), une particule (initialement au repos) de masse m et de charge q effectue un MCU de rayon $R = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{|q|}}$. Est-ce qu'on peut séparer un mélange de particules α et de protons grâce à cet appareil ? Justifier. (2)

3. Un pendule élastique est caractérisé par l'équation horaire (en unités SI) suivante :
$$x(t) = 0{,}05 \cdot \cos(5\pi t + \pi)$$
   a. Que vaut sa fréquence ? (1)
   b. Que valent son élongation et sa vitesse v_x à l'instant $t = 0{,}75$ s? (2)
   c. Est-ce que ce pendule est amorti ? Justifier. (1)

4. La figure ci-contre montre, à un instant donné, une onde transversale qui se propage de la gauche vers la droite. La fréquence de la source vaut 50 Hz.
   a. Que vaut la célérité de l'onde ? (2)
   b. Vers où est-ce que le point P est en train de se déplacer à l'instant représenté ? (1)



5. Est-il possible d'observer l'effet photoélectrique avec de la lumière visible ? (2)
   - Dans l'affirmative, expliquer sous quelle condition.
   - Sinon, expliquer pourquoi c'est impossible.

6. On considère deux lasers émettant de la lumière monochromatique de même fréquence, mais qui ont des puissances différentes. Comment le modèle corpusculaire de la lumière explique-t-il cette différence de puissance ? (2)

IV. Physique nucléaire ((1 + 2) + 2 + 2 + 4 = 11)

1. Définir la demi-vie $T_{1/2}$ d'un nucléide radioactif. En déduire une relation entre $T_{1/2}$ et la constante de désintégration λ. (1+2)
2. L'affirmation suivante porte sur un échantillon formé d'un seul radionucléide. Est-elle correcte ? Justifier. (2)
   Le nombre de désintégrations ayant lieu pendant la 2e demi-vie (donc entre $t = T_{1/2}$ et $t = 2 \cdot T_{1/2}$), est inférieur à celui pendant la 1ère demi-vie (donc entre $t = 0$ et $t = T_{1/2}$).
3. Le ^{241}Pu est un émetteur β^-. Écrire son équation de désintégration et indiquer le nom de toutes les particules émises. (2)
4. La masse d'un atome ^{241}Pu vaut 241,057 u.
   5 milligrammes de ^{241}Pu pur ont une activité de 19,21 GBq. Calculer le nombre d'atomes de ^{241}Pu dans cet échantillon ainsi que la demi-vie du ^{241}Pu (en années). (4)