



DISCIPLINE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE	
Physique	CI	Date de l'épreuve :	03.06.22
		Durée de l'épreuve :	08:15 - 10:55
		Numéro du candidat :	

### Questions obligatoires

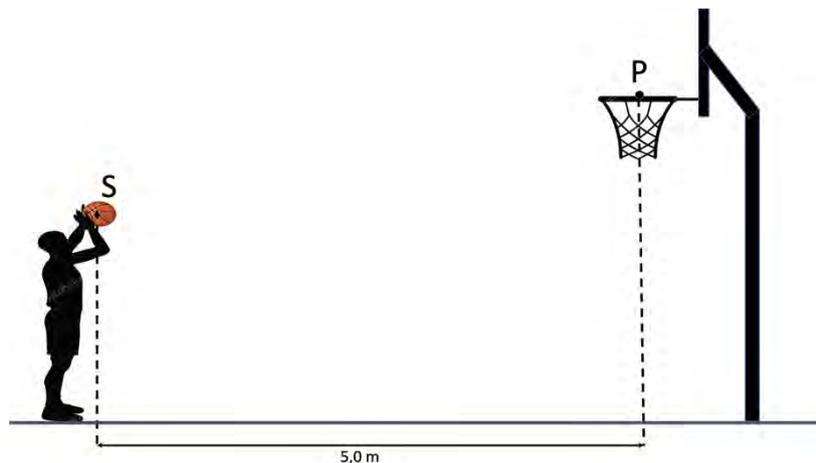
1. Basketball (10 p)
2. Ondes et équation d'onde (13 p)
3. Interférences (6 p)
4. Théorie de la relativité restreinte (8 p)
5. Physique nucléaire (11 p)

### Questions au choix (choisir 1 parmi les deux questions suivantes)

- 6A. Effet photoélectrique (12 p)
- 6B. États d'énergie quantifiés (12 p)

#### 1. Basketball (10 p)

Un joueur de basket lance la balle d'une hauteur de 2,0 m au-dessus du sol de sorte qu'elle arrive dans le panier. Le point de départ de la balle est le point  $S$ . Le panier de basket, représenté par le point  $P$ , se trouve à une hauteur de 3,0 m au-dessus du sol et à une distance horizontale de 5,0 m du point de départ de la balle. La balle est lancée avec une vitesse initiale de 10 m/s sous un angle  $\alpha$  avec l'horizontale.

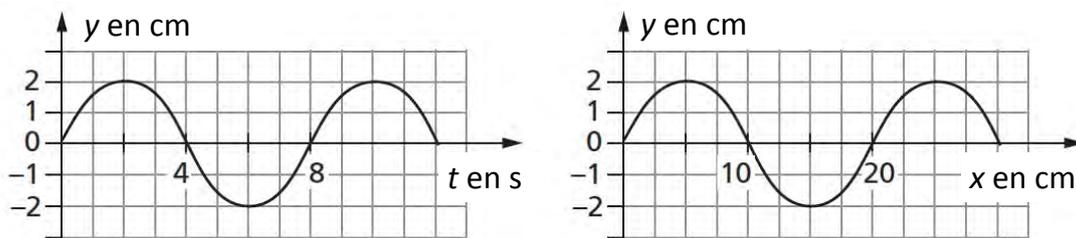


- 1.1) Établissez les équations horaires de la balle. Pour cela reproduisez grossièrement la figure, fixez un repère et indiquez-le clairement sur cette figure. (4 p)
- 1.2) Établissez l'équation cartésienne de la trajectoire de la balle. (1 p)
- 1.3) Montrez par un calcul que la balle doit être lancée avec un angle de tir  $\alpha = 74^\circ$  pour qu'elle arrive dans le panier. (5p)

**2. Ondes et équation d'onde (13 p)**

- 2.1) Établissez l'équation d'onde. Pour cela, posez clairement le problème et accompagnez vos calculs des explications nécessaires. (4 p)

Une onde à la surface d'un réservoir d'eau est caractérisée par les deux diagrammes suivants :



- 2.2) Regardez les 2 diagrammes en détail, décrivez ce qui les différencie et expliquez ce qu'ils représentent. (2 p)
- 2.3) Calculez la vitesse de propagation (la célérité) de cette onde. (2 p)
- 2.4) Que vaut l'amplitude de l'onde ? (1 p)
- 2.5) Donnez, pour cette onde, l'expression de l'équation d'onde. (2 p)
- 2.6) En  $t = 0$ , l'onde prend naissance en  $x = 0$ . Que vaut l'élongation d'un point M, qui se trouve à 30 cm de la source, après 1 minute ? (2 p)

**3. Interférences (6 p)**

Au laboratoire, un physicien réalise une figure d'interférences avec des ondes électromagnétiques sur un écran situé à 136 cm du plan des fentes. La distance entre les deux franges brillantes (maxima d'interférence) d'ordre 4 de part et d'autre du centre vaut 24 mm. Les 2 fentes sont espacées de 0,25 mm.

- 3.1) Calculez l'interfrange et la longueur d'onde du laser utilisé. (4 p)
- 3.2) Est-ce que la longueur d'onde de ce laser tombe dans le domaine des ondes électromagnétiques visibles ? Justifiez ! (1 p)
- 3.3) De quelle façon l'interfrange changerait-t-il, si on écartait l'écran davantage du plan des fentes ? (1 p)

**4. Théorie de la relativité restreinte (8 p)**

- 4.1) Donnez les 2 postulats de la théorie de la relativité restreinte. (3 p)
- 4.2) Décrivez et expliquez la *relativité de la simultanéité* par une expérience de la pensée. (5 p)

**5. Physique nucléaire (11 p)**

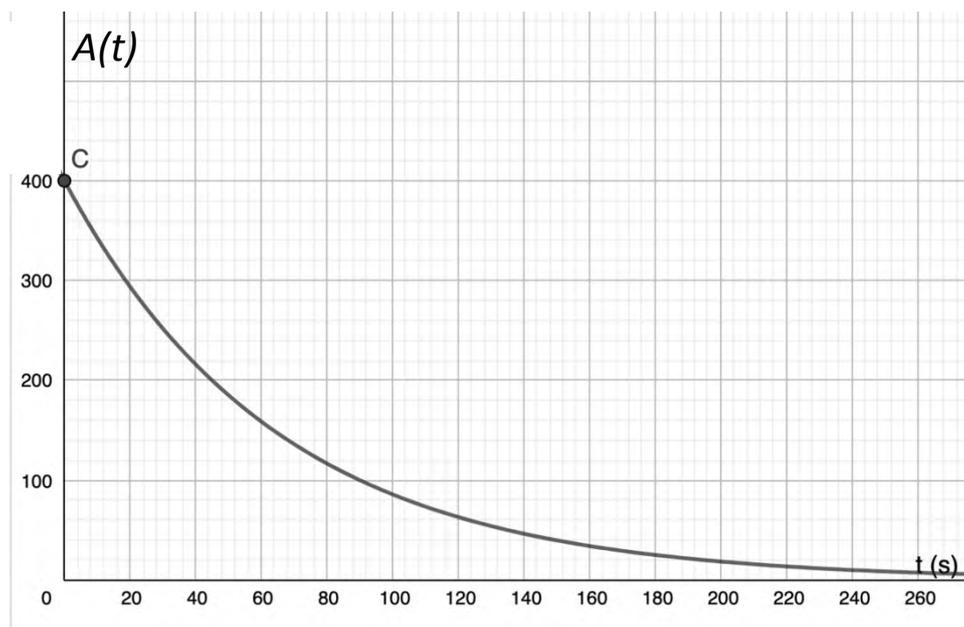
5.1) Définissez l'énergie de liaison d'un noyau atomique. (2 p)

5.2) Donnez l'aspect du diagramme représentant l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de masse  $A$ . (2 p)

Lors d'une réaction nucléaire le nouvel isotope  ${}^{42}_{21}\text{Sc}$  (Scandium) est créé. Cet isotope est un émetteur bêta-plus.

5.3) Écrivez l'équation de désintégration de cet isotope et donnez le nom de toutes les particules qui émanent de cette réaction de désintégration. (2 p)

La désintégration de l'isotope  ${}^{42}_{21}\text{Sc}$  est suivie expérimentalement. Son activité  $A(t)$  est mesurée et, à partir des mesures, on obtient le diagramme suivant :



5.4) Que montre ce diagramme ? Déduisez-en une valeur expérimentale du temps de demi-vie de l'isotope  ${}^{42}_{21}\text{Sc}$ . (2 p)

5.5) Calculez la durée nécessaire pour que l'activité de l'isotope  ${}^{42}_{21}\text{Sc}$  diminue de 80%. (3 p)

**6A. Effet photoélectrique (12 p) (Question au choix)**

- 6A.1) Décrivez l'effet photoélectrique par le modèle corpusculaire de la lumière. Votre texte doit contenir, entre autres, les mots suivants : énergie, électron, photon, travail de sortie, longueur d'onde seuil, énergie cinétique. (5p)
- 6A.2) Décrivez et expliquez par une relation mathématique (bilan énergétique), ce qui se passe avec l'énergie du photon incident lors de l'effet photoélectrique. (3 p)
- 6A.3) Une plaque de Zn (longueur d'onde seuil  $\lambda_s = 375$  nm) est éclairée par la lumière de longueur d'onde  $\lambda = 300$  nm. Calculez la vitesse des électrons émis. (4 p)

**6B. États d'énergie quantifiés (12 p) (Question au choix)**

- 6B.1) Donnez les 2 postulats, formulés par le physicien Niels Bohr en 1913, pour résoudre le problème de la stabilité des atomes. (4 p)
- 6B.2) Calculez la valeur de l'énergie des 4 premiers niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène. Représentez ensuite ces 4 niveaux à l'aide d'une échelle appropriée sur un axe d'énergie. (4 p)
- 6B.3) Quand les électrons retombent d'un niveau  $n > 2$  sur le niveau  $n = 2$ , on a ce que l'on appelle la *série de Balmer*. Cette série donne lieu à 4 lignes (raies) spectrales, qui se situent dans le domaine visible de la lumière. Ceci constitue le spectre caractéristique de l'atome d'hydrogène dans le domaine visible.



Calculez les longueurs d'onde de ces 4 lignes (raies) spectrales. Présentez vos résultats dans un tableau. (4 p)

## Formules trigonométriques

$$\cos(-a) = \cos a \qquad \cos(\pi - a) = -\cos a \qquad \cos(\pi + a) = -\cos a$$

$$\sin(-a) = -\sin a \qquad \sin(\pi - a) = \sin a \qquad \sin(\pi + a) = -\sin a$$

$$\tan(-a) = -\tan a \qquad \tan(\pi - a) = -\tan a \qquad \tan(\pi + a) = \tan a$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} - a\right) = \sin a \qquad \cos\left(\frac{\pi}{2} + a\right) = -\sin a$$

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} - a\right) = \cos a \qquad \sin\left(\frac{\pi}{2} + a\right) = \cos a$$

$$\tan\left(\frac{\pi}{2} - a\right) = \cotan a \qquad \tan\left(\frac{\pi}{2} + a\right) = -\cotan a$$

$$\cos^2 a + \sin^2 a = 1$$

$$1 + \tan^2 a = \frac{1}{\cos^2 a}$$

$$\cos^2 a = \frac{1}{1 + \tan^2 a}$$

$$\sin^2 a = \frac{\tan^2 a}{1 + \tan^2 a}$$

$$\cos 2a = \cos^2 a - \sin^2 a$$

$$\sin 2a = 2 \sin a \cos a$$

$$2 \cos^2 a = 1 + \cos 2a$$

$$2 \sin^2 a = 1 - \cos 2a$$

$$\sin 2a = \frac{2 \tan a}{1 + \tan^2 a}$$

$$\cos 2a = \frac{1 - \tan^2 a}{1 + \tan^2 a}$$

$$\tan 2a = \frac{2 \tan a}{1 - \tan^2 a}$$

$$\sin 3a = 3 \sin a - 4 \sin^3 a$$

$$\cos 3a = -3 \cos a + 4 \cos^3 a$$

$$\cos a + \cos b = 2 \cos \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}$$

$$\sin a + \sin b = 2 \sin \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}$$

$$\cos a - \cos b = -2 \sin \frac{a+b}{2} \sin \frac{a-b}{2}$$

$$\sin a - \sin b = 2 \sin \frac{a-b}{2} \cos \frac{a+b}{2}$$

$$\tan a + \tan b = \frac{\sin(a+b)}{\cos a \cos b}$$

$$\tan a - \tan b = \frac{\sin(a-b)}{\cos a \cos b}$$

$$\cos(a + b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$$

$$\sin(a + b) = \sin a \cos b + \cos a \sin b$$

$$\cos(a - b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$$

$$\sin(a - b) = \sin a \cos b - \cos a \sin b$$

$$\tan(a + b) = \frac{\tan a + \tan b}{1 - \tan a \tan b}$$

$$\tan(a - b) = \frac{\tan a - \tan b}{1 + \tan a \tan b}$$

$$\cos a \cos b = \frac{1}{2} [\cos(a - b) + \cos(a + b)]$$

$$\sin a \sin b = \frac{1}{2} [\cos(a - b) - \cos(a + b)]$$

$$\sin a \cos b = \frac{1}{2} [\sin(a + b) + \sin(a - b)]$$

Constantes naturelles
-----------------------

grandeur physique	symbole	valeur num.	unité
constante d'Avogadro	$N_A$	$6.022 \cdot 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
constante molaire des gaz parfaits	$R$	8.314	$\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
constante de gravitation	$G$	$6.673 \cdot 10^{-11}$	$\text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$
constante électrique pour le vide	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	$8.988 \cdot 10^9$	$\text{N m}^2 \text{C}^{-2}$
célérité de la lumière dans le vide	$c$	$2.998 \cdot 10^8$	$\text{m s}^{-1}$
perméabilité du vide	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7}$	$\text{H m}^{-1}$
permittivité du vide	$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$	$8.854 \cdot 10^{-12}$	$\text{F m}^{-1}$
charge élémentaire	$e$	$1.602 \cdot 10^{-19}$	$\text{C}$
masse au repos de l'électron	$m_e$	$9.1094 \cdot 10^{-31}$	$\text{kg}$
		$5.4858 \cdot 10^{-4}$	$u$
		0.511	$\text{MeV } c^{-2}$
masse au repos du proton	$m_p$	$1.6726 \cdot 10^{-27}$	$\text{kg}$
		1.0073	$u$
		938.27	$\text{MeV } c^{-2}$
masse au repos du neutron	$m_n$	$1.6749 \cdot 10^{-27}$	$\text{kg}$
		1.0087	$u$
		939.57	$\text{MeV } c^{-2}$
masse au repos de la particule $\alpha$	$m_\alpha$	$6.6447 \cdot 10^{-27}$	$\text{kg}$
		4.0015	$u$
		3727.4	$\text{MeV } c^{-2}$
constante de Planck	$h$	$6.626 \cdot 10^{-34}$	$\text{J s}$
constante de Rydberg de l'atome $H$	$R_H$	$1.097 \cdot 10^7$	$\text{m}^{-1}$
rayon de Bohr	$r_1$	$5.292 \cdot 10^{-11}$	$\text{m}$
énergie de l'atome d' $H$ dans l'état fondamental	$E_1$	-13.59	$\text{eV}$
accélération de pesanteur à la surface terrestre	$g$	9.81	$\text{m s}^{-2}$
rayon moyen de la Terre	$R_T$	6 371	$\text{km}$
jour sidéral	$T$	86 164	$\text{s}$
année julienne	$a$	365.25	$\text{jours}$
masse de la Terre	$M_T$	$5.98 \cdot 10^{24}$	$\text{kg}$
masse du Soleil	$M_S$	$1.99 \cdot 10^{30}$	$\text{kg}$

---

**conversion d'unités en usage avec le SI**

1 angström	$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
1 électronvolt	$1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
1 unité de masse atomique	$1 \text{ u} = 1.6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931.49 \text{ MeV } c^{-2}$

---

