

## Entrainement Physique moderne 2021

2018/2

### D. Relativité (11)

1) Établir, à partir d'une expérience par la pensée, l'expression mathématique de la dilatation du temps. (6)

2) Proxima Centauri est l'étoile la plus proche de la Terre après le Soleil. Elle se trouve à une distance de 4,24 a.l. dans le référentiel terrestre (a.l. est la distance parcourue par la lumière dans le vide en une année).

Des jumeaux A et B se séparent. B part pour un voyage vers cette étoile à bord d'un vaisseau qui navigue à une vitesse constante de  $0,95 c$  par rapport à la Terre.

i. De combien d'années l'astronaute B a-t-il vieilli, selon sa propre montre, entre son départ et son arrivée ? Justifier par un calcul. (3)

ii. Calculer la différence d'âge dû à ce voyage spatial entre les jumeaux. (2)

2018 /3

### C – Radioactivité (12)

1) Établir la loi de décroissance radioactive. (5)

2) Définir la demi-vie d'un radionucléide et établir la relation entre la constante radioactive et la demi-vie. (3)

Un noyau de technétium  $95$  ( ${}_{43}^{95}Tc$ ) se désintègre en un noyau stable de Molybdène  $95$  ( ${}^{95}Mo$ ).

Le temps de demi-vie de cet isotope du technétium est de 20,0 heures.

3) Écrire l'équation bilan traduisant la désintégration d'un noyau de technétium 95. (1)

4) Un échantillon contient 0,332 g de technétium 95. Calculer la masse de technétium 95 qui était présente dans cet échantillon cinq jours plus tôt. (3)

### D – Relativité (10)

1) Expliquer la relativité de la simultanéité de deux événements à l'aide d'une expérience par la pensée. (3)

Une fusée d'une masse au repos de 550 t et d'une longueur au repos de 60,0 m passe à proximité de la surface de la Lune avec une vitesse égale à  $0,650 c$ .

2) Calculer l'énergie cinétique de la fusée dans le référentiel lunaire. (3)

3) Calculer la durée que met la fusée pour survoler un observateur sur la Lune dans le référentiel de la fusée et dans le référentiel de la Lune. (4)

2015/1

V ...

2. Exercice : Désintégration de pions.

La masse (au repos) des pions positifs ( $\pi^+$ ) est égale à  $140 \frac{\text{MeV}}{c^2}$  et la demi-vie dans un référentiel où ils sont au repos est de  $1,8 \cdot 10^{-8}$  s. Une source émet des pions d'une énergie cinétique 600 MeV.

a) Calculer la vitesse des pions. (calcul relativiste) (4)

b) Calculer la demi-vie des pions dans le référentiel du laboratoire. (1)

c) Quel pourcentage des pions atteint un détecteur situé à 20 m de la source ? (2)

### III. Effet photoélectrique (14 points)

- 1) Définissez ce qu'on entend par effet photoélectrique (1 pt)
- 2) Expliquez les raisons pour lesquelles le modèle ondulatoire n'a pu être retenu pour expliquer l'effet photoélectrique. (2 pts)
- 3) Énoncez l'hypothèse qui a été émise par Einstein pour interpréter l'effet photoélectrique ? (2 pts)
- 4) On éclaire une cathode qui est recouverte de l'un des métaux figurant dans le tableau ci-dessous avec une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 400 \text{ nm}$ .

Métal	Travail d'extraction en eV
Cs	1,94
Na	2,28
Zn	4,34
Ni	5,00

- a) Déterminez le métal pour lequel la valeur de l'énergie cinétique des électrons émis est maximale. Motivez votre choix. (2 pts)
- b) Calculez la vitesse des électrons émis pour ce métal, ainsi que la longueur d'onde associée à ces électrons. (5 pts)
- c) Peut-on augmenter l'énergie cinétique des électrons émis en augmentant l'intensité de la source lumineuse monochromatique utilisée ? Motivez votre réponse ! (2 pts)

### IV. Physique nucléaire (14 points)

- 1) Établissez la loi de la décroissance radioactive. (5 pts)
- 2) Définissez l'activité d'une source radioactive et montrez que cette activité  $A(t)$  évolue selon la même loi exponentielle que la loi de décroissance radioactive. (3 pts)

Des ossements humains ont été mis à jours lors de fouilles archéologiques et des chercheurs veulent déterminer l'âge de ces ossements par la méthode de datation par le carbone 14.

Dans la nature le carbone existe entre autre sous forme de deux noyaux isotopes ; le carbone 12 qui est stable et le carbone 14 qui est radioactif. Dans la haute atmosphère, un neutron formé par l'action de rayons cosmiques bombarde un noyau d'azote 14 qui se transforme en carbone 14 radioactif. La désintégration du carbone 14 donne ensuite de l'azote 14. On sait en outre que la période du carbone 14 est de 5730 ans. Les mesures effectuées ont montré que l'activité initiale du carbone 14 (c.à.d. depuis la mort de l'homme préhistorique) a diminué de 98,5 %.

- 3) Écrivez d'abord l'équation de la réaction correspondant à la formation de carbone 14 dans la haute atmosphère et ensuite l'équation de la désintégration du carbone 14. Donnez les noms des particules émises lors des deux réactions. (3 pts)
- 4) Déterminez l'âge des ossements humains découverts. (3 pts)

2019/1

Question V : Dualité onde-particule (8p)

1. Schématiser et annoter le dispositif d'une expérience qui met en évidence :
  - a. le caractère ondulatoire de la lumière, (2)
  - b. le caractère corpusculaire de la lumière. (2)

2019/2

- D. Une fois sur la planète Mars, les explorateurs auront besoin d'une source d'énergie. Une possibilité serait d'utiliser un réacteur de fusion nucléaire alimenté avec du deutérium  ${}^2_1\text{H}$  et du tritium  ${}^3_1\text{H}$ , qui fusionnent en libérant un neutron.

Données :  $m({}^2_1\text{H}) = 2,01355 \text{ u}$  ;  $m({}^3_1\text{H}) = 3,01550 \text{ u}$

- a) Écrire l'équation de la fusion nucléaire, en précisant les lois de conservation utilisées. (2)
- b) Calculer l'énergie libérée par la réaction de fusion en MeV. (2)

2019/3

**E. Radioactivité (14)**

1. Etablir la loi de décroissance radioactive. (6)
  2. Définir, à l'aide d'une phrase, l'activité d'un échantillon radioactif et indiquer son unité SI (nom entier). (2)
- Le strontium-89 est un émetteur  $\beta^-$  utilisé pour traiter différents types de cancer. Sa demi-vie vaut 50,57 jours et sa masse atomique vaut 88,9 u. Le produit de la désintégration est stable.
3. Ecrire l'équation de désintégration. Est-ce que le nombre de **neutrons** est conservé lors de cette désintégration ? (2)
  4. On injecte un échantillon de strontium-89 ayant une activité de 148 MBq.
    - a. Combien de grammes de strontium-89 ont été injectés ? (3)
    - b. Que vaut l'activité au bout de 7 jours ? (1)

2017/1

**IV Effet photoélectrique (2+4+(3+2+2)=13P)**

1. Définir ce que l'on entend par effet photoélectrique et par travail d'extraction.
2. Formuler l'hypothèse d'Einstein quant à la nature corpusculaire de la lumière. Quel autre modèle de la lumière connaît-on? Indiquer, pour chacun des modèles de la lumière, le nom d'une expérience historique qui le confirme.
3. Une cellule photoélectrique au potassium est éclairée par un laser bleu de puissance 1 mW et de longueur d'onde 400 nm. Le travail d'extraction du potassium vaut 2,25 eV.
  - a) Calculer la vitesse maximale des électrons émis.
  - b) En supposant que seulement 20 % des photons arrivant sur la plaque produisent un effet photoélectrique, calculer le nombre d'électrons qui sont émis par seconde.
  - c) Le travail d'extraction ou la vitesse des électrons expulsés vont-ils varier si on échange le laser bleu contre un laser rouge? Justifier à chaque fois.

2019/4

### V. Scintigraphie osseuse (16)

La scintigraphie osseuse est un examen indiqué en cancérologie (détection de tumeurs osseuses) ou en rhumatologie. Elle consiste à injecter dans le sang d'un patient un produit radiopharmaceutique actif à base de technétium 99 métastable (noté par la suite  $^{99}\text{Tc}^*$ ). Le produit injecté va se fixer ensuite préférentiellement sur les zones du squelette où celui-ci se renouvelle plus rapidement. Un rayonnement  $\gamma$  émis par  $^{99}\text{Tc}^*$  possède une énergie de  $E = 141 \text{ keV}$  et est détecté par une caméra. Finalement, on obtient une image reprenant la distribution du produit à l'intérieur de l'organisme.

Une infirmière injecte le produit dont l'activité initiale vaut  $A_0 = 490 \text{ MBq}$  à un patient de masse  $m = 68 \text{ kg}$ . On donne la constante radioactive de  $^{99}\text{Tc}^*$  :  $\lambda = 3,209 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ .

1. Calculer le nombre de noyaux injectés  $N_0$  dans le corps du patient. (1)
2. Etablir la loi de décroissance radioactive de  $^{99}\text{Tc}^*$  faisant intervenir le nombre de noyaux injectés  $N_0$  et la constante radioactive  $\lambda$ . En déduire une relation entre la demi-vie et la constante radioactive. (7)
3. Calculer la longueur d'onde du rayonnement  $\gamma$  émis par  $^{99}\text{Tc}^*$ . (1)
4. Quelle est la durée de l'examen (en heures), sachant qu'à la fin de celui-ci, l'activité a diminué de 30% ? (3)

L'isotope  $^{99}\text{Tc}^*$  est obtenu par deux réactions successives : le molybdène 98 capte d'abord un neutron. Le produit de cette réaction fournit finalement  $^{99}\text{Tc}^*$  par décroissance radioactive.

5. Ecrire les deux réactions nucléaires permettant l'obtention de  $^{99}\text{Tc}^*$ . (2)
6. Calculer en  $\text{MeV}$  et en  $\text{J}$  l'énergie libérée lors de la désintégration radioactive de  $^{99}\text{Mo}$ . (2)

On donne :

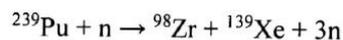
Noyau	$^{98}\text{Mo}$	$^{99}\text{Mo}$	$^{99}\text{Tc}^*$
Masse en u	97,8824	98,8847	98,8827

2017/1

### V Physique nucléaire (2+2+(3+3)=10P)

Le plutonium 239 est un émetteur  $\alpha$  qui peut subir une fission nucléaire sous l'effet d'un bombardement de neutrons.

1. Expliquer ce que l'on entend par radioactivité et par fission nucléaire.
2. Écrire l'équation de désintégration  $\alpha$  du plutonium 239 et préciser les lois de conservation qui ont été utilisées pour trouver l'équation.
3. La fission nucléaire du plutonium 239 peut se produire suivant la réaction :



- a) À l'aide des données du tableau ci-après, calculer en  $\text{MeV}$  l'énergie libérée lors de cette réaction.

Noyau	$^{239}\text{Pu}$	$^{98}\text{Zr}$	$^{139}\text{Xe}$
Énergie de liaison par nucléon (en keV)	7560,310	8581,507	8311,590

- b) En supposant que le neutron qui induit la fission nucléaire possède une énergie cinétique de 15,00  $\text{MeV}$ , déterminer sa vitesse par un calcul relativiste.