

# IMRT1 : DEVOIR 1 : 0607

## Calculatrices non autorisées

### Données :

charge élémentaire :  $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$

masse de l'électron :  $m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$

masse du proton :  $m_p = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$

expression relativiste de l'énergie d'une particule de masse au repos  $m_0$  et de vitesse  $v$ :

célérité de la lumière :  $c = 3,000 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

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

permittivité du vide  $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ J}^{-1} \cdot \text{C}^2 \cdot \text{m}^{-1}$

$$mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

### Exercice 1

1. Calculer l'énergie de masse d'un proton au repos, en joule puis en électron-volt (choisir entre les réponses suivantes : 938 eV, 511 keV, 938 MeV, 938 keV ; 9,38 eV ; 5,11 eV ; 511 MeV)

2. La vitesse d'un proton vaut  $v = 2 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

Calculer l'énergie cinétique de ce proton :

Par un calcul faisant intervenir l'expression classique de l'énergie cinétique.

Par un calcul faisant intervenir l'expression relativiste de l'énergie cinétique

Calculer l'écart relatif entre ces deux valeurs ; conclure.

### Exercice 2

L'énergie des états de l'atome d'hydrogène est donnée par l'expression :

$$E = - \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2 n^2}$$

1. Calculer l'énergie de l'atome d'hydrogène dans son état fondamental en joule.

La valeur de cette énergie vaut 13,6 eV ; vérifier le calcul précédent.

2. Calculer les énergies de l'atome d'hydrogène dans ses quatre premiers états excités, en électron-volt.

3. Calculer l'énergie du photon émis lorsque l'atome retourne du premier état excité vers son état fondamental.

En déduire l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière émise ; préciser son domaine d'appartenance.

4. Calculer l'énergie du photon émis lorsque l'atome retourne du troisième état excité vers le second état excité.

En déduire l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière émise ; préciser son domaine d'appartenance.

### Exercice 3

1. On considère l'atome de sodium Na, de numéro atomique  $Z = 11$  et de nombre de masse  $A = 23$

1.1. Donner la composition du noyau de cet atome.

1.2. Donner la structure de son nuage électronique

1.3. En déduire sa place dans la classification périodique (ligne et colonne)

1.4. Quelles propriétés chimiques peut-on prévoir pour cet élément ?

2. Répondre au mêmes questions pour le rubidium Rb ( $Z = 37$ ,  $A = 85$ )

3. Le diagramme d'énergie des états excités du sodium comporte les niveaux suivants :

état fondamental :	- 5,14 eV
premier état excité :	- 3,03 eV
deuxième état excité :	- 1,93 eV
troisième état excité :	- 1,51 eV
quatrième état excité :	- 1,18 eV

3.1. Représenter le diagramme d'énergie de l'atome de sodium en prenant 3 cm pour 1 eV.

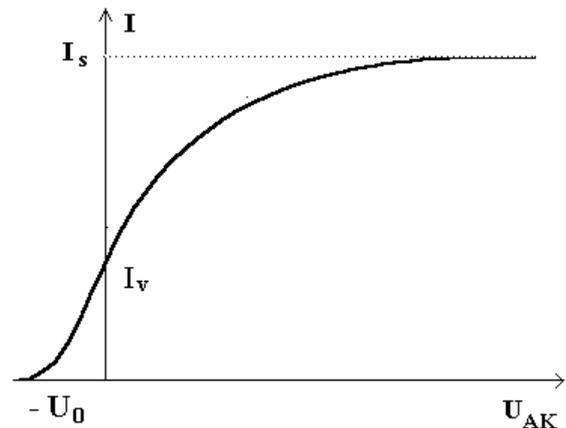
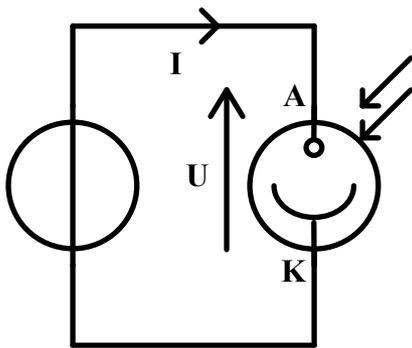
3.2. L'atome de sodium excité émet des photons correspondant à  $\lambda_1 = 589,3$  nm et à  $\lambda_2 = 819,5$  nm.

Calculer les énergies de ces photons, en joule, puis en électrons-volt (les réponses sont à choisir entre les réponses suivantes : 21 eV ; 15,1 eV ; 0,151 eV ; 151 eV ; 2,10 eV ; 1,51 eV ; 0,151 keV ; 2,10 keV, 0,021 eV)

3.3. Déterminer entre quels niveaux d'énergie s'effectuent les transitions et les indiquer par des flèches sur le diagramme de la question 2.1.

#### Exercice 4

1. Expliquer (brièvement) le mécanisme de l'effet photoélectrique en commentant les schémas ci-dessous. En particulier, expliquer ce que représentent  $I_s$ ,  $I_V$ , et  $U_0$ .



2. La photocathode au césium d'une cellule photoélectrique à vide est éclairée par une radiation monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 402$  nm.

2.1. Calculer l'énergie des photons correspondants en joule, puis en électronvolt (choisir entre les réponses suivantes : 3,1 keV ; 3,1 eV ;  $3,1 \times 10^{-19}$  eV ; 0,015 eV ; 98 eV ;  $3,1 \times 10^{-34}$  eV)

2.2.. La différence de potentiel (d'arrêt) à appliquer entre l'anode et la cathode pour que le courant photoélectrique soit nul vaut  $V_A - V_C = - 1,16$  V.

Calculer l'énergie cinétique (maximale) des électrons extraits de la cathode par ce rayonnement en électronvolt.

2.3. En déduire le travail d'extraction d'un électron du césium (en électronvolt)

3. La radiation transporte une puissance rayonnante  $P = 1,0$  W.

3.1. Calculer le nombre de photons arrivant sur la cathode en une seconde.

On règle la tension  $U$  entre anode et cathode de façon à obtenir un courant de saturation d'intensité  $I_s = 1,0 \times 10^{-6}$  A.

3.2. Calculer le nombre d'électrons émis par la cathode en une seconde.

3.3. Le rendement quantique de la cellule utilisée est défini comme le rapport du nombre d'électrons émis au nombre de photons reçus.

Calculer le rendement quantique de la cellule pour la longueur d'onde utilisée.