

# TD 01 : Rappel sur l'atome

*TD Radiobiologie Radioprotection*

Dr. Lezzar

# Table des matières



<b>I - Exercice : Relation masse-énergie</b>	3
<b>II - Exercice : Relation masse-énergie</b>	4
<b>III - Exercice : Niveau d'énergie</b>	5
<b>IV - Exercice : Niveau d'énergie</b>	6
<b>V - Exercice : Niveau d'énergie</b>	7
<b>VI - Exercice : Niveau d'énergie</b>	8
<b>VII - Exercice : Niveau d'énergie</b>	9
<b>VIII - Exercice : Relation masse - énergie</b>	10
<b>IX - Exercice : Relation masse - énergie</b>	11
<b>Solutions des exercices</b>	12

# Exercice : Relation masse- énergie

I

Une particule en mouvement a une masse égale à 3 fois sa masse au repos, celle-ci étant équivalente à une énergie de 0.5 MeV.

## Question

*[solution n°1 p.12]*

1. Quelle est , en MeV son énergie cinétique  $E_c$ ?
2. Quelle est sa vitesse relative par rapport a celle de la lumière ?

# Exercice : Relation masse- énergie



II

On considère un électron de masse  $m$  ayant une énergie cinétique de 102 MeV.

## Question

[solution n°2 p.12]

1. Que vaut sa masse ? comparer  $m$  et  $m_0$ .
2. Quelle est sa vitesse  $v$ , en  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ?

# Exercice : Niveau d'énergie



On veut déterminer l'énergie nécessaire pour extraire un électron de la couche K du sodium ( $Z_{\text{Na}}=11$ ).

## Question

[solution n°3 p.12]

Déterminer l'énergie d'extraction de l'électron pour le libérer.

# Exercice : Niveau d'énergie



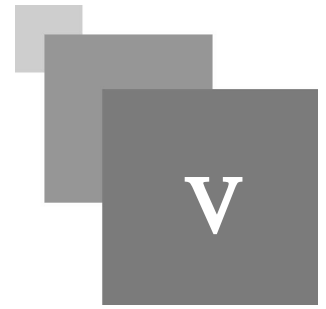
On considère la couche électronique M d'un atome de potassium ( $Z_k=19$ ). Lorsqu'un électron libre vient combler une lacune sur cette couche, un rayonnement est émis à une longueur d'onde de 620 nm.

## Question

[solution n°4 p.12]

Quel est l'énergie de ce rayonnement en J ? en eV ?

# Exercice : Niveau d'énergie



On observe un rayonnement de longueur d'onde  $263 \text{ \AA}$  pour l'atome de bore ( $Z_B=5$ ) lorsqu'un électron de la couche  $(n+1)$  comble une lacune de la couche  $n$ .

## Question

[solution n°5 p.12]

Déterminer  $n$ . Nommer la couche  $n$ .

# Exercice : Niveau d'énergie



Dans l'atome d'Or ( $Z_{\text{or}}=79$ ), un photon de  $0.195 \text{ \AA}$  est émis lorsqu'un électron transite d'un niveau  $n$  d'énergie  $-22.2 \text{ keV}$  à un niveau inférieur.

## Question

*[solution n°6 p.12]*

1. Quel est le niveau  $n$  ? le nommer.
2. Quelle est l'énergie du niveau inférieur ? quel est son  $n$  ?



# Exercice : Niveau d'énergie

VII

Un électron de l'atome de Sodium ( $Z_{\text{Na}}=11$ ), transite entre deux niveaux d'énergie suite à une perturbation, il en résulte une émission immédiate de lumière, à une longueur d'onde de 4 nm.

## Question

*[solution n°7 p.13]*

Si le niveau d'arrivée est la couche L, de quel niveau vient cet électron ?

# Exercice : Relation masse - énergie

VIII

Un atome X émet une particule  $\alpha$  de 5 MeV

## Question

*[solution n°8 p.13]*

Quelle est la vitesse initial de la particule émise ? On rappelle que pour la particule au repos  $E_0 = 4000\text{MeV}$ .

# Exercice : Relation masse - énergie

IX

Soit une particule qui possède une vitesse  $v = 0.5 * c$ , sachant que son énergie au repos est de 500 MeV

## Question

[solution n°9 p.13]

1. Quel est son énergie a cette vitesse ?
2. Déduire son énergie cinétique ?

# Solutions des exercices



## > Solution n°1

Exercice p. 3

1. L'énergie totale  $E$  d'une particule est la somme de son énergie au repos et de son énergie cinétique, on a, d'après le principe d'équivalence masse-énergie :  $E(v) = E_0 + E_c \Leftrightarrow m \cdot c^2 = m_0 \cdot c^2 + E_c$ .

Sachant que  $E(v) = 3m_0 \cdot c^2$ , on en déduit :  $E_c = 2m_0 \cdot c^2 = 1 \text{ MeV}$ .

2. D'après la relation masse énergie on a :

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

Or,  $E = m(v) \cdot c^2 = 3 \cdot m_0 \cdot c^2$ , d'où  $1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{9} \Rightarrow v^2 = \frac{8}{9} \cdot c^2 \Rightarrow v = 0,94 \cdot c$

## > Solution n°2

Exercice p. 4

1. Comme dans l'exercice précédent, on a  $E(v) = E_0 + E_c \Leftrightarrow m = m_0 + E_c / c^2$ .

On en déduit :  $m = 9.109 \cdot 10^{-31} + \left( \frac{102 \cdot 10^6 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}}{(3 \cdot 10^8)^2} \right) = 1.825 \cdot 10^{-28} \text{ kg} \rightarrow m \approx 200 \cdot m_0$ .

2. Par ailleurs, on sait que :  $m / m_0 = (1 - (v/c)^2)^{-1/2} = 200$  soit :

$$v^2/c^2 = 1 - (1/200)^2 = 0,99975 \rightarrow v = 10,79 \cdot 10^8 \text{ km/h.}$$

## > Solution n°3

Exercice p. 5

$$E = -E_0 \cdot (Z/n)^2 = -13.6 \cdot (11)^2 = -1.645 \text{ keV} \rightarrow \text{Extraction } \Rightarrow 1.645 \text{ keV.}$$

## > Solution n°4

Exercice p. 6

$$\text{On a : } E = h \cdot c / \lambda = 6.626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 620 \cdot 10^{-9} = 3.20 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2 \text{ eV.}$$

## > Solution n°5

Exercice p. 7

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = E_{n+1} - E_n = E_0 \cdot Z^2 \cdot \left( \frac{-1}{(n+1)^2} - \frac{-1}{n^2} \right)$$

$$\Rightarrow R = \frac{(n+1)^2 - n^2}{n^2 \cdot (n+1)^2} = \frac{2 \cdot n + 1}{n^2 \cdot (n+1)^2} = \frac{h \cdot c}{\lambda \cdot E_0 \cdot Z^2} = 0,138$$

Si  $n=1$   $R=0.75$

Si  $n=2$   $R=0.138$ , couche L

> **Solution n°6**

Exercice p. 8

$$1. \text{ On a : } E_n = -E_0 * Z^2/n^2 \rightarrow n = \sqrt{\left(\frac{-E_0 * Z^2}{E_n}\right)} = \sqrt{\left(\frac{-13,6 * 79^2}{-22,2 * 10^3}\right)} \approx 2, \text{ niveau L}$$

2. On sait que :  $E(\text{eV}) = h * c / e * \lambda(\text{m}) = 6.626 * 10^{-34} * 3 * 10^8 / 1.602 * 10^{-19} * 0.2 * 10^{-10} = 62 \text{ keV}$   
 le niveau d'énergie inférieur se trouve donc à  $E = E_n - E_{n-1} \rightarrow E_{n-1} = E_n - E = -22.2 - 62 = -84.2 \text{ keV}$ ,  
 soit  $n=1$ , le niveau K.

> **Solution n°7**

Exercice p. 9

$$E(\text{eV}) = h * c / e * \lambda(\text{m}) = 6.626 * 10^{-34} * 3 * 10^8 / 1.602 * 10^{-19} * 4 * 10^{-9} = 310 \text{ eV}$$

$$\text{L'énergie de la couche L est : } E_L = -13.6 * (11 / 2)^2 = -411.4 \text{ eV}$$

$$\text{Donc l'énergie de niveau de départ est : } E = E_{\text{initial}} - E_{\text{final}} \rightarrow E_{\text{initial}} = E + E_L = 310 - 411.4 = -101.4 \text{ eV}$$

$$\text{le niveau d'énergie qui correspond à cette énergie est } E = -13.6 * (11 / n)^2 \rightarrow n^2 = -13.6 * 11^2 / E \rightarrow n = 4$$

> **Solution n°8**

Exercice p. 10

$$\text{D'après la relation d'Einstein, on peut écrire : } E(v) = E_0 + E_c$$

$$m * c^2 = m_0 c^2 * (1 - (v/c)^2)^{-1/2} \Leftrightarrow E_0 + E_c = E_0 * (1 - (v/c)^2)^{-1/2}$$

$$4000 + 5 = 4000 * (1 - (v/c)^2)^{-1/2} \rightarrow v = 0.049 * c$$

> **Solution n°9**

Exercice p. 11

1. D'après la relation d'Einstein on peut écrire :

$$E(v) = m * c^2 = m_0 c^2 * (1 - (v/c)^2)^{-1/2} = 577.35 \text{ MeV}$$

2.  $E_c = E(v) - E_0 = 577.35 - 500 = 77.35 \text{ MeV}$