

Corrigé Physique 5

Noyaux, masse et énergie

5.1 N°21 p. 115 : Les isotopes du sodium

Corrigé Physique 5

Noyaux, masse et énergie

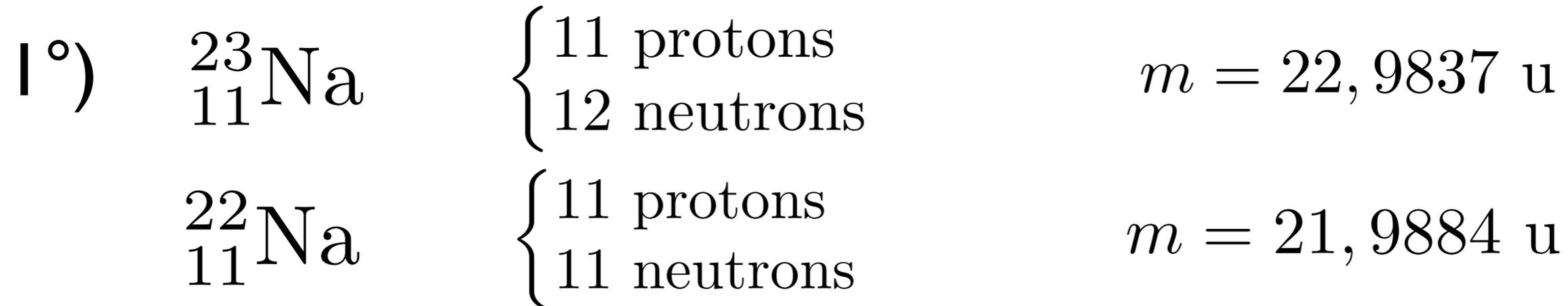
5.1 N°21 p. 115 : Les isotopes du sodium



Corrigé Physique 5

Noyaux, masse et énergie

5.1 N°21 p. 115 : Les isotopes du sodium



Corrigé Physique 5

Noyaux, masse et énergie

5.1 N°21 p. 115 : Les isotopes du sodium

1°)	${}_{11}^{23}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 12 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 22,9837 \text{ u}$
	${}_{11}^{22}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 11 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 21,9884 \text{ u}$
	${}_{11}^{24}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 13 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 23,9849 \text{ u}$

Corrigé Physique 5

Noyaux, masse et énergie

5.1 N°21 p. 115 : Les isotopes du sodium

1°)	${}_{11}^{23}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 12 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 22,9837 \text{ u}$
	${}_{11}^{22}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 11 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 21,9884 \text{ u}$
	${}_{11}^{24}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 13 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 23,9849 \text{ u}$

2°) Pour chacun des isotopes, il faut calculer :

Corrigé Physique 5

Noyaux, masse et énergie

5.1 N°21 p. 115 : Les isotopes du sodium

1°)	${}_{11}^{23}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 12 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 22,9837 \text{ u}$
	${}_{11}^{22}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 11 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 21,9884 \text{ u}$
	${}_{11}^{24}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 13 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 23,9849 \text{ u}$

2°) Pour chacun des isotopes, il faut calculer :

- le défaut de masse Δm

Corrigé Physique 5

Noyaux, masse et énergie

5.1 N°21 p. 115 : Les isotopes du sodium

1°)	${}_{11}^{23}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 12 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 22,9837 \text{ u}$
	${}_{11}^{22}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 11 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 21,9884 \text{ u}$
	${}_{11}^{24}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 13 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 23,9849 \text{ u}$

2°) Pour chacun des isotopes, il faut calculer :

- le défaut de masse Δm

- l'énergie de liaison $E_\ell = \Delta m c^2$

Corrigé Physique 5

Noyaux, masse et énergie

5.1 N°21 p. 115 : Les isotopes du sodium

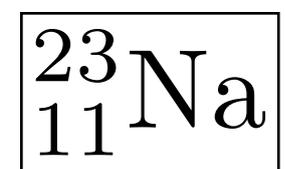
1°)	${}_{11}^{23}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 12 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 22,9837 \text{ u}$
	${}_{11}^{22}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 11 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 21,9884 \text{ u}$
	${}_{11}^{24}\text{Na}$	$\begin{cases} 11 \text{ protons} \\ 13 \text{ neutrons} \end{cases}$	$m = 23,9849 \text{ u}$

2°) Pour chacun des isotopes, il faut calculer :

- le défaut de masse Δm

- l'énergie de liaison $E_\ell = \Delta m c^2$

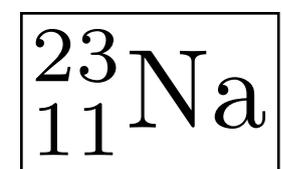
- l'énergie de liaison par nucléons $\frac{E_\ell}{A}$



$$\Delta m_{23} = 11 \times 1,00728 + 12 \times 1,00866 - 22,9837$$

$$\Delta m_{23} = 0,2003 \text{ u}$$

$$\Delta m_{23} = 0,2003 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,33 \times 10^{-28} \text{ kg}$$



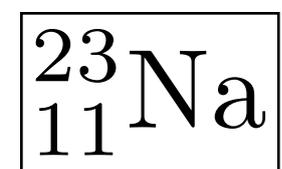
$$\Delta m_{23} = 11 \times 1,00728 + 12 \times 1,00866 - 22,9837$$

$$\Delta m_{23} = 0,2003 \text{ u}$$

$$\Delta m_{23} = 0,2003 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,33 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E_{\ell_{23}} = \Delta m_{23} c^2 = 3,33 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$E_{\ell_{23}} = 2,99 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 187 \text{ MeV}$$



$$\Delta m_{23} = 11 \times 1,00728 + 12 \times 1,00866 - 22,9837$$

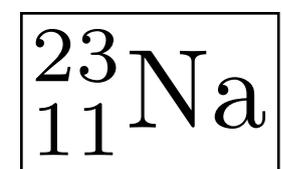
$$\Delta m_{23} = 0,2003 \text{ u}$$

$$\Delta m_{23} = 0,2003 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,33 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E_{\ell_{23}} = \Delta m_{23} c^2 = 3,33 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$E_{\ell_{23}} = 2,99 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 187 \text{ MeV}$$

$$\Rightarrow \frac{E_{\ell_{23}}}{A} = \frac{187}{23} = \boxed{8,12 \text{ MeV/nucléon}}$$



$$\Delta m_{23} = 11 \times 1,00728 + 12 \times 1,00866 - 22,9837$$

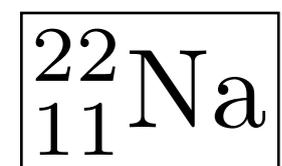
$$\Delta m_{23} = 0,2003 \text{ u}$$

$$\Delta m_{23} = 0,2003 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,33 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E_{\ell_{23}} = \Delta m_{23} c^2 = 3,33 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$E_{\ell_{23}} = 2,99 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 187 \text{ MeV}$$

$$\Rightarrow \frac{E_{\ell_{23}}}{A} = \frac{187}{23} = \boxed{8,12 \text{ MeV/nucléon}}$$



$$\Delta m_{22} = 11 \times 1,00728 + 11 \times 1,00866 - 21,9884$$

$$\Delta m_{22} = 0,1869 \text{ u}$$

$$\Delta m_{22} = 0,1869 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,10 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$\boxed{{}^{23}_{11}\text{Na}} \quad \Delta m_{23} = 11 \times 1,00728 + 12 \times 1,00866 - 22,9837$$

$$\Delta m_{23} = 0,2003 \text{ u}$$

$$\Delta m_{23} = 0,2003 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,33 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E_{\ell_{23}} = \Delta m_{23} c^2 = 3,33 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$E_{\ell_{23}} = 2,99 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 187 \text{ MeV}$$

$$\Rightarrow \frac{E_{\ell_{23}}}{A} = \frac{187}{23} = \boxed{8,12 \text{ MeV/nucléon}}$$

$$\boxed{{}^{22}_{11}\text{Na}} \quad \Delta m_{22} = 11 \times 1,00728 + 11 \times 1,00866 - 21,9884$$

$$\Delta m_{22} = 0,1869 \text{ u}$$

$$\Delta m_{22} = 0,1869 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,10 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E_{\ell_{22}} = \Delta m_{22} c^2 = 3,10 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$E_{\ell_{22}} = 2,79 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 174 \text{ MeV}$$

$$\boxed{{}^{23}_{11}\text{Na}} \quad \Delta m_{23} = 11 \times 1,00728 + 12 \times 1,00866 - 22,9837$$

$$\Delta m_{23} = 0,2003 \text{ u}$$

$$\Delta m_{23} = 0,2003 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,33 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E_{\ell_{23}} = \Delta m_{23} c^2 = 3,33 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$E_{\ell_{23}} = 2,99 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 187 \text{ MeV}$$

$$\Rightarrow \frac{E_{\ell_{23}}}{A} = \frac{187}{23} = \boxed{8,12 \text{ MeV/nucléon}}$$

$$\boxed{{}^{22}_{11}\text{Na}} \quad \Delta m_{22} = 11 \times 1,00728 + 11 \times 1,00866 - 21,9884$$

$$\Delta m_{22} = 0,1869 \text{ u}$$

$$\Delta m_{22} = 0,1869 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,10 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E_{\ell_{22}} = \Delta m_{22} c^2 = 3,10 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$E_{\ell_{22}} = 2,79 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 174 \text{ MeV}$$

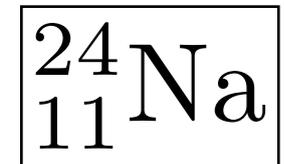
$$\Rightarrow \frac{E_{\ell_{22}}}{A} = \frac{174}{22} = \boxed{7,92 \text{ MeV/nucléon}}$$



$$\Delta m_{24} = 11 \times 1,00728 + 13 \times 1,00866 - 23,9849$$

$$\Delta m_{24} = 0,2078 \text{ u}$$

$$\Delta m_{24} = 0,2078 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,45 \times 10^{-28} \text{ kg}$$



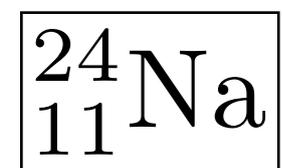
$$\Delta m_{24} = 11 \times 1,00728 + 13 \times 1,00866 - 23,9849$$

$$\Delta m_{24} = 0,2078 \text{ u}$$

$$\Delta m_{24} = 0,2078 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,45 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E_{\ell_{24}} = \Delta m_{24} c^2 = 3,45 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$E_{\ell_{24}} = 3,10 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 194 \text{ MeV}$$



$$\Delta m_{24} = 11 \times 1,00728 + 13 \times 1,00866 - 23,9849$$

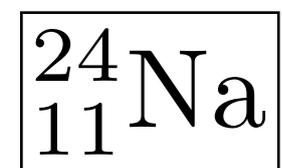
$$\Delta m_{24} = 0,2078 \text{ u}$$

$$\Delta m_{24} = 0,2078 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,45 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E_{\ell_{24}} = \Delta m_{24} c^2 = 3,45 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$E_{\ell_{24}} = 3,10 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 194 \text{ MeV}$$

$$\Rightarrow \frac{E_{\ell_{24}}}{A} = \frac{194}{24} = \boxed{8,07 \text{ MeV/nucléon}}$$



$$\Delta m_{24} = 11 \times 1,00728 + 13 \times 1,00866 - 23,9849$$

$$\Delta m_{24} = 0,2078 \text{ u}$$

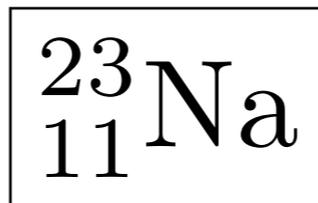
$$\Delta m_{24} = 0,2078 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,45 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

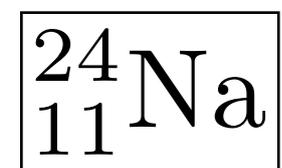
$$E_{\ell_{24}} = \Delta m_{24} c^2 = 3,45 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$E_{\ell_{24}} = 3,10 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 194 \text{ MeV}$$

$$\Rightarrow \frac{E_{\ell_{24}}}{A} = \frac{194}{24} = \boxed{8,07 \text{ MeV/nucléon}}$$

L'isotope le plus stable est celui dont l'énergie de liaison par nucléon est la plus grande ; c'est donc ici :





$$\Delta m_{24} = 11 \times 1,00728 + 13 \times 1,00866 - 23,9849$$

$$\Delta m_{24} = 0,2078 \text{ u}$$

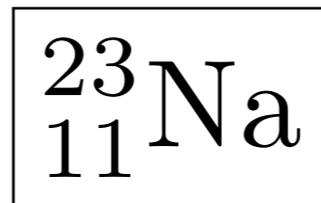
$$\Delta m_{24} = 0,2078 \times 1,66 \times 10^{-27} = 3,45 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E_{\ell_{24}} = \Delta m_{24} c^2 = 3,45 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$E_{\ell_{24}} = 3,10 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 194 \text{ MeV}$$

$$\Rightarrow \frac{E_{\ell_{24}}}{A} = \frac{194}{24} = \boxed{8,07 \text{ MeV/nucléon}}$$

L'isotope le plus stable est celui dont l'énergie de liaison par nucléon est la plus grande ; c'est donc ici :



3°) Les deux autres isotopes sont instables parce qu'ils sont trop loin de la vallée de stabilité :

- Isotope 22 → défaut de neutron

- Isotope 22 → défaut de neutron
- Isotope 24 → excès de neutron

- Isotope 22 \Rightarrow défaut de neutron
- Isotope 24 \Rightarrow excès de neutron

4°) L'isotope 24, en excès de neutron, donne lieu à une radioactivité β^- : ceci peut être modélisé par la transformation d'un neutron en proton, avec émission d'un électron :

- Isotope 22 \Rightarrow défaut de neutron
- Isotope 24 \Rightarrow excès de neutron

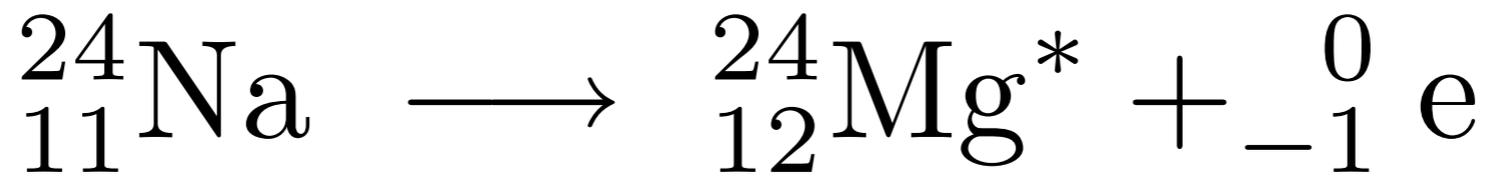
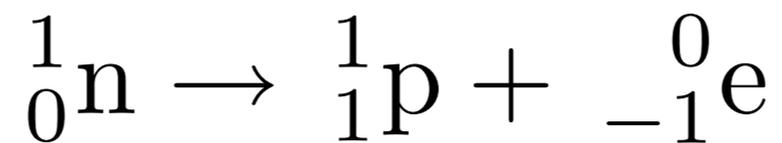
4°) L'isotope 24, en excès de neutron, donne lieu à une radioactivité β^- : ceci peut être modélisé par la transformation d'un neutron en proton, avec émission d'un électron :



- Isotope 22 \Rightarrow défaut de neutron

- Isotope 24 \Rightarrow excès de neutron

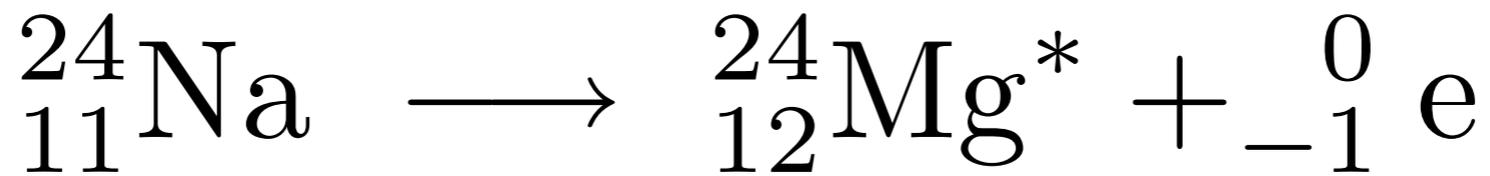
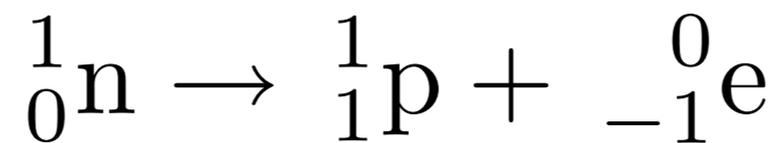
4°) L'isotope 24, en excès de neutron, donne lieu à une radioactivité β^- : ceci peut être modélisé par la transformation d'un neutron en proton, avec émission d'un électron :



- Isotope 22 \Rightarrow défaut de neutron

- Isotope 24 \Rightarrow excès de neutron

4°) L'isotope 24, en excès de neutron, donne lieu à une radioactivité β^- : ceci peut être modélisé par la transformation d'un neutron en proton, avec émission d'un électron :

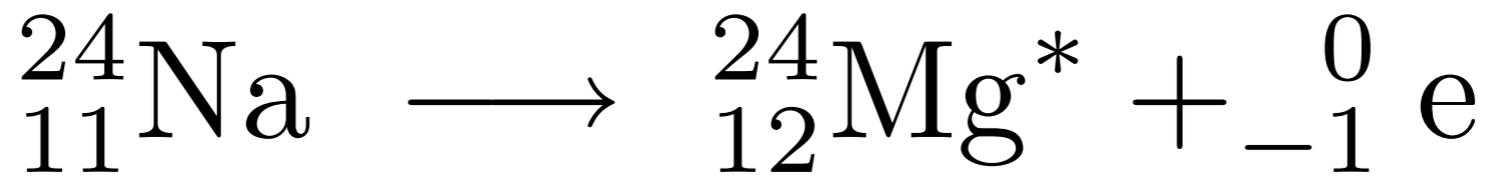
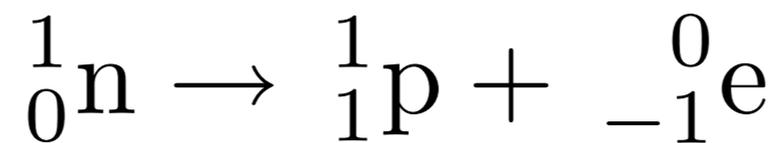


5°) L'isotope 22 a un excès de proton, il donne lieu à une radioactivité β^+ , modélisé par la désintégration dans le noyau d'un proton en neutron, avec émission d'un positron :

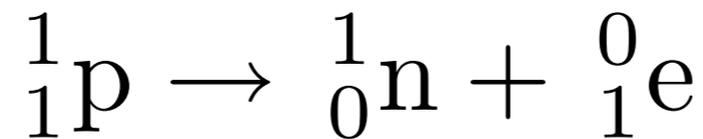
- Isotope 22 \Rightarrow défaut de neutron

- Isotope 24 \Rightarrow excès de neutron

4°) L'isotope 24, en excès de neutron, donne lieu à une radioactivité β^- : ceci peut être modélisé par la transformation d'un neutron en proton, avec émission d'un électron :



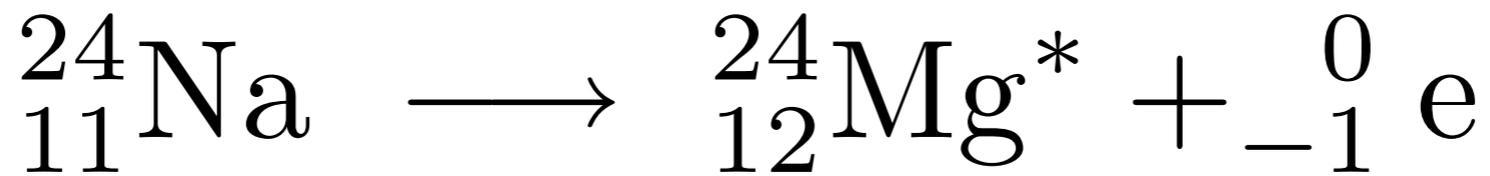
5°) L'isotope 22 a un excès de proton, il donne lieu à une radioactivité β^+ , modélisé par la désintégration dans le noyau d'un proton en neutron, avec émission d'un positron :



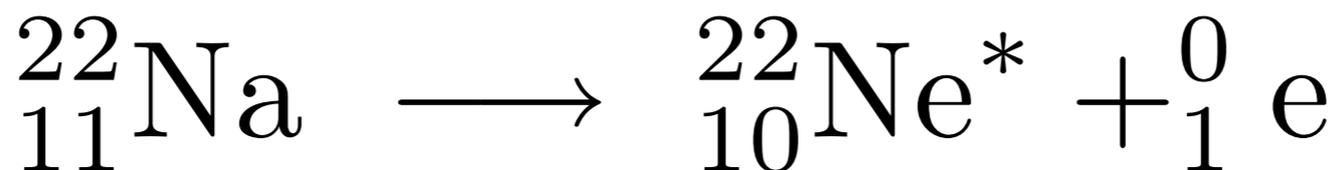
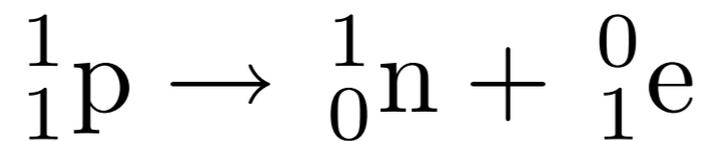
- Isotope 22 \Rightarrow défaut de neutron

- Isotope 24 \Rightarrow excès de neutron

4°) L'isotope 24, en excès de neutron, donne lieu à une radioactivité β^- : ceci peut être modélisé par la transformation d'un neutron en proton, avec émission d'un électron :



5°) L'isotope 22 a un excès de proton, il donne lieu à une radioactivité β^+ , modélisé par la désintégration dans le noyau d'un proton en neutron, avec émission d'un positron :

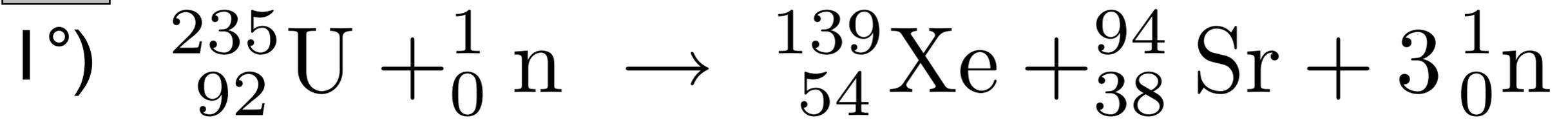


5.3 N°27 p. 116 : Fission de l'uranium

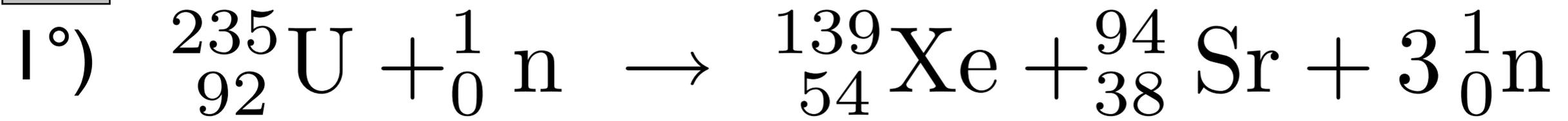
5.3 N°27 p. 116 : Fission de l'uranium

1°)

5.3 N°27 p. 116 : Fission de l'uranium

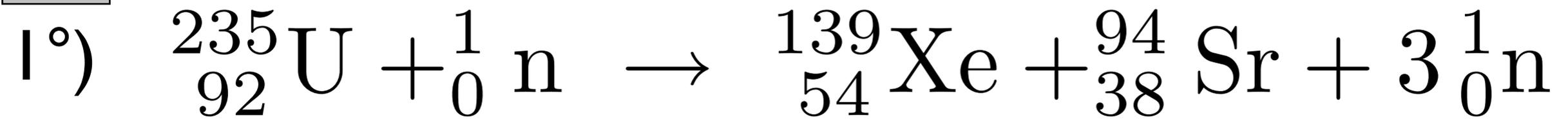


5.3 N°27 p. 116 : Fission de l'uranium



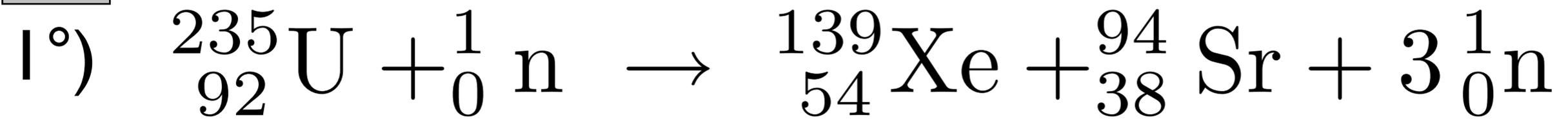
2°)

5.3 N°27 p. 116 : Fission de l'uranium



$$2^{\circ}) Q = (m_{\text{final}} - m_{\text{initial}}) c^2$$

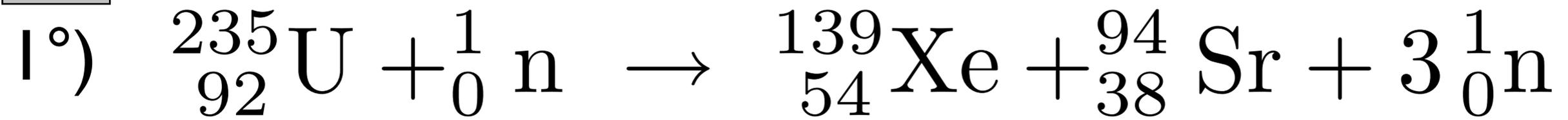
5.3 N°27 p. 116 : Fission de l'uranium



$$2^{\circ}) \quad Q = (m_{\text{final}} - m_{\text{initial}}) c^2$$

$$Q = (138,8882 + 93,8946 + 3 \times 1,0087 \\ - 235,0134 - 1,0087) \\ \times 1,66 \cdot 10^{-27} \times (3,00 \cdot 10^8)^2$$

5.3 N°27 p. 116 : Fission de l'uranium



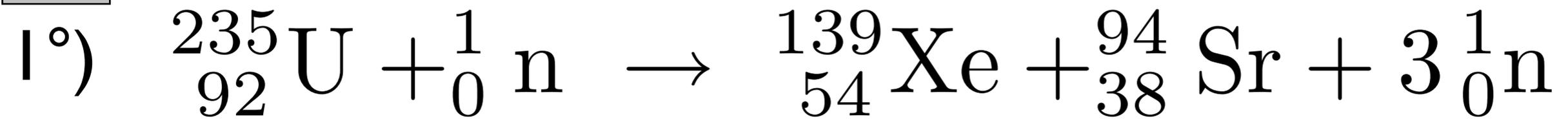
$$2^{\circ}) \quad Q = (m_{\text{final}} - m_{\text{initial}}) c^2$$

$$Q = (138,8882 + 93,8946 + 3 \times 1,0087 - 235,0134 - 1,0087)$$

$$\times 1,66 \cdot 10^{-27} \times (3,00 \cdot 10^8)^2$$

$$Q = -3,19 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

5.3 N°27 p. 116 : Fission de l'uranium



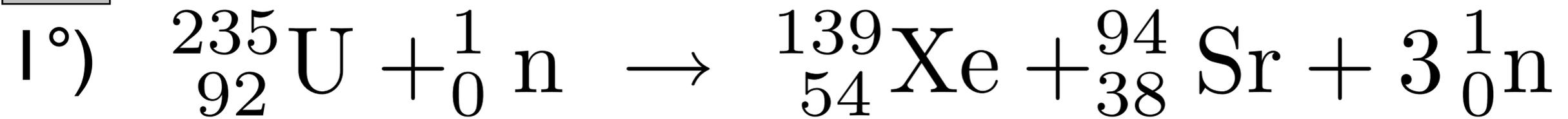
$$2^{\circ}) \quad Q = (m_{\text{final}} - m_{\text{initial}}) c^2$$

$$Q = (138,8882 + 93,8946 + 3 \times 1,0087 - 235,0134 - 1,0087) \\ \times 1,66 \cdot 10^{-27} \times (3,00 \cdot 10^8)^2$$

$$Q = -3,19 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

$Q < 0$ car perte pour le système
(convention thermodynamique)

5.3 N°27 p. 116 : Fission de l'uranium



$$2^\circ) Q = (m_{\text{final}} - m_{\text{initial}}) c^2$$

$$Q = (138,8882 + 93,8946 + 3 \times 1,0087 - 235,0134 - 1,0087) \\ \times 1,66 \cdot 10^{-27} \times (3,00 \cdot 10^8)^2$$

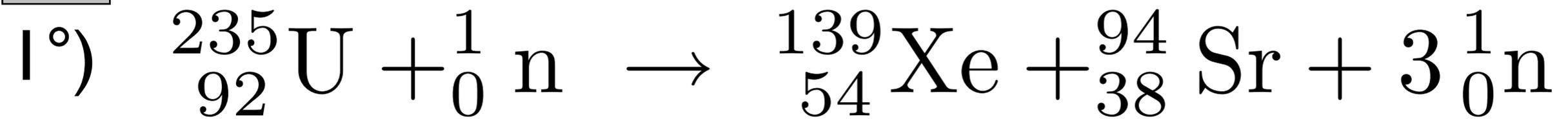
$$Q = -3,19 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

$$Q < 0 \quad \text{car perte pour le système}$$

(convention thermodynamique)

$$Q = \frac{-3,19 \cdot 10^{-11}}{1,60 \cdot 10^{-19}} = -1,99 \cdot 10^8 \text{ eV} = \boxed{-199 \text{ MeV}}$$

5.3 N°27 p. 116 : Fission de l'uranium



$$2^\circ) \quad Q = (m_{\text{final}} - m_{\text{initial}}) c^2$$

$$Q = (138,8882 + 93,8946 + 3 \times 1,0087 - 235,0134 - 1,0087) \\ \times 1,66 \cdot 10^{-27} \times (3,00 \cdot 10^8)^2$$

$$Q = -3,19 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

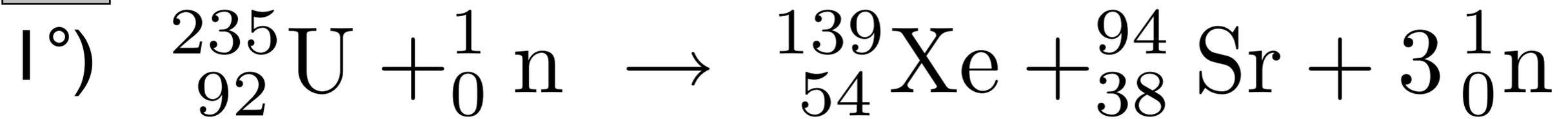
$$Q < 0 \quad \text{car perte pour le système}$$

(convention thermodynamique)

$$Q = \frac{-3,19 \cdot 10^{-11}}{1,60 \cdot 10^{-19}} = -1,99 \cdot 10^8 \text{ eV} = \boxed{-199 \text{ MeV}}$$

3°)

5.3 N°27 p. 116 : Fission de l'uranium



$$2^\circ) \quad Q = (m_{\text{final}} - m_{\text{initial}}) c^2$$

$$Q = (138,8882 + 93,8946 + 3 \times 1,0087 - 235,0134 - 1,0087) \\ \times 1,66 \cdot 10^{-27} \times (3,00 \cdot 10^8)^2$$

$$Q = -3,19 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

$Q < 0$ car perte pour le système

(convention thermodynamique)

$$Q = \frac{-3,19 \cdot 10^{-11}}{1,60 \cdot 10^{-19}} = -1,99 \cdot 10^8 \text{ eV} = \boxed{-199 \text{ MeV}}$$

3°) Non

> Différentes possibilités de fissions

- > Différentes possibilités de fissions
- > Noyaux fils qui peuvent être instables

- > Différentes possibilités de fissions
- > Noyaux fils qui peuvent être instables

4°)

- > Différentes possibilités de fissions
- > Noyaux fils qui peuvent être instables

4°) $m = 1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$

> Différentes possibilités de fissions

> Noyaux fils qui peuvent être instables

$$4^{\circ}) \quad m = 1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10^{-3}}{235,235} = 4,2511 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

> Différentes possibilités de fissions

> Noyaux fils qui peuvent être instables

$$4^\circ) m = 1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10^{-3}}{235,235} = 4,2511 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

$$N = n\mathcal{N}_A = 2,56 \cdot 10^{18} \text{ atomes d'Uranium 235}$$

> Différentes possibilités de fissions

> Noyaux fils qui peuvent être instables

$$4^{\circ}) \quad m = 1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10^{-3}}{235,235} = 4,2511 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

$$N = n\mathcal{N}_A = 2,56 \cdot 10^{18} \text{ atomes d'Uranium 235}$$

$$\Rightarrow \quad E_{\text{libérée}} = NQ$$

> Différentes possibilités de fissions

> Noyaux fils qui peuvent être instables

$$4^\circ) m = 1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10^{-3}}{235,235} = 4,2511 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

$$N = n\mathcal{N}_A = 2,56 \cdot 10^{18} \text{ atomes d'Uranium 235}$$

$$\Rightarrow E_{\text{libérée}} = NQ$$

$$\Rightarrow E_{\text{libérée}} = 2,56 \times 10^{18} \times (-3,19 \times 10^{-11})$$

> Différentes possibilités de fissions

> Noyaux fils qui peuvent être instables

$$4^\circ) m = 1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10^{-3}}{235,235} = 4,2511 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

$$N = n\mathcal{N}_A = 2,56 \cdot 10^{18} \text{ atomes d'Uranium 235}$$

$$\Rightarrow E_{\text{libérée}} = NQ$$

$$\Rightarrow E_{\text{libérée}} = 2,56 \times 10^{18} \times (-3,19 \times 10^{-11})$$

$$\Rightarrow \boxed{E_{\text{libérée}} = 82 \text{ MJ}}$$

> Différentes possibilités de fissions

> Noyaux fils qui peuvent être instables

$$4^{\circ}) \quad m = 1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10^{-3}}{235,235} = 4,2511 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

$$N = n\mathcal{N}_A = 2,56 \cdot 10^{18} \text{ atomes d'Uranium 235}$$

$$\Rightarrow E_{\text{libérée}} = NQ$$

$$\Rightarrow E_{\text{libérée}} = 2,56 \times 10^{18} \times (-3,19 \times 10^{-11})$$

$$\Rightarrow \boxed{E_{\text{libérée}} = 82 \text{ MJ}}$$

5.5 N°24 p. 115 : Énergie libérée et énergie de liaison

> Différentes possibilités de fissions

> Noyaux fils qui peuvent être instables

$$4^{\circ}) \quad m = 1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10^{-3}}{235,235} = 4,2511 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

$$N = n\mathcal{N}_A = 2,56 \cdot 10^{18} \text{ atomes d'Uranium 235}$$

$$\Rightarrow E_{\text{libérée}} = NQ$$

$$\Rightarrow E_{\text{libérée}} = 2,56 \times 10^{18} \times (-3,19 \times 10^{-11})$$

$$\Rightarrow \boxed{E_{\text{libérée}} = 82 \text{ MJ}}$$

5.5 N°24 p. 115 : Énergie libérée et énergie de liaison

I/

> Différentes possibilités de fissions

> Noyaux fils qui peuvent être instables

$$4^\circ) m = 1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10^{-3}}{235,235} = 4,2511 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

$$N = n\mathcal{N}_A = 2,56 \cdot 10^{18} \text{ atomes d'Uranium 235}$$

$$\Rightarrow E_{\text{libérée}} = NQ$$

$$\Rightarrow E_{\text{libérée}} = 2,56 \times 10^{18} \times (-3,19 \times 10^{-11})$$

$$\Rightarrow \boxed{E_{\text{libérée}} = 82 \text{ MJ}}$$

5.5 N°24 p. 115 : Énergie libérée et énergie de liaison

I/ Rappel : formule donnant le défaut de masse, dû aux liaisons entre nucléons dans un noyau :

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m \left(\frac{A}{Z} X \right)$$

$$\underbrace{\Delta m}_{\text{Défaut de masse}} = Zm_p + (A - Z)m_n - m \left(\frac{A}{Z}X \right)$$

**Défaut
de
masse**

$$\underbrace{\Delta m}_{\text{Défaut de masse}} = \underbrace{Zm_p + (A - Z)m_n}_{\text{Masse des nucléons libres}} - m\left({}_Z^AX\right)$$

Défaut
de
masse

Masse
des
nucléons
libres

$$\underbrace{\Delta m}_{\text{Défaut de masse}} = \underbrace{Zm_p + (A - Z)m_n}_{\text{Masse des nucléons libres}} - \underbrace{m\left({}_Z^AX\right)}_{\text{Masse du noyau}}$$

Défaut
de
masse

Masse
des
nucléons
libres

Masse
du
noyau

$$\underbrace{\Delta m}_{\text{Défaut de masse}} = \underbrace{Zm_p + (A - Z)m_n}_{\text{Masse des nucléons libres}} - \underbrace{m\left({}_Z^A X\right)}_{\text{Masse du noyau}}$$

On passe aux énergies de masse en multipliant par c^2 :

$$\underbrace{\Delta m}_{\text{Défaut de masse}} = \underbrace{Zm_p + (A - Z)m_n}_{\text{Masse des nucléons libres}} - \underbrace{m\left({}_Z^A X\right)}_{\text{Masse du noyau}}$$

On passe aux énergies de masse en multipliant par c^2 :

$$\Delta m \cdot c^2 = [Zm_p + (A - Z)m_n] \cdot c^2 - m\left({}_Z^A X\right) \cdot c^2$$

$$\underbrace{\Delta m}_{\text{Défaut de masse}} = \underbrace{Zm_p + (A - Z)m_n}_{\text{Masse des nucléons libres}} - \underbrace{m\left({}_Z^A X\right)}_{\text{Masse du noyau}}$$

On passe aux énergies de masse en multipliant par c^2 :

$$\underbrace{\Delta m \cdot c^2}_{\text{Énergie de liaison}} = [Zm_p + (A - Z)m_n] \cdot c^2 - m\left({}_Z^A X\right) \cdot c^2$$

Énergie
de
liaison

$$\underbrace{\Delta m}_{\text{Défaut de masse}} = \underbrace{Zm_p + (A - Z)m_n}_{\text{Masse des nucléons libres}} - \underbrace{m\left({}_Z^A X\right)}_{\text{Masse du noyau}}$$

On passe aux énergies de masse en multipliant par c^2 :

$$\underbrace{\Delta m \cdot c^2}_{\text{Énergie de liaison}} = \underbrace{[Zm_p + (A - Z)m_n] \cdot c^2}_{\text{Énergie de masse des nucléons}} - m\left({}_Z^A X\right) \cdot c^2$$

$$\underbrace{\Delta m}_{\text{Défaut de masse}} = \underbrace{Zm_p + (A - Z)m_n}_{\text{Masse des nucléons libres}} - \underbrace{m\left(\frac{A}{Z}X\right)}_{\text{Masse du noyau}}$$

Défaut
de
masse

Masse
des
nucléons
libres

Masse
du
noyau

On passe aux énergies de masse en multipliant par c^2 :

$$\underbrace{\Delta m \cdot c^2}_{\text{Énergie de liaison}} = \underbrace{[Zm_p + (A - Z)m_n] \cdot c^2}_{\text{Énergie de masse des nucléons}} - \underbrace{m\left(\frac{A}{Z}X\right) \cdot c^2}_{\text{Énergie de masse du noyau}}$$

Énergie
de
liaison

Énergie
de masse
des
nucléons

Énergie
de masse
du noyau

$$\underbrace{\Delta m}_{\text{Défaut de masse}} = \underbrace{Zm_p + (A - Z)m_n}_{\text{Masse des nucléons libres}} - \underbrace{m\left({}_Z^A X\right)}_{\text{Masse du noyau}}$$

On passe aux énergies de masse en multipliant par c^2 :

$$\underbrace{\Delta m \cdot c^2}_{\text{Énergie de liaison}} = \underbrace{[Zm_p + (A - Z)m_n] \cdot c^2}_{\text{Énergie de masse des nucléons}} - \underbrace{m\left({}_Z^A X\right) \cdot c^2}_{\text{Énergie de masse du noyau}}$$

$$\underbrace{\Delta m}_{\text{Défaut de masse}} = \underbrace{Zm_p + (A - Z)m_n}_{\text{Masse des nucléons libres}} - \underbrace{m\left({}_Z^A X\right)}_{\text{Masse du noyau}}$$

On passe aux énergies de masse en multipliant par c^2 :

$$\underbrace{\Delta m \cdot c^2}_{\text{Énergie de liaison}} = \underbrace{[Zm_p + (A - Z)m_n] \cdot c^2}_{\text{Énergie de masse des nucléons}} - \underbrace{m\left({}_Z^A X\right) \cdot c^2}_{\text{Énergie de masse du noyau}}$$

$$2/ \quad E_\ell \left({}_1^2\text{H}\right) = [m_p + m_n] \cdot c^2 - m\left({}_1^2\text{H}\right) \cdot c^2$$

$$\underbrace{\Delta m}_{\text{Défaut de masse}} = \underbrace{Zm_p + (A - Z)m_n}_{\text{Masse des nucléons libres}} - \underbrace{m\left({}_Z^A X\right)}_{\text{Masse du noyau}}$$

On passe aux énergies de masse en multipliant par c^2 :

$$\underbrace{\Delta m \cdot c^2}_{\text{Énergie de liaison}} = \underbrace{[Zm_p + (A - Z)m_n] \cdot c^2}_{\text{Énergie de masse des nucléons}} - \underbrace{m\left({}_Z^A X\right) \cdot c^2}_{\text{Énergie de masse du noyau}}$$

$$2/ \quad E_\ell \left({}_1^2\text{H}\right) = [m_p + m_n] \cdot c^2 - m\left({}_1^2\text{H}\right) \cdot c^2$$

$$E_\ell \left({}_1^3\text{H}\right) = [m_p + 2m_n] \cdot c^2 - m\left({}_1^3\text{H}\right) \cdot c^2$$

$$\underbrace{\Delta m}_{\text{Défaut de masse}} = \underbrace{Zm_p + (A - Z)m_n}_{\text{Masse des nucléons libres}} - \underbrace{m\left({}_Z^A X\right)}_{\text{Masse du noyau}}$$

On passe aux énergies de masse en multipliant par c^2 :

$$\underbrace{\Delta m \cdot c^2}_{\text{Énergie de liaison}} = \underbrace{[Zm_p + (A - Z)m_n] \cdot c^2}_{\text{Énergie de masse des nucléons}} - \underbrace{m\left({}_Z^A X\right) \cdot c^2}_{\text{Énergie de masse du noyau}}$$

$$2/ \quad E_\ell \left({}_1^2\text{H}\right) = [m_p + m_n] \cdot c^2 - m\left({}_1^2\text{H}\right) \cdot c^2$$

$$E_\ell \left({}_1^3\text{H}\right) = [m_p + 2m_n] \cdot c^2 - m\left({}_1^3\text{H}\right) \cdot c^2$$

$$E_\ell \left({}_2^4\text{He}\right) = [2m_p + 2m_n] \cdot c^2 - m\left({}_2^4\text{He}\right) \cdot c^2$$

3/ Conservation de l'énergie :

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2$$

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

$$\Rightarrow \boxed{E = [m \left({}^4_2\text{He} \right) + m \left({}^1_0\text{n} \right) - m \left({}^2_1\text{H} \right) - m \left({}^3_1\text{H} \right)] \cdot c^2}$$

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

$$\Rightarrow E = \left[m \left({}^4_2\text{He} \right) + m \left({}^1_0\text{n} \right) - m \left({}^2_1\text{H} \right) - m \left({}^3_1\text{H} \right) \right] \cdot c^2$$

4/

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

$$\Rightarrow \boxed{E = [m \left({}^4_2\text{He} \right) + m \left({}^1_0\text{n} \right) - m \left({}^2_1\text{H} \right) - m \left({}^3_1\text{H} \right)] \cdot c^2}$$

4/ On reprend les formules du 2/ :

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

$$\Rightarrow \boxed{E = [m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H})] \cdot c^2}$$

4/ On reprend les formules du 2/ :

$$m({}^4_2\text{He}) \cdot c^2 = [2m_{\text{p}} + 2m_{\text{n}}] \cdot c^2 - E_{\ell}({}^4_2\text{He})$$

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

$$\Rightarrow \boxed{E = [m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H})] \cdot c^2}$$

4/ On reprend les formules du 2/ :

$$m({}^4_2\text{He}) \cdot c^2 = [2m_{\text{p}} + 2m_{\text{n}}] \cdot c^2 - E_{\ell}({}^4_2\text{He})$$

$$m({}^1_0\text{n}) \cdot c^2 \triangleq m_{\text{n}} \cdot c^2$$

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

$$\Rightarrow \boxed{E = [m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H})] \cdot c^2}$$

4/ On reprend les formules du 2/ :

$$m({}^4_2\text{He}) \cdot c^2 = [2m_{\text{p}} + 2m_{\text{n}}] \cdot c^2 - E_{\ell}({}^4_2\text{He})$$

$$m({}^1_0\text{n}) \cdot c^2 \triangleq m_{\text{n}} \cdot c^2$$

$$m({}^2_1\text{H}) \cdot c^2 = [m_{\text{p}} + m_{\text{n}}] \cdot c^2 - E_{\ell}({}^2_1\text{H})$$

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

$$\Rightarrow \boxed{E = [m \left({}^4_2\text{He} \right) + m \left({}^1_0\text{n} \right) - m \left({}^2_1\text{H} \right) - m \left({}^3_1\text{H} \right)] \cdot c^2}$$

4/ On reprend les formules du 2/ :

$$m \left({}^4_2\text{He} \right) \cdot c^2 = [2m_{\text{p}} + 2m_{\text{n}}] \cdot c^2 - E_{\ell} \left({}^4_2\text{He} \right)$$

$$m \left({}^1_0\text{n} \right) \cdot c^2 \triangleq m_{\text{n}} \cdot c^2$$

$$m \left({}^2_1\text{H} \right) \cdot c^2 = [m_{\text{p}} + m_{\text{n}}] \cdot c^2 - E_{\ell} \left({}^2_1\text{H} \right)$$

$$m \left({}^3_1\text{H} \right) \cdot c^2 = [m_{\text{p}} + 2m_{\text{n}}] \cdot c^2 - E_{\ell} \left({}^3_1\text{H} \right)$$

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

$$\Rightarrow \boxed{E = [m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H})] \cdot c^2}$$

4/ On reprend les formules du 2/ :

$$m({}^4_2\text{He}) \cdot c^2 = [2m_{\text{p}} + 2m_{\text{n}}] \cdot c^2 - E_{\ell}({}^4_2\text{He})$$

$$+ m({}^1_0\text{n}) \cdot c^2 \triangleq m_{\text{n}} \cdot c^2$$

$$- m({}^2_1\text{H}) \cdot c^2 = [m_{\text{p}} + m_{\text{n}}] \cdot c^2 - E_{\ell}({}^2_1\text{H})$$

$$- m({}^3_1\text{H}) \cdot c^2 = [m_{\text{p}} + 2m_{\text{n}}] \cdot c^2 - E_{\ell}({}^3_1\text{H})$$

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

$$\Rightarrow \boxed{E = [m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H})] \cdot c^2}$$

4/ On reprend les formules du 2/ :

$$m({}^4_2\text{He}) \cdot c^2 = [\cancel{2m_p} + 2m_n] \cdot c^2 - E_\ell({}^4_2\text{He})$$

$$+ m({}^1_0\text{n}) \cdot c^2 \triangleq m_n \cdot c^2$$

$$- m({}^2_1\text{H}) \cdot c^2 = [\cancel{m_p} + m_n] \cdot c^2 - E_\ell({}^2_1\text{H})$$

$$- m({}^3_1\text{H}) \cdot c^2 = [\cancel{m_p} + 2m_n] \cdot c^2 - E_\ell({}^3_1\text{H})$$

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

$$\Rightarrow \boxed{E = [m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H})] \cdot c^2}$$

4/ On reprend les formules du 2/ :

$$m({}^4_2\text{He}) \cdot c^2 = [\cancel{2m_p} + \cancel{2m_n}] \cdot c^2 - E_\ell({}^4_2\text{He})$$

$$+ m({}^1_0\text{n}) \cdot c^2 \stackrel{\Delta}{=} \cancel{m_n} \cdot c^2$$

$$- m({}^2_1\text{H}) \cdot c^2 = [\cancel{m_p} + \cancel{m_n}] \cdot c^2 - E_\ell({}^2_1\text{H})$$

$$- m({}^3_1\text{H}) \cdot c^2 = [\cancel{m_p} + \cancel{2m_n}] \cdot c^2 - E_\ell({}^3_1\text{H})$$

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

$$\Rightarrow \boxed{E = [m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H})] \cdot c^2}$$

4/ On reprend les formules du 2/ :

$$m({}^4_2\text{He}) \cdot c^2 = [\cancel{2m_p} + \cancel{2m_n}] \cdot c^2 - E_\ell({}^4_2\text{He})$$

$$+ m({}^1_0\text{n}) \cdot c^2 \stackrel{\Delta}{=} \cancel{m_n} \cdot c^2$$

$$\ominus m({}^2_1\text{H}) \cdot c^2 = [\cancel{m_p} + \cancel{m_n}] \cdot c^2 \ominus E_\ell({}^2_1\text{H})$$

$$\ominus m({}^3_1\text{H}) \cdot c^2 = [\cancel{m_p} + \cancel{2m_n}] \cdot c^2 \ominus E_\ell({}^3_1\text{H})$$

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

$$\Rightarrow \boxed{E = [m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H})] \cdot c^2}$$

4/ On reprend les formules du 2/ :

$$m({}^4_2\text{He}) \cdot c^2 = [\cancel{2m_p} + \cancel{2m_n}] \cdot c^2 - E_\ell({}^4_2\text{He})$$

$$+ m({}^1_0\text{n}) \cdot c^2 \stackrel{\Delta}{=} \cancel{m_n} \cdot c^2$$

$$\ominus m({}^2_1\text{H}) \cdot c^2 = [\cancel{m_p} + \cancel{m_n}] \cdot c^2 \ominus E_\ell({}^2_1\text{H})$$

$$\ominus m({}^3_1\text{H}) \cdot c^2 = [\cancel{m_p} + \cancel{2m_n}] \cdot c^2 \ominus E_\ell({}^3_1\text{H})$$

$$E = -E_\ell({}^4_2\text{He}) + E_\ell({}^2_1\text{H}) + E_\ell({}^3_1\text{H})$$

3/ Conservation de l'énergie : $E_{\text{produits}} - E_{\text{réactifs}} = 0$

Énergie libérée : tout ce qui ne « reste » pas en énergie de masse dans le système ! (exemple *idem* cours !)

$$E = (m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}) \cdot c^2 \quad \text{avec } E < 0$$

$$\Rightarrow \boxed{E = [m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H})] \cdot c^2}$$

4/ On reprend les formules du 2/ :

$$m({}^4_2\text{He}) \cdot c^2 = [\cancel{2m_p} + \cancel{2m_n}] \cdot c^2 - E_\ell({}^4_2\text{He})$$

$$+ m({}^1_0\text{n}) \cdot c^2 \triangleq \cancel{m_n} \cdot c^2$$

$$\ominus m({}^2_1\text{H}) \cdot c^2 = [\cancel{m_p} + \cancel{m_n}] \cdot c^2 \ominus E_\ell({}^2_1\text{H})$$

$$\ominus m({}^3_1\text{H}) \cdot c^2 = [\cancel{m_p} + \cancel{2m_n}] \cdot c^2 \ominus E_\ell({}^3_1\text{H})$$

$$E = -E_\ell({}^4_2\text{He}) + E_\ell({}^2_1\text{H}) + E_\ell({}^3_1\text{H})$$

$$\Leftrightarrow \boxed{E = E_\ell({}^2_1\text{H}) + E_\ell({}^3_1\text{H}) - E_\ell({}^4_2\text{He})}$$

5/ Application numérique :

5/ Application numérique :

$$E = 2,23 + 8,48 - 28,30 = \boxed{-17,59 \text{ MeV}}$$

5/ Application numérique :

$$E = 2,23 + 8,48 - 28,30 = \boxed{-17,59 \text{ MeV}}$$

Énergie récupérée par nucléons mis en jeu :

5/ Application numérique :

$$E = 2,23 + 8,48 - 28,30 = \boxed{-17,59 \text{ MeV}}$$

Énergie récupérée par nucléons mis en jeu :

$$2 + 3 = 4 + 1 = 5 \text{ nucléons,}$$

5/ Application numérique :

$$E = 2,23 + 8,48 - 28,30 = \boxed{-17,59 \text{ MeV}}$$

Énergie récupérée par nucléons mis en jeu :

$$2 + 3 = 4 + 1 = 5 \text{ nucléons,}$$

$$\frac{-17,59}{5} = 3,52 \text{ MeV/nucléons}$$

5/ Application numérique :

$$E = 2,23 + 8,48 - 28,30 = \boxed{-17,59 \text{ MeV}}$$

Énergie récupérée par nucléons mis en jeu :

$2 + 3 = 4 + 1 = 5$ nucléons,

$$\frac{-17,59}{5} = 3,52 \text{ MeV/nucléons}$$

