

Aufgabe 1:

1.)

Der Paarungsterm wird mit wachsender Nukleonenzahl immer kleiner und kann für große A vernachlässigt werden.

2.)

Die Emission von α -Teilchen ist deutlich wahrscheinlicher als die von Protonen, da die Bindungsenergie für die Emission zur Verfügung steht. Und wie in der Abbildung zu sehen ist besitzt das α -Teilchen (${}^4\text{He}$) eine sehr viel größere Bindungsenergie als das Proton (${}^1\text{H}$).

3.)

Auch ein Zerfall durch Deuteron- oder Tritium-Emission ist wahrscheinlicher als durch Protonemission aufgrund der höheren Bindungsenergie, jedoch weiterhin viel unwahrscheinlicher als α -Zerfall. Auch für die Emission größerer Systeme ist die Wahrscheinlichkeit sehr gering, da die Wahrscheinlichkeit dass sich so ein System im Kern bildet für größer Nukleonenzahlen drastisch abnimmt.

4.)

Weizsäcker Massenformel:

$$M(A, Z) = (Nm_n + Zm_p + Zm_e) - \underbrace{a_v \cdot A + a_s \cdot A^{\frac{2}{3}} + a_c \cdot Z(Z-1) \cdot A^{-\frac{1}{3}} + a_a \cdot \frac{(A-2Z)^2}{4A}}_{= -E_B} + a_p \frac{\delta}{A^{\frac{1}{2}}}$$

Für große A und Z folgt:

$$E_B = a_v \cdot A - a_s \cdot A^{\frac{2}{3}} - a_c \cdot \frac{Z^2}{A^{\frac{1}{3}}} - a_a \cdot \frac{(A-2Z)^2}{4A}$$

~~Proton-Emission, da die Massenzahl stärker verringert wird. (gut für schwere Atome)~~

d.)

~~$$E(A, Z) = a_v \cdot A - a_s \cdot A^{\frac{2}{3}} - a_c \cdot Z(Z-1) \cdot A^{-\frac{1}{3}} - a_a \cdot \frac{(A-2Z)^2}{4A} + \text{Paarungsterm}$$~~

~~$$Q = T[E(A', A)](Z', Z) - E(A, Z) \quad ?$$~~

$$5) \quad Q_\alpha({}_{47}^{107}\text{Ag}) = -1,94 \text{ MeV} \quad \text{Zerfall nicht}$$

$$Q_\alpha({}_{25}^{137}\text{Au}) = 3,46 \text{ MeV} \Rightarrow \text{sollte zerfallen, aber } \alpha\text{-Barriere} = 4 \text{ MeV, also noch stabil}$$

$$Q_\alpha({}_{72}^{135}\text{U}) = 5,18 \text{ MeV} \quad \text{Zerfall}$$

6.)

$$Q = E_{\text{kin}}(\alpha) + E_{\text{kin}}(Y) + E^*(Y) + E_{\text{Hülle}}^*(Y)$$

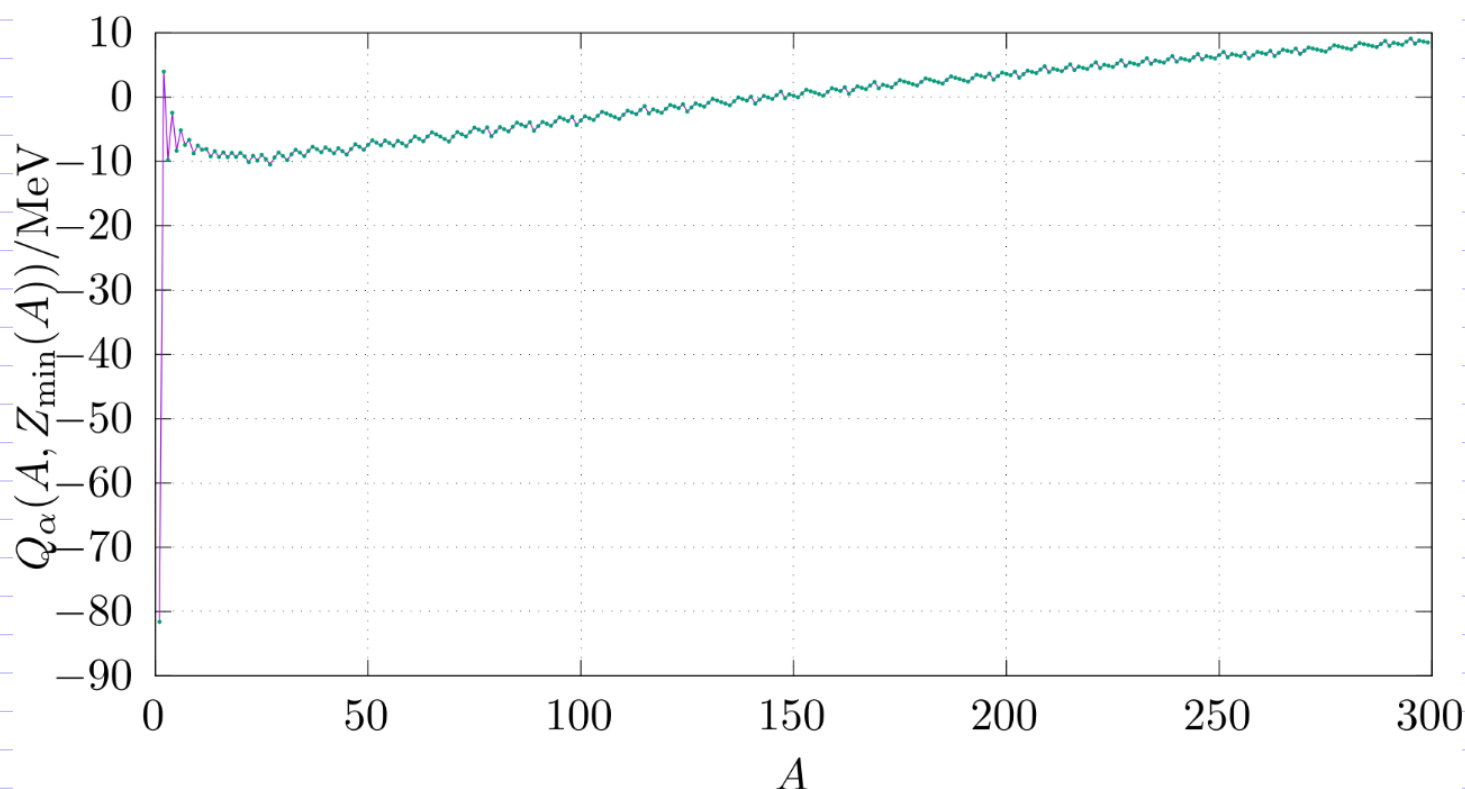
Dabei ist: $E_{\text{kin}}(\alpha)$ die kinetische Energie des emittierten α -Teilchens

$E_{\text{kin}}(Y)$ die kinetische (Rückstoß-) Energie des Tochterkerns

$E^*(Y)$ eine eventuelle Anregungsenergie des Tochterkerns

$E_{\text{Hülle}}^*(Y)$ " " " der Elektronenhülle des Tochterkerns

7)

 α -Instabilität

Als ca. $A=150$ wird $Q_\alpha > 0$ und als ca. $A=211$ wird $Q_\alpha > 4 \text{ MeV}$.
(instabil für den α -Zerfall)

Nr. 2

1.)

Ja, theoretisch ist ein Protonenzerfall durch den Tunneleffekt möglich, allerdings besitzt ein einzelnes Proton eine so geringe Bindungsenergie, dass dies äußerst unwahrscheinlich ist.

2.)

Nein, ein Neutronenzerfall ist nicht möglich, da ein Neutron zu wenig Bindungsenergie besitzt und auch nicht den Tunneleffekt nutzen kann, da es vom Kern gar nicht abgestoßen wird.

3.)

Ja, theoretisch ist ein α -Zerfall durch den Tunneleffekt möglich und auch recht wahrscheinlich, da das α -Teilchen eine Bindungsenergie von fast 8 MeV besitzt.

4.)

Je höher die kinetische Energie der α -Teilchen ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass sie durch den Coulomb-Wall tunneln, wodurch die Lebensdauer des Kerns abnimmt. Die kinetische Energie der α -Teilchen stammt dabei aus dem Massendefekt der Zerfallsprodukte und der Bindungsenergie des α -Teilchens.

Der Zusammenhang von Lebensdauer und kinetischer Energie ist dabei:

$$\frac{1}{\tau} = \lambda = \frac{G}{2R} \cdot e^{-G} \quad \text{mit} \quad G = \frac{4\pi\alpha Z_p}{\sqrt{2} \cdot E_{\alpha}/m_\alpha} - 8 \cdot \sqrt{\left(\frac{m_\alpha c^2 R Z_p}{\hbar c}\right)}$$

~~Teilchen durch den Tunneleffekt und haben so eine geringe Lebensdauer.~~

Aufgabe 3:

1) $\Delta E_{12} = E_{12} (A=236, Z=92) - 2 E_{12} (A=168, Z=46) = -272,64 \text{ MeV}$

$\Delta E_c = E_c (A=236, Z=92) - 2 E_c (A=168, Z=46) = 430,31 \text{ MeV}$
mit $E_c(A, Z) = a_c Z(Z-1) A^{-1/3}$

Die Energien unterscheiden sich insbesondere durch das Vorzeichen.

Herbei wird insgesamt Energie frei, allerdings wird mehr Energie in dem Coulomb-Term gespeichert.

2) $E_D = \underbrace{a_s \cdot \frac{2}{5} A^{2/3}}_{\text{Oberflächenterm}} - \underbrace{\frac{1}{5} a_c A^{-1/3} Z^2}_{\text{Coulomb-Energie}}$

Oberflächenterm: Energie, die durch die Deformierung, also für eine Kugel immer eine Vergrößerung der Oberfläche, zustande kommt.

Coulomb-Energie: Durch die Deformierung der der Schalen entfernt sich die Elektronen vom Kern und von einander. Gleiches gilt für Protonen. Dies trägt zur Verringerung der Energie bei.

3)

a) $\frac{Z^2}{A} \approx 35,5$ b) $\frac{Z^2}{A} \approx 35,9$ c) $\frac{Z^2}{A} \approx 36,8$ d) $\frac{Z^2}{A} \approx 36,4$

Aufgrund der Bedingung aus 2.) lässt sich ^{240}Pu am leichtesten spalten, laut der Nuklidkarte besitzt es auch eine höhere Spaltwahrscheinlichkeit, für ^{220}Th und ^{263}Pu ist die Kernspaltung gar nicht als Zerfallskanal angegeben.

4.)

Aus der Tabelle ist zu erkennen, dass ug-Kerne stets einen höheren Wirkungsquerschnitt als gg-Kerne besitzen. Dies liegt daran dass gg-Kerne eine größere Bindungsenergie besitzen, es wird also mehr Energie benötigt um sie zu spalten.

U

5) Der Wirkungsquerschnitt steigt für schnelle Neutronen, da diese höhere kinetische Energien zur Verfügung stellen. Für ^{235}U gibt es bei $E_{\text{kin}}(n) = 10 \text{ MeV}$ ein Minimum im Wirkungsquerschnitt. ^{238}U kann erst ab dort gespalten werden. ($> 10 \text{ MeV}$)