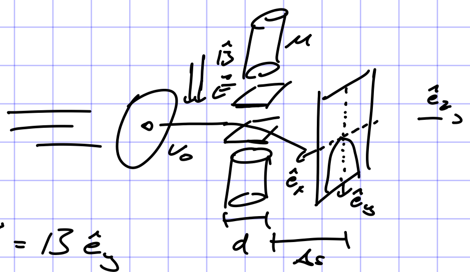
Ex 5; Dominik , Angelo Brade; 31.10.2024

Aufgabe 1:



$$F = q(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B})$$

$$\Rightarrow \vec{a} = \frac{q}{m}(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B}) \quad \Big| \quad \vec{E} = E\hat{e}_y,\ \vec{B} = B\hat{e}_y$$

$$= \frac{q}{m}(E\hat{e}_y + \vec{v}\times\hat{e}_y B)$$

Länge in z-Richtung der Feldbereiche (Kondensatorplatten)

$$\vec{v}(d) = \vec{v}_0 + \vec{a}\cdot\Delta t_1 \quad \Big| \quad \frac{d}{v_0} = \Delta t_1 := \text{Flugzeit durch den homogenen Feldbereich}$$

$$= \vec{v}_0 + \frac{q}{m}(E\hat{e}_y + \vec{v}\times\hat{e}_y B)\frac{d}{v_0} \quad \Big| \quad \vec{v}\times\hat{e}_y = v_0\hat{e}_x,\ \vec{v}_0 = v_0\hat{e}_z$$

$$= v_0\hat{e}_z + \frac{q}{m}(E\hat{e}_y + v_0 B\hat{e}_x)\cdot\frac{d}{v_0}$$

$$= v_0\hat{e}_z + \frac{q}{m}\begin{pmatrix}B\\E/v_0\\0\end{pmatrix}\cdot d$$

Abstand zwischen Feldbereich und Schirm.

$$\vec{s} = \vec{v}(d)\cdot\Delta t_2 \quad \Big| \quad \frac{\Delta s}{v_0} = \Delta t_2 := \text{Flugzeit zum Schirm}$$

$$= \Delta s\,\hat{e}_z + \frac{q}{m}\begin{pmatrix}B/v_0\\E/v_0^2\\0\end{pmatrix} d\cdot\Delta s$$

$$\Rightarrow s_x = \frac{q}{m}B/v_0\cdot d\cdot\Delta s \quad \Leftrightarrow \quad v_0 = \frac{q}{m}B/s_x\cdot d\cdot\Delta s$$

$$\Rightarrow s_y = \frac{q}{m}E/v_0^2\cdot d\cdot\Delta s$$

$$= \frac{mE}{qB}s_x^2\cdot\frac{1}{d\cdot\Delta s}$$

$s_y(s_x)$ ist unabhängig von v_0, aber wird durch q und m, sowie durch die konstruktionsspezifischen Parameter d und Δs bestimmt.

Aufgabe 2:

Mit $E_B = (Z\cdot M_p + (A-Z)M_n - M(A,Z))\cdot c^2$ folgt:

Atom	E_B	E_B/A
^2H	1,72 MeV	0,86 MeV
^4He	27,33 MeV	6,83 MeV
^6Li	30,53 MeV	5,09 MeV
^{56}Fe	480,62 MeV	8,28 MeV

$M_p = 938,27$ MeV

$M_n = 939,56$ MeV

$M(A,Z)$ wurde der gegebenen Tabelle entnommen.

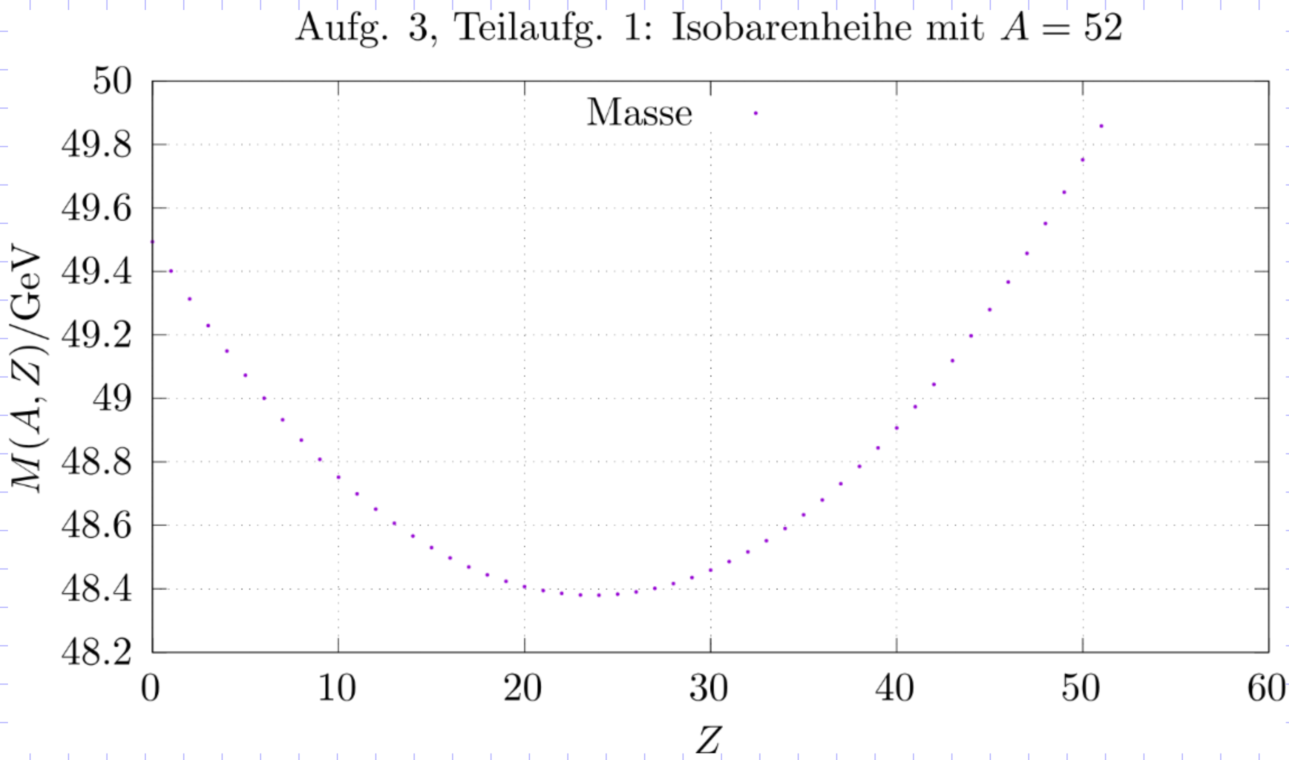
Aufgabe 3:

1.: Nach der Weizsäcker Massenformel:

$$M(A,Z) = N M_n + Z M_p + Z m_e - a_v A + a_s A^{2/3} + a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}} + a_a \frac{(N-Z)^2}{4A} + a_p \frac{\delta}{A^{1/2}}$$

werden die Massen der Isobaren berechnet und gegen Z graphisch dargestellt.

Das Resultat ist hier zu sehen:



2.: Man erhält für

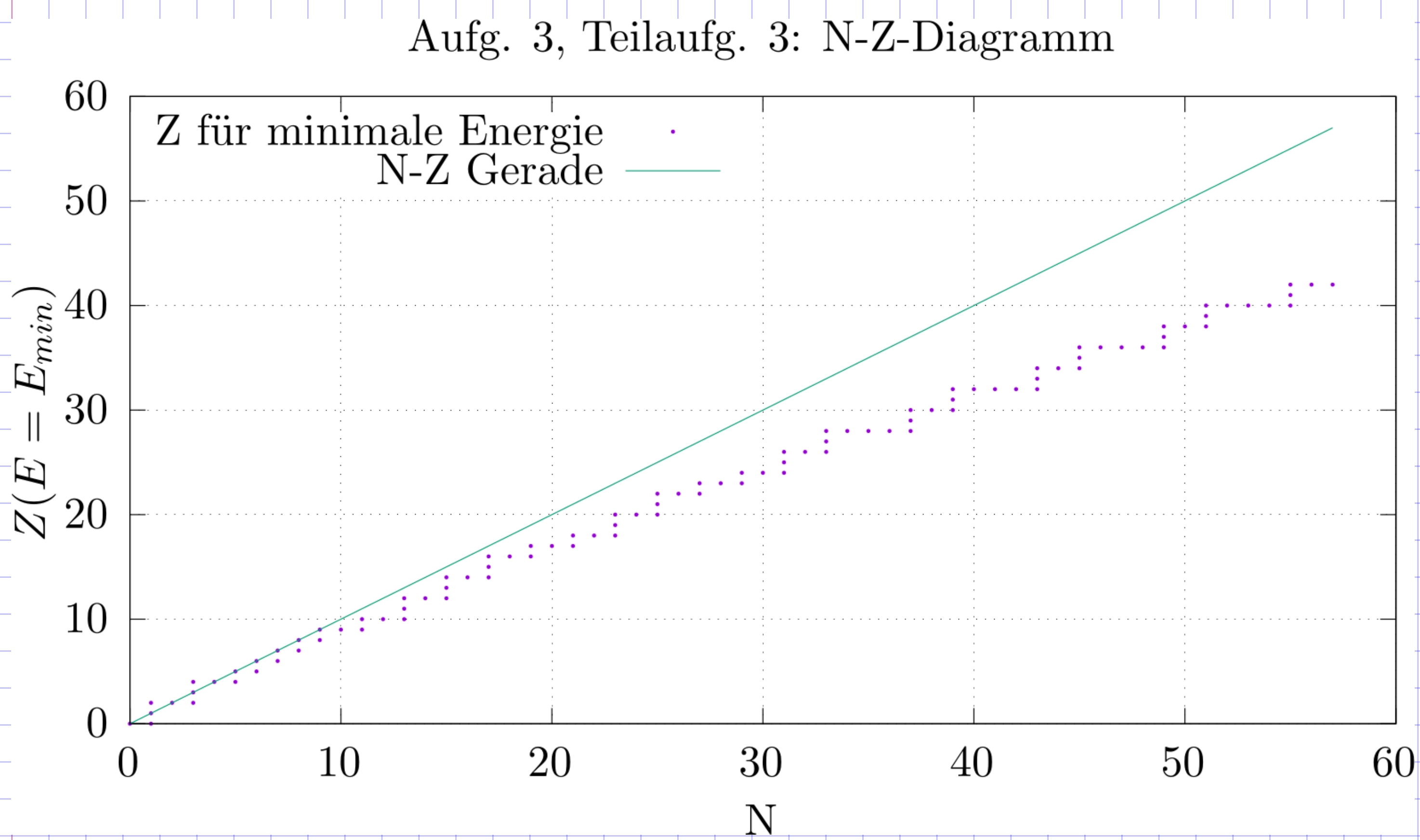
a) A ungerade eine $\delta = +1$ und $\delta = 0$ Kurve (kleinere Masse),

b) A gerade eine $\delta = -1$ und $\delta = 0$ Kurve (größere Masse),

da der Paarungsterm von der Parität von A abhängt:

$$\delta = \begin{cases} 1, & A \text{ ungerade} \wedge Z \text{ ungerade} \\ -1, & A \text{ gerade} \wedge Z \text{ gerade} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}.$$

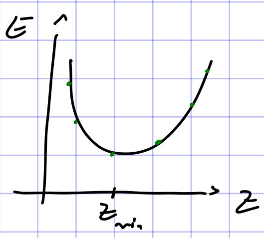
3.: Nun wird für ein bestimmtes A das Z_{min} gesucht, sodass die Bindungsenergie minimal wird: $Z_{min} = Z(E = E_{min})$. So erhält man die Funktion: $Z_{min} = Z_{min}(A)$, wobei $A = Z + N$ ist. Nun lässt sich Z_{min} für verschiedene N ermitteln. Der graphische Zusammenhang ist hier gezeigt:



Es ist zusätzlich eine Vergleichsgerade $N(Z) = Z$ eingefügt, bei der Z und N gleich sind.

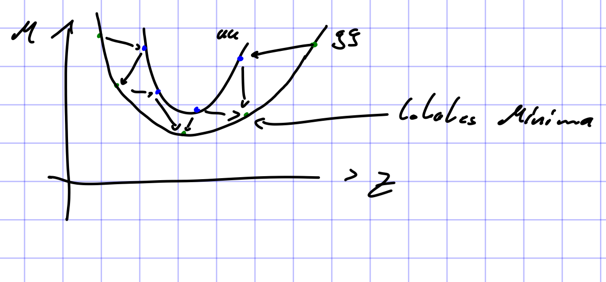
Man kann erkennen, dass für große Z, die minimale Bindungsenergie nicht für $Z = N$, sondern für $N > Z$ erreicht wird.

4.: Für ug-Kerne gibt es einen stabilen Kern auf der Isobarenreihe, da die Bindungsenergie von beiden Seiten der Isobarenkurve gleichmäßig sinkt:



Es gibt keine Unregelmäßigkeit mit $\delta(ug) = 0$.

Für uu/gg-Kerne kann es wegen dem Paarungsterm einen energetisch günstigeren Kern geben, der nicht näher, im Sinne von Z, an den absolut stabilsten Kern ist und so ein lokales Minima darstellt:



3.: Der Paarungsterm erhöht die Masse für uu (gegensätzlich zu gg):

$$M(A,Z) = \dots + a_p \frac{\delta}{A^{1/2}} \overset{\delta(uu)=}{=} \dots + \frac{a_p}{A^{1/2}}.$$

So gibt es immer einen stabilen gg-Kern, in den der uu-Kern zerfällt.

Somit gibt es keine stabilen uu-Kerne.

Aufgabe 4:

1.:

Aus der Weizsäcker Massenformel folgt:

$^{239}_{94}Pu \to \underbrace{^{4}_{2}He}_{\alpha\text{-Teilchen}} + ^{235}_{92}U$, $E_\alpha = 5{,}245\,MeV$, $E_{Pu} = 44504{,}70\,MeV$, $E_U = 43930{,}43\,MeV$

$\Rightarrow E_{\alpha,kin} = E_{Pu} - E_U - E_\alpha = 569{,}03\,MeV$

Die W.-Masseformel ist für kleine Atome ungeeignet, da dort die Masse so gering wird, dass weitere Nebeneffekte, die die Masse verändern, relevant werden. <– unsicher.

2.:

Event	Reaktionsgleichung	Energiebilanz
β^-:	$^{239}Pu \to ^{239}Am + e^- + \bar{\nu}_e$	$E_{^{239}Pu} = E_{^{239}Am} + E_{e^-} + E_{\bar{\nu}_e}$
β^+:	$^{239}Pu \to ^{239}Np + e^+ + \nu_e$	$E_{^{239}Pu} = E_{^{239}Np} + E_{e^+} + E_{\nu_e}$
e-Einfang	$e^- + ^{239}Pu \to ^{239}Pu^{1-}$	$E_{e^-} + E_{^{239}Pu} = E_{^{239}Pu^{1-}}$
p-Emission	$^{239}Pu \to ^{238}Np + p$	$E_{^{239}Pu} = E_{^{238}Np} + E_p$
n-Emission	$^{239}Pu \to ^{238}Pu + n$	$E_{^{239}Pu} = E_{^{238}Pu} + E_n$

Aufgabe 5:

$M_0(^{239}Pu) = 200\,g$, $\rho(^{239}Pu) = 19{,}84\,g/cm^3$, $\tau_{1/2} = 24110\,a$

$E_\alpha = 5{,}245\,MeV$

1.: $^{239}Pu \to ^{235}U + \alpha$

$m(^{239}Pu) = 44504{,}70\,MeV$

$N_0(200g; ^{239}Pu) = \frac{M_0(^{239}Pu)}{m(^{239}Pu)} = \frac{200g}{44504{,}70\,MeV} = 2{,}13 \cdot 10^{24}$

$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot \frac{t}{\tau_{1/2}})$

$= 2{,}13 \cdot 10^{24} \cdot \exp(-\ln 2 \cdot \frac{t}{24110a})$

2.:

$$E(t) = N(t) \cdot E_\alpha$$

$$P(t) = \frac{dE(t)}{dt}$$

$$= \dot{N}(t) \cdot E_\alpha$$

$$= \frac{d}{dt}\left(N_0 \cdot \exp\left(-\ln 2 \cdot \frac{t}{\tau_{1/2}}\right)\right) \cdot E_\alpha$$

$$= -\frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} N_0 \exp\left(-\ln 2 \cdot \frac{t}{\tau_{1/2}}\right) \cdot E_\alpha \qquad | \text{ Taylorentwicklung bis } O(t^1)$$

$$\approx -\frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} N_0 \cdot E_\alpha$$

$$= -\frac{\ln 2 \cdot 2{,}19 \cdot 10^{24}}{24110 \cdot 365{,}25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} \cdot 5{,}245\,\text{MeV}$$

$$\approx -1{,}674\,\text{W}$$

$$\Rightarrow |P| = 1{,}674\,\text{W}$$

3.: $V = \frac{m}{\rho} = 10{,}08\,\text{cm}^3 = 10{,}08 \cdot 10^{-6}\,\text{m}^3$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \Leftrightarrow r = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = 0{,}01341\,\text{m}$$

$$A = 4\pi r^2 = 0{,}002259\,\text{m}^2$$

$$P = \sigma A T^4$$

$$\Rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma A}}$$

$$= 338{,}115\,\text{K}$$

$$= 64{,}37\,^\circ\text{C}$$

Im 3. Praktikum habe ich mit bloßen Händen einen 80°C warmen Metallwürfel gedreht. Ausgehend von diesen Erfahrungen würde ich die Kugel in ein Handtuch einwickeln. Der Taschenwärmer wäre dennoch sehr warm, aber verwendbar.