

ÜS 3 - Drehimpulse & Massdefekt

Massendefekt

Die Masse eines Atoms A_ZX mit Ordnungszahl Z und Massenzahl A ist immer kleiner als die Summe der Massen seiner Bestandteile, da zur Bildung eines Atoms Energie frei wird. Dazu lässt sich die Bindungsenergie über Einsteins Formel $E=mc^2$ berechnen, welche gerade die Energie darstellt, welche frei wird, wenn ein Atom aus seinen Bestandteilen gebaut wird.

$$m_\alpha = 4.001506179125 \text{ u}$$

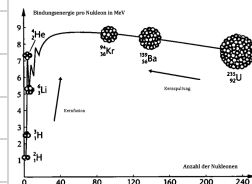
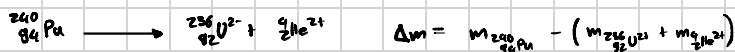
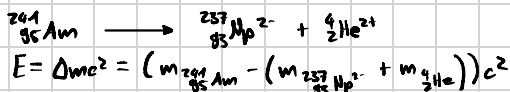
$$m_{{}^{240}_{94}\text{Pu}} = 240.0538155 \text{ u}$$

$$\Delta m_{{}^A_ZX} = Z(m_p + m_e) + (A-Z)m_n - m_{{}^A_ZX} \quad E = \Delta mc^2$$

$$\text{Bsp.: } \Delta m_{{}^4_2\text{He}} = 2m_p + 2m_e + 2m_n - m_{{}^4_2\text{He}} = 5.226 \times 10^{-28} \text{ kg} \Rightarrow E = mc^2 = 4.697 \times 10^{-12} \text{ J}$$

$$\text{Bsp. } \Delta m_{{}^{240}_{94}\text{Pu}} = 94(m_p + m_e) + 146m_n - m_{{}^{240}_{94}\text{Pu}} = 3.23277 \times 10^{-27} \text{ kg} \Rightarrow E = mc^2 = 2.90597 \times 10^{-9} \text{ J}$$

Damit kann auch die bei einer Kernreaktion freiwerdende Energie E berechnet werden, indem der Massendefekt zwischen Edukt- und Produktseite berechnet wird.



Für die Energie wird häufig die Einheit eV (Elektronenvolt) verwendet, welches ihr leicht umrechnen kommt.

$$1 \text{ eV} = 1.602176634 \times 10^{-19} \text{ C} = 1.602176634 \times 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}}$$

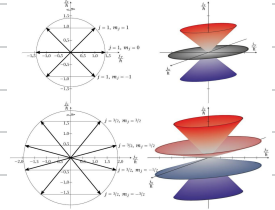
$$4.697 \times 10^{-12} \text{ J} = \frac{4.697 \times 10^{-12} \text{ J}}{1.602176634 \times 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}}} = 2.932 \times 10^7 \text{ eV} = 29.32 \text{ MeV}$$

Das Elektronenvolt ist definiert als diejenige kinetische Energie, die ein Elektron hat, welches eine elektrische Spannung von 1 V durchläuft.

Drehimpulse und Spin

Drehimpulse haben in der QM eine besondere Stellung, denn wir definieren den Spin als den nicht klassischen Anteil des quantenmechanischen Gesamtdrehimpuls. Der Spin hat damit kein klassisches Analogon, aber wir können ihn als fixe Eigenschaft von Teilchen betrachten. Wir können für Spins die möglichen Projektionswerte auf die z -Achse angeben.

$$\begin{aligned} I = \frac{1}{2} & \quad I_z = \left\{ -\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right\} \\ I = 1 & \quad I_z = \left\{ -1, 0, 1 \right\} \\ I = \frac{3}{2} & \quad I_z = \left\{ -\frac{3}{2}, -\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{3}{2} \right\} \\ I & \quad I_z = \left\{ -I, -I+1, \dots, I-1, I \right\} \end{aligned}$$

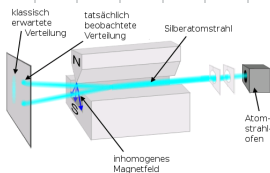


Atome haben einen Kernspin I , der für jedes Isotop fix ist und wie folgt vorhergesagt werden kann:

{	#p ⁺ gerade, #n gerade :	$I = 0$		$^{12}\text{C} (0)$, $^{70}\text{Ge} (0)$
	#p ⁺ , #n gerade und ungerade :	$I = \text{halbganzzahlig}$		$^1\text{H} (1/2)$, $^{209}\text{Bi} (9/2)$, $^{13}\text{C} (1/2)$
	#p ⁺ ungerade, #n ungerade :	$I = \text{ganzzahlig}$		$^2\text{H} (1)$, $^{90}\text{Nb} (8)$, $^{14}\text{N} (1)$

	#p ⁺	#n	#e ⁻	I
²⁴ Mg	12	12	12	0
²⁵ Mg	12	13	12	hgz
²⁶ Mg	12	14	12	0

Der Spin wird in späteren Vorlesungen wie PCIII, PCIV eindringlicher erklärt und dort als Magnetisierung verstanden, also als Potenzial eines Stoffes in einem Magnetfeld magnetisch zu werden. Der Spin ist die theoretische Grundlage hinter NMR, EPR und MRT. Entdeckt wurde der Spin mit dem Stern-Gerlach Experiment.



Neutrale Silberatome durchqueren ein inhomogenes Magnetfeld und spalten sich in zwei Strahlen auf ($I_z = \pm 1/2$)

