

**Aufgabe 1: Formelsammlung**

**1**

Erstellen Sie eine Formelsammlung zum Stoff der Vorlesungen der letzten Woche und dieser Übung, damit Sie vor der Klausur am 4.2.19 schon eine Übersicht über den behandelten Stoff haben. Geben Sie die Formelsammlung auf einem separaten Blatt zusammen mit den Lösungen zu den anderen Aufgaben ab. Vergessen Sie bitte auf allen Zetteln nicht, Ihren Namen, die Matrikelnummer und Ihre Übungsgruppe anzugeben.

**Aufgabe 2: Castle Bravo**

Die Castle Bravo-Bombe enthielt 500 Liter Lithiumdeuterid LiD ( $\rho_{\text{LiH}} = 0,78 \text{ g/cm}^{-3}$ ,  $m = 7.95 \text{ g/mol}$ ). Während in der Natur Lithium zu 92,4% aus  ${}^7_3\text{Li}$  und 7,6% aus  ${}^6_3\text{Li}$  besteht, bestand das Lithiumdeuterid in der Bombe zu 40% aus  ${}^6\text{Li}^2\text{H}$  und 60% aus  ${}^7\text{Li}^2\text{H}$ . Die zwei wichtigsten nuklearen Reaktionen, die wir für LiD betrachten wollen, sind:



Die Massen der einzelnen Kerne sind:  $m(D) = m({}^2\text{H}) = 1875,61 \text{ MeV}$ ,  $m({}^3\text{H}) = 2808,93 \text{ MeV}$ ,  $m({}^4\text{He}) = 3727,38 \text{ MeV}$ ,  $m({}^6\text{Li}) = 5601,50 \text{ MeV}$  und  $m({}^7\text{Li}) = 6533,83 \text{ MeV}$

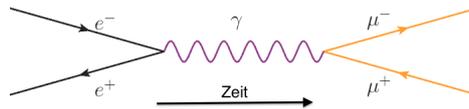
- a) Klassifizieren Sie die beiden Prozesse je als Zerfall, Fusion oder Spaltung? **1**
- b) Berechnen Sie die Bindungsenergien pro Nukleon für  $n$ ,  ${}^2\text{H}$ ,  ${}^3\text{H}$ ,  ${}^4\text{He}$ ,  ${}^6\text{Li}$ ,  ${}^7\text{Li}$ . **2**
- c) Welche kinetische Energie wird bei den beiden Prozessen frei? Sind die Prozesse endo- oder exotherm? **1**
- d) Fassen Sie die Prozesse zu einem Prozess  ${}^6\text{Li} + {}^2\text{H} \rightarrow ?$  zusammen, der bei hohem Druck und hohen Temperaturen ablaufen kann, und berechnen Sie die pro Reaktion frei werdende Energie. **1**
- e) Wie viel Energie wird frei, wenn 25% des  ${}^6\text{Li}^2\text{H}$  reagieren? Drücken Sie die Energie als TNT-Äquivalent aus ( $1 \text{ kg}_{\text{TNT}} = 4,184 \text{ MJ}$ ). **2**
- f) Entgegen den damaligen Erwartungen konnte auch 25% des  ${}^7\text{Li}^2\text{H}$  über den Prozess  ${}^7\text{Li} + n \rightarrow {}^4\text{He} + {}^3\text{H} + n$  reagieren. Berechnen Sie die Energiebilanz dieses Prozesses. Stellen Sie die Gleichung des Gesamtprozesses  ${}^7\text{Li} + {}^2\text{H} \rightarrow ?$  auf und berechnen Sie die frei werdende Energie. Wie stark erhöht sich die Sprengkraft der Bombe? **3**
- g) Das Lithiumdeuterid ist wiederum von einem Mantel aus  ${}^{238}\text{U}$  umgeben. Die schnellen Neutronen aus dem Fusionsprozess können Kernspaltungen des  ${}^{238}\text{U}$  induzieren

und so die Gesamtsprengkraft der Bombe steigern. Die erwartete Sprengkraft der Castle Bravo-Bombe ohne den  ${}^7\text{Li} + {}^2\text{H}$ -Prozess lag bei 5 Megatonnen TNT. Die wirkliche Sprengkraft betrug 15 Megatonnen TNT. Warum hat sich die Sprengkraft durch den  ${}^7\text{Li} + {}^2\text{H}$ -Prozess verdreifacht und nicht nur verdoppelt?

1

### Aufgabe 3: Virtuelles Photon

Die Annihilation  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$  läuft laut Feynman-Graphen wie folgt ab:



- Berechnen Sie den Viererimpuls des Photons in dem  $e^+e^-$ -Schwerpunktsystem für frontal kollidierende Elektron-Positron-Strahlen mit je 5,5 GeV Energie. Wie lange könnte so eine Reaktion dauern? Ist das Photon raumartig, zeitartig oder reell? **2**
- Gegeben sei ein Elektron mit einer Energie von 10 GeV. Beweisen Sie, dass dieses Elektron nur dann ein Photon abstrahlen kann,  $e \rightarrow e\gamma$ , wenn mindestens eines der drei beteiligten Teilchen virtuell ist. **2**

### Aufgabe 4: Wechselwirkung zwischen Elektronen und Materie

Ein Elektronenstrahl mit einem Impuls von 2 GeV trifft senkrecht auf eine Bleifolie ( ${}^{208}\text{Pb}$ ,  $\rho = 11,35 \text{ g/cm}^3$ ) mit einer Dicke von 0,25 Strahlungslängen ( $X_0 = 0,56 \text{ cm}$ ).

- Wie groß ist die mittlere Winkelabweichung  $\theta_{rms}$  der Elektronen durch Vielfachstreuung nach Durchqueren der Folie? **1**
- Wie groß ist der Energieverlust der Elektronen durch Bremsstrahlung? **1**
- Wie groß ist der Energieverlust der Elektronen durch Ionisation unter Vernachlässigung der Dichtekorrektur? **2**