
Kernfusion

Zwei leichte Kerne besitzen eine größere Masse bzw. Ruheenergie als ihr Summenkern. Bei der Verschmelzung der Kerne wird die Massendifferenz in Form von Energie freigesetzt.

- a) In einem Deuteriumplasma kann die D-D-Reaktion ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + n + \Delta E$ ablaufen. Berechnen Sie für diese Reaktion den Massendefekt und die frei werdende Energie ΔE (in MeV)! Rechnen Sie mit der vollen Stellenzahl für die relativen Kernmassen:
 ${}^2_1\text{H} : 2,01355 u; {}^3_2\text{He} : 3,01493 u; n : 1,00867 u; 1u = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}.$ (3 Punkte)
- b) Zur Fusion müssen sich die Reaktionspartner bis auf einen Abstand $2R$ von zwei Kernradien annähern, damit die anziehenden Kernkräfte wirksam werden. Berechnen Sie aus der Massezahl A und dem Nukleonradius $r_0 = 1,3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ den Kernradius von ${}^2_1\text{H}$ und berechnen Sie die Energie, die nötig ist, um die Reaktionspartner auf den Abstand $2R$ anzunähern und dabei die abstoßende Wechselwirkung zu überwinden.
(Ersatzlösung: $E = 500 \text{ keV}$) (5 Punkte)
- c) Berechnen Sie die Temperatur, die das Deuteriumplasma aufweisen müsste, damit die mittlere Teilchenenergie zur Überwindung des in Aufgabe b) berechneten Potentialwalls ausreicht! Begründen Sie, wieso bereits deutlich niedrigere Temperaturen für die Fusion ausreichend sind! (3 Punkte)
- d) Welche Methoden und Verfahrensweisen sollen bei der Energiegewinnung durch Kernfusion angewandt werden? Beschreiben Sie qualitativ die Grundprinzipien und die jeweiligen Probleme! (4 Punkte)
- e) Die kurzreichweitigen Kernkräfte werden durch Austausch virtueller Mesonen beschrieben, deren Erscheinen und Verschwinden innerhalb der Zeit Δt die Energieerhaltung infolge der Unschärferelation $\Delta E \cdot \Delta t \approx h$ nicht verletzt. Setzen Sie für ΔE die Ruheenergie eines Pions (Pionmasse = 273 Elektronenmassen) ein und schätzen Sie die Reichweite R_0 der Kernkräfte aus der maximalen Flugstrecke $R_0 = c \cdot \Delta t$ der Mesonen ab. (3 Punkte)
- f) Was sind die Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung? Begründen Sie, warum Überlegungen, analog zu e), für die elektromagnetische Wechselwirkung zur unendlichen Reichweite führen! (2 Punkte)