

Aufgaben zur Kernspaltung und künstlichen Radioaktivität – 05.12.2011

1.Aufgabe: Schnelle Neutronen haben eine Geschwindigkeit von $v > 4,4 \cdot 10^6$ m/s, thermische Neutronen eine Geschwindigkeit von $v < 4,4 \cdot 10^3$ m/s. Bestimmen Sie die Energie in eV.

Die schnellen Neutronen stoßen jetzt zentral mit folgenden Kernen zusammen:

^2D , ^9Be , ^{12}C , ^{235}U . Wie viele Stöße sind jeweils nötig, damit diese Neutronen zu thermischen Neutronen abgebremst werden?

2.Aufgabe:

Berechnen Sie die Energie, die erforderlich ist, um einen ^4He -Kern zu spalten in:

a) ^3H und p b) ^3He und n . Erklären Sie den Unterschied dieser Energien durch die Eigenschaften der Kernkräfte.

3.Aufgabe: Wenn man Lithium mit Protonen beschießt, so tritt folgende Kettenreaktion ein:
 $^7_3\text{Li} (p, \alpha) ^4_2\text{He}$.

a) Erläutern Sie die Kernreaktionsformel!

b) Berechnen Sie den bei diesem Prozess auftretenden Massendefekt! Die Masse des Lithiumkerns ist $m_{\text{Li}} = 11,6504 \cdot 10^{-27}$ kg.

c) Welche kinetische Energie haben die Teilchen nach dem Kernprozess insgesamt (in Joule und eV), wenn die kinetische Energie des eingeschossenen Protons vernachlässigt wird? (Diese Vernachlässigung ist erlaubt, da der Kernprozess bereits durch Protonen geringer kinetischer Energie ausgelöst wird.)

4.Aufgabe: Eine zentrale energetische Größe der Kernphysik ist die Bindungsenergie.

a) Erläutern Sie den Aufbau eines Atomkerns. Welche Bedeutung hat dabei die Bindungsenergie?

Bei der Kernspaltung von schweren Kernen wird Energie frei, da die Bindungsenergie pro Nukleon bei den mittelschweren Spaltprodukten höher ist als beim Ausgangskern.

Ein U-235-Kern wird durch ein Neutron gespalten. Die beiden Spaltprodukte sind instabil und gehen nach jeweils drei β -Minus-Zerfällen in die stabilen Kerne Ce-140 und Zr-94 über. Außerdem entstehen bei der Spaltung freie Neutronen.

b) Welche instabilen Kerne entstehen unmittelbar nach der Spaltung und über welche Zwischenkerne führen diese jeweils zu den stabilen Endprodukten?

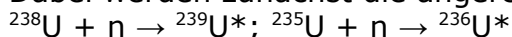
c) Stellen Sie die Gleichung für die Gesamtreaktion in die stabilen Endprodukte auf und berechnen Sie die dabei frei werdende Gesamtenergie.

[zur Kontrolle: $\Delta E = 208,2$ MeV]

d) Schätzen Sie rechnerisch ab, wie viele Millionen Liter Heizöl man verbrennen müsste, um den gleichen Energiebetrag zu erhalten, der als Folge der Spaltung von 1 kg U-235 insgesamt freigesetzt werden kann. (Heizwert von Heizöl: 42 MJ/kg, Dichte von Heizöl: $0,85$ g/cm³)

e) Wie das Unglück in Tschernobyl zeigte, darf das Gefährdungspotential, das von Kernkraftwerken ausgehen kann, nicht unterschätzt werden. Erklären Sie kurz, warum Strahlung radioaktiver Stoffe für Menschen gefährlich sein kann, und erläutern Sie, wie man sich vor ihr schützen sollte.

5.Aufgabe: Sowohl bei ^{238}U als auch bei ^{235}U können Neutronen Kernspaltungen auslösen. Dabei werden zunächst die angeregten Zwischenkerne $^{239}\text{U}^*$ bzw. $^{236}\text{U}^*$ gebildet:



Damit jeweils im zweiten Schritt die Spaltung des angeregten Zwischenkerns tatsächlich auftreten kann, muss dessen Anregungsenergie bei $^{239}\text{U}^*$ mindestens 6,3 MeV bzw. bei $^{236}\text{U}^*$ mindestens 5,8 MeV betragen.

- a) Bestimmen Sie jeweils, welche Bedingung die kinetische Energie des auslösenden Neutrons erfüllen muss, damit der Spaltprozess ablaufen kann. Interpretieren Sie Ihre Ergebnisse in Bezug auf die Spaltbarkeit der betrachteten U-Isotope durch thermische Neutronen.
- b) Fängt ein ^{238}U -Kern ein Neutron ein, das eine kleinere als die in Teilaufgabe a berechnete kinetische Energie besitzt, so tritt keine Spaltung auf. In diesem Fall kann aber aus dem entstandenen ^{239}U ein Plutoniumisotop entstehen. Geben Sie die zugehörigen Zerfallsgleichungen an.
- c) In einem Kernkraftwerk wird die Spaltung von ^{235}U zur Energiegewinnung herangezogen. Pro Spaltung werden im Mittel etwa 200 MeV frei, die zu 33 % in elektrische Nutzenergie umgewandelt werden können. Berechnen Sie aus diesen Daten, welche Masse an ^{235}U gespalten wird, wenn der Kernreaktor im Dauerbetrieb 11 Monate lang durchgehend arbeitet und die elektrische Nettoleistung des Kraftwerks 1,3 GW betragen soll.
- d) Bei der Uranspaltung entsteht unter anderem das radioaktive Edelgas ^{133}Xe , das mit einer Halbwertszeit von 5,3 d zerfällt. Um die Aktivität der in der Reaktorabluft vorhandenen radioaktiven Gase abzusenken, wird die Abluft durch ein Filter aus Aktivkohle geleitet. Wie lange muss dieser Filter das eingeleitete Gas festhalten, damit 99,5 % der ursprünglichen ^{133}Xe -Aktivität aus der Abluft beseitigt werden?

6.Aufgabe: (P 526) Bestrahlt man einen Siliziumkern Si-30 mit Neutronen, so geht dieser in Si-31 über. Si-31 ist instabil und ergibt durch Zerfall den Phosphorkern P-31. Entwickeln Sie die Reaktionsgleichung und berechnen Sie die bei dem Kernprozess frei werdende Energie.

7.Aufgabe: (P527) Um schnelle Neutronen zu erzeugen, wird ein Tritiumtarget (T) mit Deuteronen (D) der kinetischen Energie 400 keV beschossen.

a) Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf! Hinweis: Es entsteht zunächst der Zwischenkern He-5*, der unter Aussendung des schnellen Neutrons zerfällt.

b) Welche kinetische Energie besitzt ein emittiertes Neutron höchstens? Die Masse des entstehenden Kerns beträgt 4,0015064 u.

8.Aufgabe: (P539) Neben anderen Reaktionen finden in einem Kernreaktor Spaltreaktionen statt, bei denen aus einem Kern U-235 durch Beschuss mit einem Neutron ein Kern Zirkonium-94, ein Kern Cerium-140, zwei Neutronen sowie 6 Elektronen entstehen. Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf. Berechnen Sie den Massendefekt ohne die Massen der Elektronen zu berücksichtigen. Berechnen Sie die frei werdende Bindungsenergie bei der Spaltung eines Kerns.

9.Aufgabe: (P540) Ein Kern U-235 wird durch ein Neutron in einen Strontium-95- und einen Xenon-139-Kern gespalten. Berechnen Sie die bei der Spaltung frei werdende Energie.