

5.5 Energie bei Kernreaktionen

Energie - Masse - Relation:

Das bloße Vorhandensein von Masse (in Form von Materie) stellt bereits eine dar. Um Masse zu "erschaffen" muss man also Energie, bei der Vernichtung von Masse wird dagegen Energie Dabei sind Masse und Energie In Formel:

Dabei ist der Proportionalitätsfaktor c^2 das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit.

Aufgaben:

Dieses Kapitel dreht sich um die wohl berühmteste Formel, die in der Physik jemals gefunden wurde. Dabei wird gerade diese häufig falsch interpretiert. Auch wenn ein Quadrat in der Formel auftaucht, beschreibt sie keinen quadratischen, sondern einen linearen Zusammenhang. c^2 ist der Proportionalitätsfaktor.

Aufgaben:

a) Berechne die Energie, die freigesetzt würde, wenn man eine Person mit 50 kg Masse komplett in Energie auflösen könnte.

Vergleiche diese mit dem Jahresenergieverbrauch eines Europäers (30 MWh).

b) Tatsächlich beobachtbar ist dagegen die sogenannte "Paarvernichtung". Trifft ein Elektron ($m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg) auf ein Positron (gleiche Masse, positiv geladen), so lösen sich beide vollständig in Energie auf. Berechne sie.

Bevor wir kernphysikalische Berechnungen anstellen können, müssen wir erst eine neue Einheit für die Masse einführen, die für die Angabe der sehr kleinen Massen gebräuchlich ist.

Damit Kernreaktionen von selbst ablaufen können, muss dabei genauso wie bei chemischen Reaktionen Energie freigesetzt werden. Diese ergibt sich hier daraus, dass sich die Masse bei der Reaktion verringert.

Aufgabe:
Im letzten Kapitel haben wir den Zerfall von Ra 226 in Rn 222 betrachtet. Die Massen betragen hier:

- Ra 226: 226,025410 u
- Rn 222: 222,017578 u
- He 4: 4,002603 u

Berechne den Massendefekt und die freiwerdende Energie.
 (wir rechnen hier nicht mit Nuklidsondern Atommassen, wobei sich die Elektronenanzahl nicht ändert).

Die atomare Masseneinheit u:

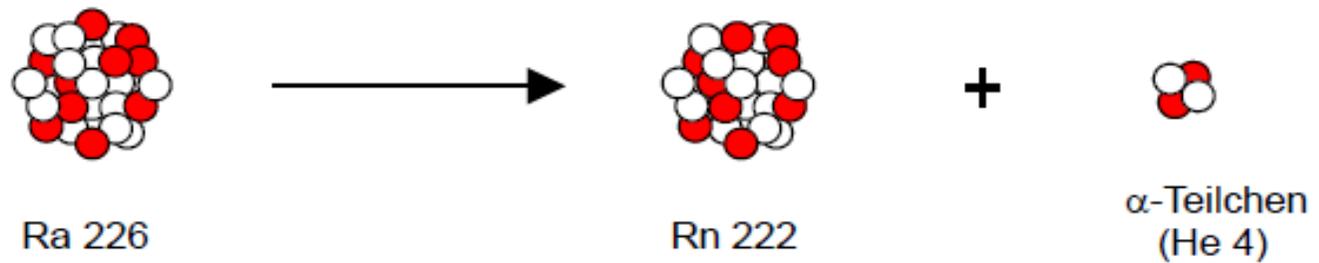
Zur Angabe von kleinen Massen dient die Masseneinheit 1u. Sie entspricht ungefähr der Masse eines Nukleons.

1 u =

Der Massendefekt bei Kernreaktionen:

Bei Kernreaktionen ist die gesamte Masse der Folgekerne als die Masse des Ausgangskerns. Es tritt ein sogenannter auf.
 Diesem entspricht nach der Einstein - Formel eine Energie, die bei der Reaktion wird.

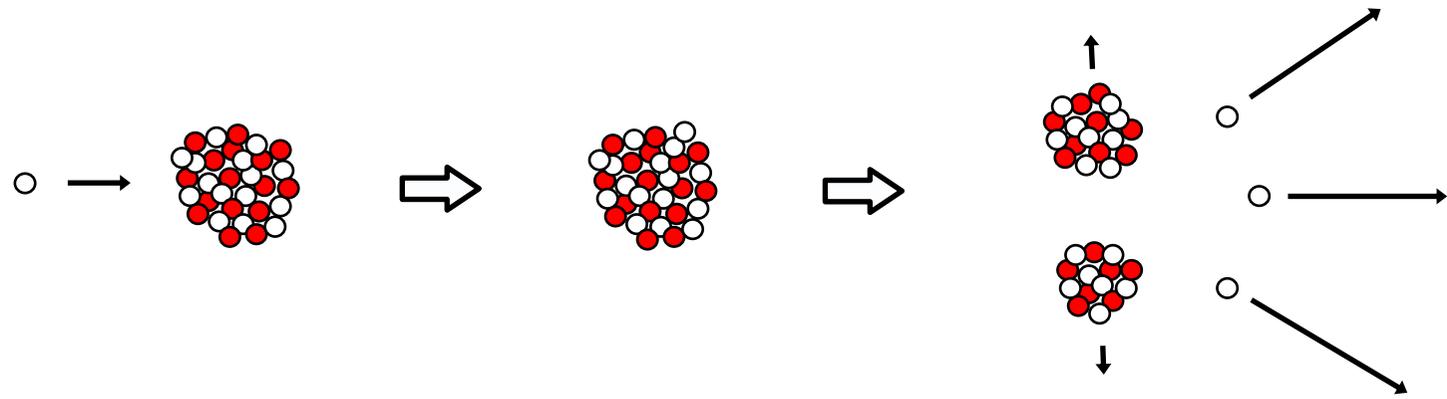
Massendefekt und freiwerdende Energie beim α - Zerfall



Über viele Jahrzehnte haben wir die freiwerdende Energie bei Kernreaktionen in Kernkraftwerken zur Stromerzeugung genutzt. Hierbei wird zumeist U 235 durch Zugabe von Neutronen gezielt zum Zerfall gebracht.

Die Kernspaltung von Uran:

Bei der Nutzung von Kernenergie in Kraftwerken wartet man nicht darauf, dass die U 235 - Kerne von selbst zerfallen, sondern führt den Zerfall durch Zugabe von gezielt herbei (künstliche Radioaktivität). Beim Zerfall des künstlich erzeugten Zwischenkerns U 236 werden zudem Neutronen frei, die für weitere Kernspaltungen zur Verfügung stehen.



Massendefekt und freiwerdende Energie bei der Spaltung von Uran

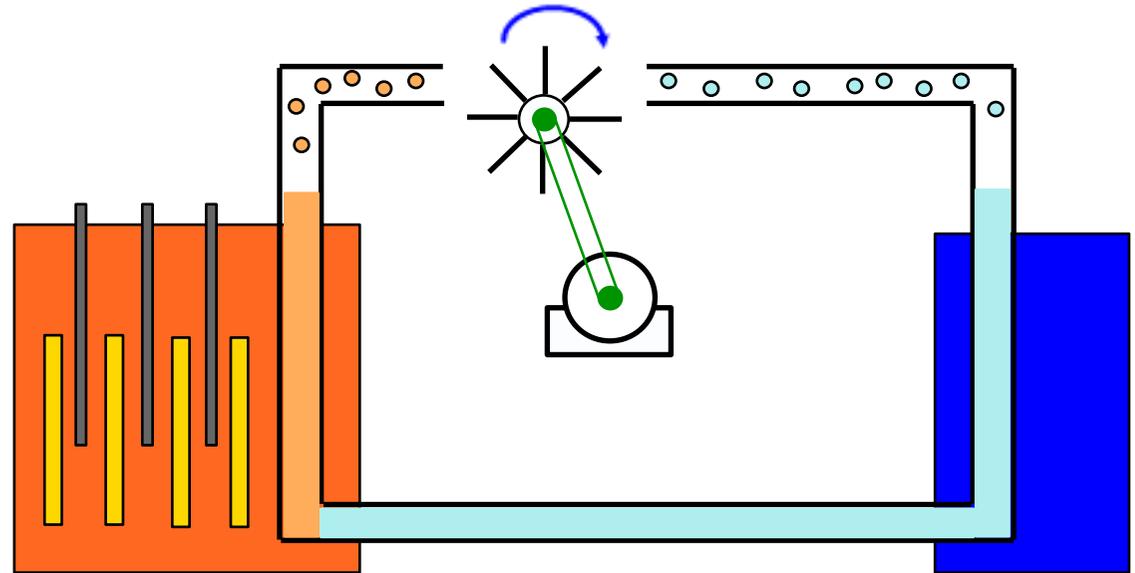
Berechne wie im letzten Beispiel Massendefekt und freiwerdende Energie für die dargestellte Spaltung. Berücksichtige dabei alle Teilchen, die zu Beginn und am Ende der Reaktion vorliegen.
 U 235: 235,04392996 u
 Ba 144: 143,92295281 u
 Kr 89: 88,9176306 u
 n (Neutron): 1,0086649 u

Während in Deutschland 2023 die letzten Kernkraftwerke abgeschaltet wurden, werden in anderen (auch europäischen) Ländern immer noch Kernkraftwerke zur Stromproduktion gebaut. In der nebenstehenden Grafik ist der prinzipielle Aufbau und die Funktionsweise von Kernkraftwerken dargestellt.

Beschrifte die einzelnen Bauteile und beschreibe die Funktion von der Kernspaltung bis zum Strom. Gehe dabei auf die Steuerung der thermischen Leistung mit sogenannten Steuerstäben ein.

Eine ausführliche Darstellung findest Du auf leifiphysik.de unter Kern-/Teilchenphysik - Kernspaltung und Kernfusion - Ausblick - Druckwasserreaktor.

Stromproduktion im Kernkraftwerk



Selbst-Check:

- Masse und Energie
- Masseneinheit u
- Massendefekt und freiwerdende Energie
- Kernkraftwerk

Übungsmöglichkeiten:

Passende Aufgaben gibt's auf Leifiphysik unter **Teilgebiet Kern-/Teilchenphysik - Kernspaltung und Kernfusion - Aufgaben**. Mit der Aufgabe "Spaltung von Plutonium" kannst Du die Energieberechnung an einer Kernreaktion üben (hier werden 2 Neutronen frei).