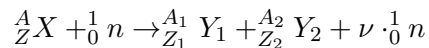


Grundlagen der Reaktorphysik

Gliederung

1 Kernspaltung

1.1 Beschreibung der Allgemeinen Reaktion



1.2 Übersicht verschiedener Spaltstoffe

- Uran-235 (natürlich vorkommend im Uranerz mit 0.714 Gew.-Prozent)
- Plutonium-241
- Plutonium-239
- Uran-233

Unterscheidung von natürlich vorkommenden Spaltstoffen (U-235) und durch andere Kernreaktionen erbrütete Stoffe.

1.3 Wirkungsquerschnitte

Einführung von σ_f und σ_a als Wirkungsquerschnitte für Kernspaltung und (parasitäre Absorption).

1.4 Berechnung der Reaktionsenergie am Beispiel einer Spaltung von U-235



- Aufstellen der Massenbilanz vor und nach der Reaktion (Tabelle)
- Bestimmung des Massendefekts Δm .
- Einsteinsche Energie-Masse Beziehung : $E_f = \Delta mc^2$
- Berechnung der Reaktionsenergie pro Gramm (Energiedichte)

- Vergleich mit den Energiedichten konventioneller Energieträger (Kohle, Gas, etc.) → Kernenergie vs. "Atomenergie"

1.5 Spaltprodukte und Nachzerfallswärme

Die Produkte der Kernspaltung sind sehr oft ebenfalls radioaktiv und werden erst durch nachfolgende Zerfälle (meist β^- und γ) in stabile Kerne umgewandelt. Für den Reaktorbau zwei Aspekte:

- Einige Spaltprodukte sind sehr starke Neutronenabsorber
→ Einfluss auf die Neutronenbilanz
- Durch den Zerfall der Spaltprodukte wird auch nach der Beendigung der Kettenreaktion Energie freigesetzt (Nachzerfallswärme)
→ Kühlung muss gewährleistet werden. → Sicherheitsrisiko!

1.6 Neutronenfreisetzung der Kernspaltung

Ohne die Freisetzung mehrerer Neutronen bei der Kernspaltung wäre keine Kettenreaktion möglich. Nur so kann die Kernspaltung als kontinuierlich arbeitende Energiequelle eingesetzt werden. Es entstehen auf zwei Arten Neutronen:

- Prompte Neutronen: Werden innerhalb von $10^{-4} s$ freigesetzt.
- Verzögerte Neutronen: Entstehen durch den Zerfall von Zwischenprodukten der Kernreaktion.

Letztere sind auf Grund ihrer langen Lebensdauer für die Neutronendynamik im Reaktor wichtig.

2 Neutronenphysik

2.1 Neutronenfluss und Reaktionsraten

Definition des Neutronenflusses

$$\Phi(E) = \rho_n(E) \cdot v(E).$$

Bei gegebenem Neutronenfluss können so Reaktionsraten bestimmt werden.

$$R = n \cdot v \cdot \sigma \cdot N = \Phi \cdot \Sigma$$

2.2 Wechselwirkungen

Die Neutronen treten auf verschiedene Arten mit dem Reaktormedium in Wechselwirkung.

- Streuung
- (n, α) -Reaktion
- (n, p) -Reaktion
- (n, γ) -Reaktion
- $(n, 2n)$ -Reaktion
- Kernspaltung

Einige dieser Wechselwirkungen werden als parasitär bezeichnet, da diese Neutronen absorbieren, welche dann nicht mehr für die Kettenreaktion zur Verfügung stehen.

2.3 Energiespektren

Sehr viele Wechselwirkungen hängen von der Energie der Neutronen ab. So sind zum Beispiel die Wirkungsquerschnitte für die Kernspaltung stark energieabhängig. Einteilung der Neutronen auf Grund ihrer Energie in

- (schnelle) Spaltneutronen
- Epithermische Neutronen
- Thermische Neutronen.

2.4 Diffusion und Abbremsung

- Beschreibung der Bewegung der Neutronen im Reaktormedium (evtl. Diffusionsgleichung)
- Abbremsung der Neutronen auf thermische Energien durch den Moderator.

3 Kettenreaktion

3.1 Stabilität von Kettenreaktionen

Unterscheidung von

- kontrollierte Kettenreaktion (\rightarrow Kernreaktor)
- unkontrollierte Kettenreaktion (\rightarrow Kernwaffe)

Notwendig für sicheren Reaktorbetrieb: Kriterium für die Stabilität der Kettenreaktion

→ Multiplikationsfaktor.

3.2 Vierfaktorformel

$$k_{\infty} = \epsilon \cdot p \cdot f \cdot \eta \quad (= 1)$$

Herleitung mit Erläuterung der einzelnen Faktoren

- ϵ : Schnellspaltfaktor
- p : Resonanzentkommwahrscheinlichkeit
- f : Thermische Nutzung
- η : Neutronenausbeute

Einführung von Korrekturtermen für endliche Reaktoren.

Möglichkeit der Reaktorsteuerung durch Veränderung der Faktoren (Steuerstäbe, Bohrsäure, etc.)

3.3 Kritische Reaktoren

Bestimmung der kritischen Masse für verschiedene Reaktorgeometrien