

Berechnung der maximalen Geschwindigkeit eines Fissionssegels

February 12, 2025

Einleitung

Ein **Fissionssegel** ist eine hypothetische Antriebsmethode, bei der ein asymmetrisches Segel mit spaltbarem Material (wie Curium-240) durch die Energie aus der spontanen Kernspaltung beschleunigt wird. Die entstehenden Spaltprodukte mit hoher Geschwindigkeit werden in eine bevorzugte Richtung ausgestoßen und erzeugen so einen Rückstoß.

Berechnung der maximal erreichbaren Geschwindigkeit

Die maximale Geschwindigkeit (v_{\max}) kann durch die **Tsiolkovsky-Raketengleichung** abgeschätzt werden:

$$v_{\max} = v_e \cdot \ln \frac{m_0}{m_f} \quad (1)$$

wobei:

- v_e die effektive Ausströmgeschwindigkeit der Spaltprodukte ist,
- m_0 die Anfangsmasse des Fissionssegels (7 t),
- m_f die Endmasse nach dem Verbrauch des spaltbaren Materials (2 t).

Abschätzung der Ausströmgeschwindigkeit v_e

Curium-240 unterliegt **spontaner Kernspaltung** mit einer mittleren **Energie pro Spaltprodukt von etwa 100 MeV**. Die Masse eines typischen Spaltprodukts beträgt etwa 100 u.

Die Geschwindigkeit eines einzelnen Spaltprodukts ergibt sich aus der **klassischen Energie-Impuls-Beziehung**:

$$v_e \approx \sqrt{\frac{2E}{m}} \quad (2)$$

Einsetzen der Werte:

$$E = 100 \text{ MeV} = 100 \times 10^6 \times 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$m = 100 \text{ u} = 100 \times 1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} v_e &\approx \sqrt{\frac{2 \times E}{m}} \\ &\approx \sqrt{\frac{2 \times 100 \times 10^6 \times 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}}{100 \times 1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg}}} \\ &\approx 1.39 \times 10^7 \text{ m s}^{-1} \\ &\approx 13\,884 \text{ km s}^{-1} \end{aligned}$$

Berechnung der maximalen Geschwindigkeit

Mit der berechneten Ausströmgeschwindigkeit v_e und den Massen m_0 und m_f kann die maximale Geschwindigkeit v_{\max} berechnet werden:

$$\begin{aligned} v_{\max} &= v_e \cdot \ln \frac{m_0}{m_f} \\ &= 13\,884 \text{ km s}^{-1} \cdot \ln \frac{7}{2} \\ &\approx 13\,884 \text{ km s}^{-1} \cdot 0.5596 \\ &\approx 7767 \text{ km s}^{-1} \end{aligned}$$

Fazit

Die maximale erreichbare Geschwindigkeit des Fissionssegels beträgt etwa 7767 km s^{-1} . Dies entspricht ungefähr 2,59% der Lichtgeschwindigkeit. Diese Berechnung basiert auf idealisierten Annahmen und berücksichtigt nicht Faktoren wie Effizienzverluste, strukturelle Integrität des Segels oder externe Einflüsse. Für eine realistische Einschätzung müssten diese Faktoren ebenfalls berücksichtigt werden.