

8. Som möjlig drivmotor i en stjärnfarkost som skall kunna nå den ganska närbelägna stjärnan Alfa Centauri studerar NASA en anordning där 50% av fissionsfragmenten kastas ut genom en fokuseringsmagnet så att deras riktning sammanfaller med farkostens bakåtriktning. Antag att medelenergin hos dessa fragment är hälften av fissionsenergin och medelmassan hälften av den fissionerade atomen. Med förbrukning av 5 ton ^{239}Pu beräknas man nå 1000 AU efter 20 års motordrift vid en slutlig farkostvikt på 100 ton. En normal raketmotor driven med flytande syre och flytande väte har en utloppshastighet hos bildad vattenånga på 3660 m/s. Antag att motorer och hjälpsystem väger lika mycket vare sig det gäller den Pu- eller väte+syre-drivna motorn och är inräknat i farkostens vikt (100 ton). Raketekvationen är $\Delta v = v_e \cdot \ln(m_0/m_R)$, där Δv är hastighetsökningen när avgaser strömmar ut med hastigheten v_e , m_0 är ursprunglig raketvikt och m_R är slutlig raketvikt. Hur mycket väte+syre-bränsle motsvarar då 5 ton ^{239}Pu ?

$$1 \text{ MeV} := 1.60217733 \cdot 10^{-13} \cdot \text{joule} \quad m_R := 100 \cdot 1000 \cdot \text{kg} \quad N_A := 6.0221367 \cdot \frac{10^{23}}{\text{mole}} \quad M_w := 239 \cdot \frac{\text{gm}}{\text{mole}}$$

Först beräknar vi Δv för den Pu-drivna raketen. E_{kin} från tab. 14.1.

$$m_{\text{Pu}} := 5 \cdot 1000 \cdot \text{kg} \quad \eta_{\text{Pu}} := 50\% \quad E_{\text{FP}} := \frac{239}{2} \cdot 164.6 \cdot \text{MeV} \quad \text{ekv 14.12} \quad E_{\text{FP}} = 82.3 \cdot \text{MeV}$$

$$M_{\text{FP}} := \frac{239 - 2.5}{2} \cdot \frac{\text{gm}}{\text{mole}} \quad m_{\text{FP}} := \frac{M_{\text{FP}}}{N_A} \quad v_{\text{FP}} := \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{FP}}}{m_{\text{FP}}}} \quad v_{\text{FP}} = 1.159 \cdot 10^7 \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$$

Beräknad utströmningshastighet är ganska låg i jämförelse med ljushastigheten ($299792458 \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}}$).

$m_{\text{RPu}} := m_R + 0.5 \cdot m_{\text{Pu}}$ Ty 50% av FP lämnar ju inte raketen, varför högst 5/2 ton FP finns kvar. Vi försummar vikten av neutronerna (Δv ökar marginellt om vi tar hänsyn till n).

$$m_{0\text{Pu}} := m_R + m_{\text{Pu}} \quad \Delta v_{\text{Pu}} := v_{\text{FP}} \cdot \ln\left(\frac{m_{0\text{Pu}}}{m_{\text{RPu}}}\right) \quad \Delta v_{\text{Pu}} = 2.793 \cdot 10^5 \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$$

Nu går vi över till att beräkna den vikt av väte+syre= vatten som skulle ge samma Δv hos en 1-stegsraket.

$$v_{\text{H2O}} := 3660 \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \Delta v_{\text{H2O}} := \Delta v_{\text{Pu}} \quad \Delta v_{\text{H2O}} = v_{\text{H2O}} \cdot \ln\left(\frac{m_R + m_{\text{H2O}}}{m_R}\right)$$

$$m_{\text{H2O}} := \left(\exp\left(\frac{\Delta v_{\text{H2O}}}{v_{\text{H2O}}}\right) - 1 \right) \cdot m_R \quad m_{\text{H2O}} = 1.248 \cdot 10^{41} \cdot \text{kg}$$

Som framgår av svaret är det en teknisk omöjlighet att använda väte+syre i en en-stegsraket med samma prestanda som den Pu-drivna. I väte+syre-fallet måste man gå över till flerstegsraketer, men bränslevikten blir ändå enorm. Vikten hos jordklotet är ju bara ca $6 \cdot 10^{24}$ kg. Talet, vars huvuduppgifter hämtats från en publikation 1989, illustrerar en användning där fissionsenergi är ett av de mycket få alternativ som finns.