

Intro till Kärnkraft

axelwohlin

June 2022

Uppgift 1

En isotop är en atom av ett grundämne med ett specifikt antal neutroner. Två olika isotoper av samma grundämne har därför samma antal protoner men olika antal neutroner.

Uppgift 2

Vi kan använda oss av sönderfallssambandet och lösa för tiden

$$N = N_0 * e^{-\lambda * t}$$

$$\frac{\ln(\frac{N}{N_0})}{-\lambda} = t$$

$$\frac{\ln(\frac{N}{N_0})}{-\lambda} = t = 1456.47 \text{ years}$$

Vi ser därmed att provet är 1456 år gammalt.

Uppgift 3

Vi vet att antalet neutroner per fission är 2.21 och att antalet neutroner per gram-sekund är 920 (Källa wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Spontaneous_fission). Vi kan nu omordna ekvationen för att lösa för antalet fissioner per kg-micro-sekund.

$$\frac{\frac{N}{F}}{\frac{N}{gs}} = \frac{gs}{F} = \frac{2.21 * 10^3 g * s}{920 * 10^{-6}} \cdot 0.07 = 2.914 * 10^{10}$$

spontana fissioner för 1kg under $1\mu s$.

För "reactor grade" får vi

$$\frac{2.21 * 10^3 g * s}{920 * 10^{-6}} \cdot 0.25 = 1.04072 * 10^{11}$$

Uppgift 4

Per fission U^{235} får man 202.5MeV (källa wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/Uranium-235>).

Ungefär 0.72% av naturligt uran är U235 (källa wikipedia <https://en.wikipedia.org/wiki/Uranium-235>).

Med en årsförbrukning på 3 TWh kan vi nu räkna ut antalet fissioner av U235 som krävs för Uppsalas energiförsörjning, sedan räkna ut antalet atomer naturligt uran detta hade motsvarat och vad totala massan av detta uran.

Vi omvandlar allt till J.

$$202.5MeV = 202.5 \cdot 10^6 \cdot 1.60217663 \cdot 10^{-13} = 3.24440768 \cdot 10^5$$

$$3TWh = 3 \cdot 10^{12} \cdot 3600J = 1.08 \cdot 10^{16}J$$

$$Totalaantalfission = \frac{1.08 \cdot 10^{16}}{3.24440768 \cdot 10^5} = 3.32880484 \cdot 10^{20}$$

$$U235s\ massa\ \ddot{a}r = 235.0439299u = 235.0439299 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}kg = 235.0439299 \cdot 1.66 \cdot 10^{-30}ton = 3.9017292410^{-28}ton$$

Massan för allt U235 som behövs blir därför

$$= 3.9017292410^{-28}ton \cdot 3.32880484 \cdot 10^{20} = 1.2988095210^{-7}ton$$

0.72% av naturligt uran  r U235. Totala mängden blir därför

$$= \frac{1.2988095210^{-7}ton}{0.0072} = 1.8039021110^{-5}ton$$

Uppgift 5

a

Q v rder f r detta sönderfall skrivs som (om vi försummar massan av neutronen)

$$Q = (m_N(Sr_{90}) - m_N(Y_{90}) - m_e) \cdot c^2$$

Där m_N är massan av atomkärnan. Vi f r

$$Q = (89.90773 - 38 \cdot m_e) - (89.907142 - 39 \cdot m_e) - m_e) \cdot c^2$$

Som blir

$$Q = (89.90773 - 89.907142)c^2 = 5.284680451 \cdot 10^{13}$$

Vi behöver nu göra om från u till kg och J till MeV .

$$Q = 5.284680451 \cdot 10^{13} \cdot 1.6605390710^{-27}kg \cdot 6.2415090710^{12}MeV = 0.547718533MeV$$

b

1/3 av Q blir till värme och 6% blir sedan till elektricitet. Detta innebär att från Q så blir $\frac{1}{3} * \frac{6}{100} = \frac{6}{300} = \frac{1}{50}$ elektricitet. I joule så blir detta $Q_{el} = 0.547718533 * \frac{1}{50} * 1.60217663 * 10^{-13} J = 8.77541833 * 10^{-14} \cdot \frac{1}{50} = 1.75508367 \cdot 10^{-15}$

Eftersom att Watt är J/s så blir då antalet sönderfall som behövs per sekund

$$S = \frac{53}{1.75508367 \cdot 10^{-15}} = 3.019799056 * 10^{16}$$

Detta är då mängden som har sönderfallit, alltså kan vi skriva den som $N_0 - N$, där N är den "nuvarande" mängden och N_0 var den ursprungliga mängden. Vi kan då skriva det med hjälp av sönderfalls-formeln

$$N_0 - N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = 3.019799056 * 10^{16}$$

$$N_0 = \frac{3.019799056 * 10^{16}}{1 - e^{-\lambda t}} = \frac{3.019799056 * 10^{16}}{1 - e^{-\left(\frac{\ln(2)}{28.8} \frac{1}{60 * 60 * 24 * 365.25}\right)}} = 3.959561346 * 10^{25}$$

Detta är antalet Sr atomer, för att få massan omvandlar vi

$$3.959561346 * 10^{25} * m_{Sr} = 3.959561346 * 10^{25} * 89.90773 u * 1.6605390710 * 10^{-27} \frac{kg}{u} = 5.9114389 kg$$

Alltså behövs en total mängd på ca. 5.9kg för att upprätthålla en stor nog effekt i 1 sekund, man vill därför troligtvis ha mer än detta för att säkerställa att man under en längre tid får en stor nog effekt.

c

Om stationen ska vara strömförsedd fram till 2035 och byggdes 1990 krävs det att den ska vara strömförsedd i 45 år. Alltså vill vi att den kvarvarande massan 2035 inte ska vara lägre än vårt svar på uppgift b, 5.9kg. Vi får då ekvationen

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda * 45 \text{ år}}$$
$$\frac{5.9}{e^{-\frac{\ln(2)}{28.8} * 45}} = N_0 = 17.4265 kg$$

Alltså behövde vi 1990 placera ca. 17.4kg Sr på stationen för att den skulle vara strömförsedd fram till 2035.

d

Neutrinon och beta partikeln bär med sig nästan all kinetisk energi. Ja, man kan som i uppgift b använda sig av värmen som uppstår när beta partikeln "krockar" med något.