

HERTENTAMEN KERNENERGIE

05-02-2013 13.00-16.00 X 5115.0013

- op elk ingeleverd papier duidelijk naam en nummer noteren
- dit tentamen bevat **4** opgaven
- svp uitwerking per opgave op een **apart** vel inleveren !!!
- antwoorden dienen gemotiveerd/beargumenteerd te worden
- formules die ten grondslag liggen aan een numeriek antwoord moeten gegeven worden (incl. verklaring van de gebruikte symbolen) alsmede de argumentatie voor het gebruik van die formules

waardering:

opgave 1 1.5 punten

opgave 2 1.5 punten

opgave 3 3 punten

opgave 4 3 punten

subvragen per opgave hebben een gelijk gewicht.

opgave 1

algemene opmerking bij deze opgave: preciese getallen worden niet gevraagd.

- 0,5
- 0,5
- 0,5
- a) Hoeveel kerncentrales staan er wereldwijd, en wat is hun aandeel in de energieproductie?
 - b) Welke types kerncentrales betreft het hier vooral?
 - c) Nieuwe types kerncentrales zijn mogelijk van belang voor de toekomstige energievoorziening wereldwijd, bijvoorbeeld de HTGR en Thorium reactor. Leg (kort) uit waar de werking op berust en wat de voordelen zijn.
 - d) Welke splijtstof wordt in de praktijk gebruikt voor de meest gangbare typen kerncentrales? In welke verrijkingsgraad? Leg kort uit waarom.

opgave 2

- 0.5 a) Geef de 6-factor formule voor k voor een (eindige) kernreactor. Wat is de betekenis van deze k en van elk van de factoren?
- 0.5 b) Gegeven een snelle splijtingsfactor van 1.04 en een resonantie ontsnappingskans van 80%. Van de snelle neutronen lekt 13.5% uit de reactor; voor thermische neutronen is dit getal 14%. Als de thermische nutsfactor 80% is, wat is dan de reproductiefactor van de splijstof bij stabiel bedrijf?
- 0.5 c) Hoe is de reproductiefactor gedefinieerd (voor uranium)?

opgave 3

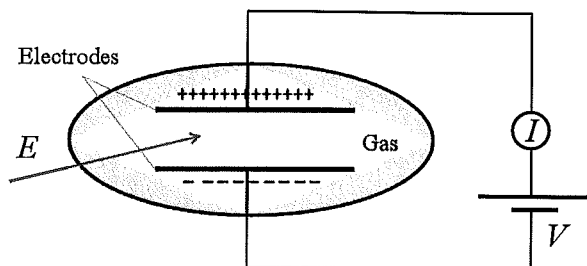
Het radioactieve isotoop ^{135}Xe ($t_{1/2} = 9$ uur) ontstaat in een thermische reactor als vervalsproduct van het splijtingsproduct ^{135}I ($t_{1/2} = 6.5$ uur). Het verdwijnt door radioactief verval of door het invangen van een thermisch neutron ($\sigma_a = 2.66 \times 10^6$ barn; 1 barn = 10^{-24} cm²). De kans dat ^{135}I verdwijnt door een ander proces dan verval naar ^{135}Xe is verwaarloosbaar.

De thermische neutronflux in de reactor bij nominaal vermogen is $\Phi = 6 \times 10^{13}$ cm⁻² s⁻¹.

- Wat is de differentiaalvergelijking die de verandering van het aantal ^{135}Xe atomen beschrijft. Geef aan wat de oorsprong van de verschillende termen is.
- Wat is de effectieve halfwaardetijd ($t_{1/2}$) van ^{135}Xe in de evenwichtstoestand van de reactor. Verklaar Uw antwoord.
- Welke fractie van de ^{135}Xe wordt in de evenwichtstoestand door radioactief verval omgezet in ^{135}Cs . Verklaar Uw antwoord.
- Hoe verandert de hoeveelheid ^{135}Xe in de reactor als deze snel uitgezet wordt, welke consequentie heeft dit voor k_{eff} van de reactor en het gedrag van de reactor als deze na relatief korte tijd (niet lang in vergelijking met de halfwaardetijd van ^{135}Xe en ^{135}I) weer wordt aangezet met hetzelfde vermogen. Schets het verloop van de hoeveelheid ^{135}Xe in de reactor in onderstaande grafiek. Motiveer Uw antwoord en de grafiek.

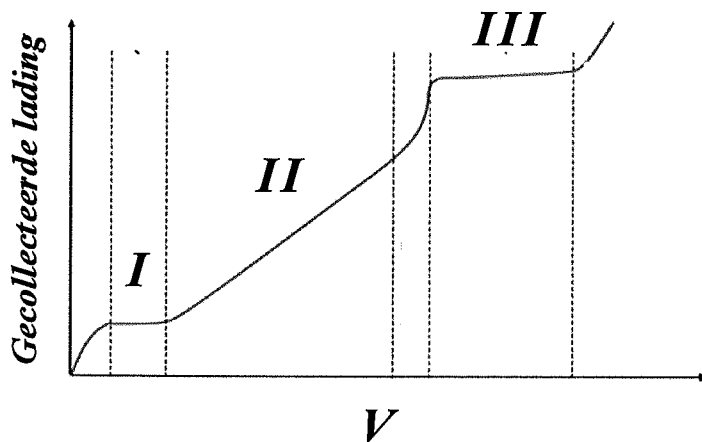
opgave 4

Ioniserende straling kan gedetecteerd worden met een met gasgevulde telbuis waarin een kathode-anode paar is aangebracht (zie figuur 1).



Figuur 1: Schematische weergave van een gasgevulde telbuis.

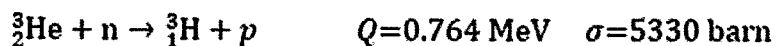
Als we de spanning tussen de elektrodes opvoeren kunnen we verschillende werkingsgebieden van de telbuis onderscheiden. Drie van deze gebieden (I, II en III) zijn aangegeven in figuur 2 waarin de op de elektrodes verzamelde lading (log-schaal) uitgezet is als functie van de over de elektroden aangelegde spanning (lineaire schaal).



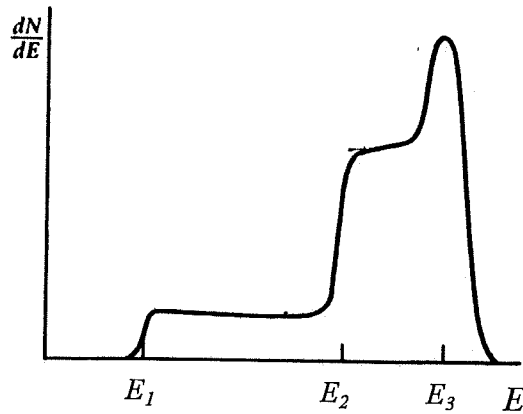
Figuur 2: Verzamelde lading (log-schaal) als functie van aangelegde spanning V (lineaire schaal) voor een gasgevulde telbuis.

- a) Leg de werking van de telbuis uit in ieder van de gebieden I, II, III
- b) Telbuizen kunnen in 'pulse mode' en 'current mode' worden gebruikt. Leg uit wat het verschil is.

Voor het meten van langzame neutronen kan een proportionele telbuis gebruikt worden die met ^3He gas is gevuld. De detectie van de neutronen is dan gebaseerd op de reactie,



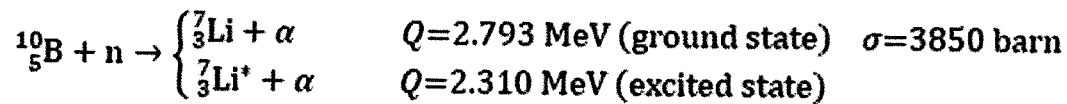
Een meting met een dergelijke telbuis heeft het in figuur 3 gegeven pulshoogte spectrum opgeleverd.



Figuur 3: *Pulshoogte spectrum gemeten met een proportionele telbuis gevuld met ^3He gas*

- c) Verklar de vorm van het spectrum en bereken de waarden van de in de figuur aangegeven energieën

Een ander gas dat in een telbuis voor neutronendetctie gebruikt kan worden is BF_3 , waarbij dan onderstaande reactie wordt benut,



- d) Stel dat we een proportionele telbuis willen gebruiken om de neutronenflux te meten in een reactorkern van een reactor die opgestart wordt vanuit een 'shut-down' conditie. Welk van de twee telgassen ^3He of BF_3 heeft dan de voorkeur? Leg uit waarom.
- e) Een andere bedrijfstoestand van een reactor is de 'intermediate range'. In deze toestand kunnen 'compensated ion chambers' worden toepast om de neutronenflux te meten. Beschrijf het principe van deze meting.