

OEFENTOETS klas 6 NA1 oktober 2008

Opgave 1 Sterilisatie

Medische artikelen, zoals injectiespuiten, katheters en naalden mogen na gebruik niet zomaar weggegooid worden, omdat ze verontreinigd kunnen zijn met schadelijke micro-organismen.

Daarom worden ze eerst gesteriliseerd met behulp van gammastraling. Daarna worden ze afgevoerd.

Een medewerker van een afvalverwerkingsbedrijf vraagt zich bezorgd af of hij de bestraalde artikelen wel mee zal nemen omdat hij bang is dat deze na de behandeling ioniserende straling uitzenden.

2p a Leg uit of deze bezorgdheid terecht is of niet.

Als stralingsbron voor het steriliseren wordt kobalt-60 gebruikt.

3p b Geef de vervalreactie van kobalt-60.

De kobaltbron heeft op een bepaalde dag een activiteit van $5 \cdot 10^{16}$ Bq. Als de activiteit van de bron afgenomen is tot $2 \cdot 10^{16}$ Bq moet deze vervangen worden.

3p c Bereken na hoeveel tijd de bron vervangen moet worden.

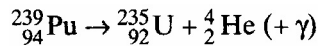
De gamma-fotonen die bij het verval van kobalt-60 ontstaan, hebben een energie van ongeveer 1,1 MeV. Om ook de taaiste micro-organismen onschadelijk te maken is een stralingsdosis van minstens $1 \cdot 10^4$ Gy nodig. Men wil de bestraling niet langer laten duren dan 15 minuten. Het te bestralen micro-organisme heeft een massa van 0,020 μg .

De stralingsdosis ten gevolge van de γ -straling wordt buiten beschouwing gelaten.

4p d Bereken hoeveel gamma-fotonen het micro-organisme per seconde minstens moeten treffen.

Opgave 2 Plutoniumsmokkel

Na het uiteenvallen van de Sovjet-Unie is er regelmatig radioactief materiaal naar West-Europese landen gesmokkeld. Zo werd in mei 1994 in Duitsland een man gearresteerd die een potje zogenaamd "rood kwik" (kwikantimonaat) bij zich had. Dit potje bleek ook radioactief materiaal te bevatten, namelijk plutonium-239. De vervalvergelijking van plutonium-239 is:



Om te onderzoeken of er radioactief materiaal in het potje zat, kon de politie kiezen tussen een badge en een GM-teller.

3p a Maak een keuze tussen deze twee hulpmiddelen en beargumenteer je keuze door beide hulpmiddelen met elkaar te vergelijken.

Onderzoek wees uit dat de activiteit van het plutonium in het potje $1,4 \cdot 10^{10}$ Bq was. Voor het verband tussen de activiteit A en het aantal radioactieve atomen N geldt:

$$A(t) = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} N(t)$$

4p b Bereken hoeveel gram plutonium-239 er tijdens het onderzoek in het potje zat.

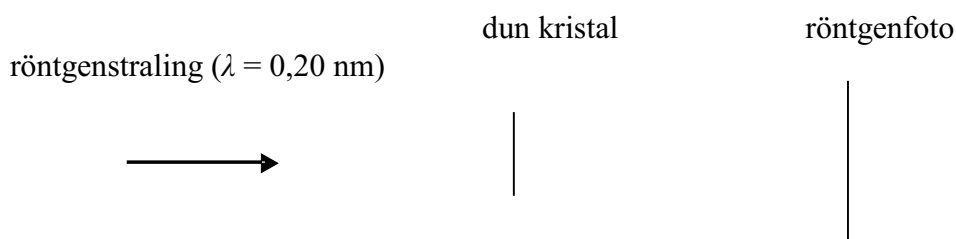
Het potje houdt alle alfa-straling tegen. Bij 0,0070% van de desintegraties ontsnapt een gammafoton van 0,030 MeV uit het potje. De smokkelaar hield het potje 1,0 uur in zijn hand die 20% van de gammastraling absorbeerde. De massa van zijn hand is 0,30 kg.

De stralingsdosis is de geabsorbeerde stralingsenergie per kilogram.

4p c Bereken de stralingsdosis die de hand van de smokkelaar heeft ontvangen ten gevolge van de uit het potje naar buiten tredende straling van 0,030 MeV. Bereken daartoe eerst het aantal gammafotonen dat in 1,0 uur uit het potje kwam. Neem aan dat de activiteit van het potje constant was.

Opgave 3 Kristallen

In kristallen zitten moleculen (atomen) op regelmatige afstand van elkaar. Om deze afstanden te bepalen worden kristallen in de onderstaande opstelling geplaatst.



Je kan het dunne kristal beschouwen als een tralie. Op de foto ontstaat een interferentiepatroon.

3p

- a Leg uit waarom hiervoor gebruik wordt gemaakt van röntgenstraling i.p.v. zichtbaar licht.

De afstand van het kristal naar de röntgenfoto is 80 cm. Het 2^e orde maximum wordt gemeten op 3,0 cm van het hoofdmaximum.

3p

- b Bereken de molecuulafstand in dit kristal.

2p

- c Leg uit wat er met het interferentiepatroon gebeurt als gebruik wordt gemaakt van gammastraling i.p.v. röntgenstraling.

Opgave 4

Dracht

2p

a Welke soorten straling stellen x en y voor in de figuur hiernaast?

- De kinetische energie die een (langzaam) ion door botsingen per meter stof verliest (ΔE_k) is evenredig met $\frac{-q^2}{v^2}$.

2p

b Verklaar het minteken.

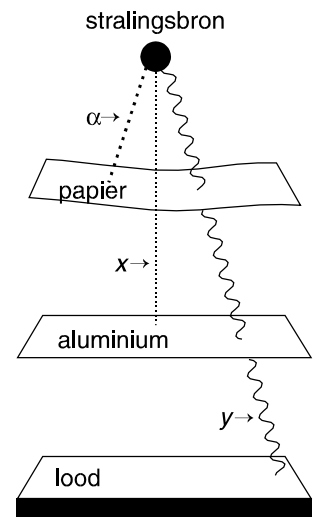
2p

c Laat zien dat je ook mag schrijven:

$$\Delta E_k \sim \frac{-mq^2}{2E_k}$$

3p

d Leg uit hoeveel keer groter de dracht van protonen is in vergelijking met α 's, als ze met dezelfde kinetische energie een stof binnendringen.



Opgave 5

Radioactief koper

De isotoop ^{64}Cu is instabiel en kan op verschillende manieren vervallen. Er zijn twee stabiele eindproducten: een nog nader te bepalen kern X en ^{64}Zn . Figuur 2 is een schematische weergave van de vervalprocessen met vier overgangen a, b, c (c_1 en c_2) en d.

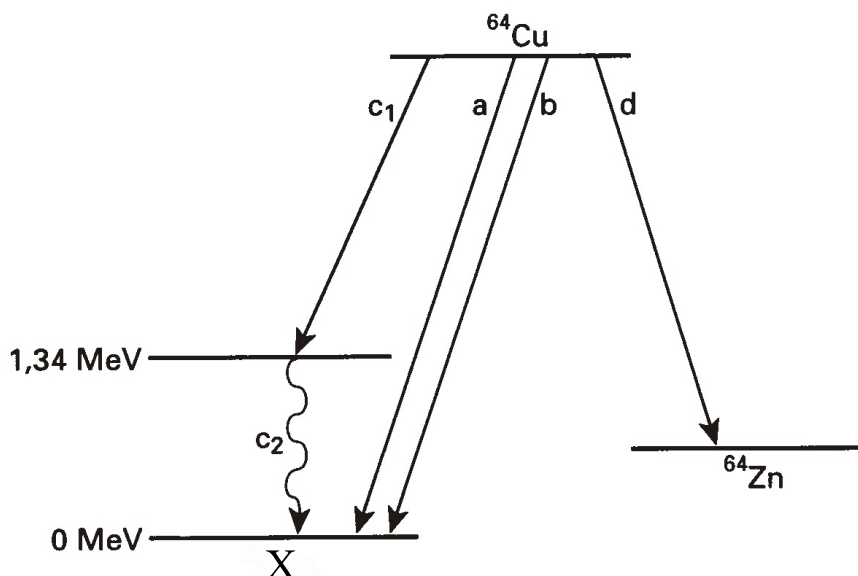
Voor de directe overgang van de koperkern naar de grondtoestand van de kern X bestaan twee mogelijkheden:

- a: een koperkern vervalt onder het uitzenden van β^+ -straling met een kinetische energie van 0,66 MeV; β^+ -straling is net als β^- -straling maar dan is de lading van het uitgezonden deeltje niet $-e$ maar $+e$ (geen elektron maar een positron, het antideeltje van een elektron)
- b: een koperkern vervalt via K-vangst. Dit betekent dat de kern een elektron invangt (in plaats van een elektron of β^+ uit te zenden).

3p

a Schrijf de vervalvergelijking op die hoort bij overgang a.

figuur 2



- a : β^+ -straling
- b : K-vangst
- c_1 : K-vangst
- c_2 : γ -straling
- d : β^- -straling

Bij overgang b vindt K-vangst plaats.

- 3p b Beschrijf wat K-vangst is en leg daarbij uit wat er met het atoomnummer gebeurt.

Ook bij overgang c_1 is er sprake van K-vangst. Hierbij ontstaat kern X in een aangeslagen toestand. Bij overgang c_2 tussen deze aangeslagen toestand en de grondtoestand van deze kern X komt een gammafoton met een energie van 1,34 MeV vrij.

- 3p c Leg uit of door het uitzenden van het gammafoton bij overgang c_2 de bindingsenergie van de kern X groter wordt, gelijk blijft of kleiner wordt.

Overgang d beschrijft het verval van een koperkern naar zink. Hierbij wordt een β^- -deeltje uitgezonden met een kinetische energie van 0,57 MeV.

Het berekenen van de snelheid van dit β^- -deeltje met behulp van de gebruikelijke formule voor de kinetische energie levert een waarde op die groter is dan de lichtsnelheid c . Dat klopt niet: in werkelijkheid is de snelheid gelijk aan: $v = 0,92 \cdot c$.

Volgens de relativiteitstheorie moet in de formule voor de kinetische energie een aangepaste waarde voor de massa (m) worden ingevuld, omdat de massa van een deeltje toeneemt met zijn snelheid. Er geldt:

$$m = f m_0$$

Hierin is:

- m_0 de massa van het stilstaande deeltje, de rustmassa;
- f een factor die afhangt van de snelheid van het deeltje.

- 4p d Bereken de waarde van f voor het β^- -deeltje dat bij overgang d vrijkomt.

ANTWOORDEN

Opgave 1 Sterilisatie

Maximumscore 2

a voorbeeld van een antwoord:

Deze bezorgdheid is niet terecht. Na de bestraling met γ -straling bevatten deze voorwerpen geen radioactieve stoffen.

- inzicht dat de voorwerpen na de bestraling niet besmet zijn

1

- consistente conclusie

1

Maximumscore 3

b voorbeeld van een antwoord:

of

- het elektron rechts van de pijl

1

- Ni als vervalproduct (mits verkregen via kloppende atoomnummers)

1

- het aantal nucleonen links en rechts kloppend

1

Maximumscore 3

c uitkomst: $t = 7$ jaar.

voorbeeld van een berekening:

De activiteit is evenredig met het aantal aanwezige radioactieve atoomkernen.

Voor de activiteit geldt dan: $A(t) = A(0) \cdot e^{-\lambda t}$ met $\tau = 5,27$ jaar.

Invullen geeft: $2 \cdot 10^{16} = 5 \cdot 10^{16} \cdot e^{-\lambda t}$

$t = 7$ jaar

. Hieruit volgt:

$t = 7,32$.

- inzicht dat $A(t) = A(0) \cdot e^{-\lambda t}$

1

- opzoeken van de halveringstijd

1

- completeren van de berekening

1

Maximumscore 4

d uitkomst: Het aantal γ -fotonen per seconde bedraagt $1 \cdot 10^3$.

voorbeeld van een berekening:

Voor de dosis geldt: $D = \frac{E_{\text{str}}}{m}$, zodat voor de benodigde stralingsenergie geldt: $E_{\text{str}} = D \cdot m$.

Hieruit volgt: $E_{\text{str}} = 10^4 \cdot 0,020 \cdot 10^{-9} = 2,0 \cdot 10^{-7}$ J. Deze energie moet in 15 minuten worden geleverd.

Per seconde moet dus $= 2,2 \cdot 10^{-10}$ J worden geleverd.

De energie van één γ -foton bedraagt $1,1 \text{ MeV} = 1,1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = 1,8 \cdot 10^{-13}$ J.

Het aantal γ -fotonen per seconde bedraagt dus: $= 1 \cdot 10^3$.

• inzicht dat $E_{\text{str}} = D \cdot m$

1

• inzicht dat $N =$ en omrekenen fotonenergie naar joule

1

• omrekenen naar seconden

1

• completeren van de berekening

1

Antwoorden opgave 2 volgen

Opgave 3

Kristallen

- 3p a De golflengte van zichtbaar licht is veel te groot om door de openingen te gaan. De golflengte moet in de grootte orde van de openingen zitten.
- 3p b $\tan(\alpha) = 3/80 \rightarrow \alpha = 2,4^\circ \rightarrow 2 \cdot \lambda = d \cdot \sin(\alpha) \rightarrow d = 11 \text{ nm}$
- 2p c λ wordt kleiner $\rightarrow \alpha$ wordt kleiner ($n \cdot \lambda = d \cdot \sin(\alpha)$)

Opgave 4

α -straling

- 2p a x is β -straling want het wordt door een velletje papier doorgelaten maar tegengehouden door een laag aluminium. y is γ -straling want dit wordt pas tegengehouden door een laag lood.
- 2p b Dat betekent dat de energie afneemt.
- 2p c $\Delta E_k \sim \frac{-mq^2}{2IE_k} = \frac{-mq^2}{2 \cdot \frac{1}{2}mv^2} = \frac{-q^2}{v^2}$
- 3p d In de bovenstaande uitdrukking is de de massa van α -deeltjes 4 maal zo groot als die van protonen. Daarnaast hebben α -deeltjes een 2 maal zo grote lading. De afname van de kinetische energie is dus $4 \cdot 2^2 = 16$ maal zo groot. De dracht is dus 16 maal zoklein. Protonen hebben dus een 16 maal zo grote dracht als α -deeltjes.

Opgave 5

Radioactief koper

- 3p a ${}_{29}^{64}\text{Cu} \rightarrow {}_{28}^{64}\text{Ni} + {}_1^0e$ Vergelijking moet kloppen wat betreft lading- en massa
- 3p b Het invangen door de kern van een elektron uit de K-schil.
- p + e \rightarrow n Het atoomnummer verlaagt met één omdat er een proton verdwijnt.
- 3p c De bindingsenergie neemt toe. Je hebt namelijk nog meer energie nodig om de kern weer uit elkaar te halen tot de losse componenten.
- 4p d $IE_{\text{kin}} = \frac{1}{2}m v^2$ en $m = f m_0 \rightarrow IE_{\text{kin}} = 0,57 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 9,13 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ en $v = 0,92 \cdot c = 0,92 \cdot 3,00 \cdot 10^8 = 2,76 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ en $m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31}$ zodat $9,13 \cdot 10^{-14} = \frac{1}{2} \cdot f \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot (2,76 \cdot 10^8)^2 = f \cdot 3,50 \cdot 10^{-14} \rightarrow f = 2,6$