

Toetsstof havo 5 et5 volgens PTA: examenjaar 2010/2011

Opgaven en uitwerkingen vind je op www.agtijmensen.nl

Stof volgens het PTA:

havo5 h4: Elektromagnetisme *Niet in 2010-2011*

havo5 Opwekking en transport van elektrische energie

havo5 h6 Straling, gezondheidszorg en kernenergie

Opgave 1 Nieuwe bestralingsmethode**Lees onderstaand artikel.**

Sinds kort experimenteert men met een nieuwe methode om tumoren te behandelen.

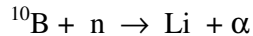
Aan een patiënt wordt borium-10 toegediend. Deze stof wordt door tumorcellen veel beter opgenomen dan door gezonde cellen. Na toediening van het borium bestraalt men het gebied waar zich de tumor bevindt met langzame neutronen. Omdat deze neutronen energiearm zijn, richten ze vrijwel geen schade aan in de gezonde cellen die ze passeren. Als de kern van het borium-10 atoom zo'n neutron invangt, vindt een kernreactie plaats waarbij een lithiumdeeltje en een α -deeltje vrijkomen.

De energie van deze deeltjes is ruim voldoende om de tumorcellen te vernietigen.

De dracht van het lithium- en het α -deeltje is ongeveer 10 μm . Dat is vergelijkbaar met de diameter van een cel.

naar: Technisch Weekblad, 1998

De kernreactie die in de tekst is beschreven, kan als volgt worden weergegeven:



In deze reactievergelijking ontbreken zeven getallen.

3p 1 Stel de reactievergelijking op.

Stel dat in een tumor met een massa van 1,2 g op deze manier $7,2 \cdot 10^{12}$ boriumkernen reageren. Het lithiumdeeltje en α -deeltje die bij de reactie vrijkomen, hebben samen een energie van $3,8 \cdot 10^{-13}$ J. Deze energie wordt geabsorbeerd binnen de tumor.

De stralingsdosis is de geabsorbeerde hoeveelheid energie per kilogram bestraald weefsel.

3p 2 Bereken de stralingsdosis die deze tumor ontvangt.

3p 3 Leg met behulp van de informatie in het artikel uit waarom bij neutronenbestraling vooral de tumorcellen worden vernietigd.

Bij een andere methode die tot nu toe veel wordt toegepast, bestraalt men de patiënt van buitenaf met γ -deeltjes. Veronderstel dat men met beide methodes een even grote stralingsdosis kan toedienen aan een bepaalde tumor.

2p 4 Leg uit of bij de methode die in het artikel beschreven wordt het dosisequivalent voor de tumor groter is dan, kleiner is dan of gelijk is aan het dosisequivalent bij γ -deeltjes.

Opgave 2 Dagelijks vers uit het cyclotron**Lees het artikel.****Dagelijks vers uit het cyclotron**

Aan de rand van de universiteit van Eindhoven gaat een nieuwe deeltjesversneller radioactieve stoffen maken voor ziekenhuizen in heel Europa.

Bij de productie van kortlevende radioactieve preparaten geldt: wat vandaag gemaakt wordt, moet vandaag ook de deur uit. Jodium-123 (jood-123), dat gebruikt wordt bij diagnostisch onderzoek, vervalt vrij snel. Om binnen enkele dagen een bruikbaar preparaat in Athene te krijgen, moet in Eindhoven vele malen de benodigde hoeveelheid radioactieve stof worden aangemaakt.

Bij de productie van jodium-123 worden protonen gebruikt. Deze komen met grote snelheid uit een deeltjesversneller, een zogenaamd cyclotron. De versneller staat achter muren van 2,5 meter dik beton. Het stralingsniveau buiten de muren is daardoor nergens hoger dan de natuurlijke achtergrondstraling.

Bron: de Volkskrant, 10 mei 2003

Men gebruikt radioactief jodium-123 bij onderzoek aan de schildklier. Na toediening van deze stof aan de patiënt verzamelt het zich in de schildklier. Bij het verval van jodium-123 komt γ -straling vrij. Buiten het lichaam van de patiënt wordt met een γ -camera gemeten hoe de radioactieve stof zich in de schildklier heeft verspreid.

2p 5 Leg uit waarom men dit onderzoek alleen kan doen met een stof die γ -straling uitzendt.

Een andere stof die voor dit type onderzoek in aanmerking komt, is jodium-131 (^{131}I).

Een nadeel van deze stof is dat het naast γ -straling ook β -straling uitzendt.

3p 6 Geef de vervalvergelijking van jodium-131.

Ook om een andere reden heeft jodium-123 de voorkeur boven jodium-131.

Stel dat aan de ene patiënt een hoeveelheid jodium-123 wordt toegediend en aan een andere een hoeveelheid jodium-131 met dezelfde activiteit.

2p 7 Leg uit waarom jodium-131 schadelijker is voor de patiënt dan jodium-123. Laat daarbij de β -straling die jodium-131 uitzendt buiten beschouwing.

Tussen de aanmaak van het jodium-123 in Eindhoven en het gebruik ervan in Athene verloopt enige tijd. Omdat de activiteit van het preparaat afneemt, mag die tijd niet te groot zijn.

3p 8 Bereken de tijd die mag verstrijken zodat de activiteit bij gebruik 8,0 maal zo klein is als bij aanmaak.

De muur van 2,5 m beton die om het cyclotron staat, dient vooral om de neutronen tegen te houden die bij sommige kernreacties vrijkomen. Om de stralingsbelasting van de vrijkomende γ -straling op een aanvaardbaar niveau te krijgen, is een muur met een dikte van 2,5 m namelijk nogal overdreven.

De halveringsdikte van beton voor de γ -straling die bij de aanmaak van jodium-123 vrijkomt, is 2,0 cm.

3p 9 Bereken hoe dik de muur moet zijn om minder dan 0,10% van deze γ -straling door te laten.

Opgave 3 Cyclotron

De isotoop gallium-67 kan worden gemaakt door een geschikt element te beschieten met protonen. Wanneer de kern van dat element één proton invangt, ontstaan naast gallium-67 ook twee neutronen:

3p 10 Stel de kernreactie op.

De totale massa links van de pijl bedraagt: 68,9157 u.

De totale massa rechts van de pijl bedraagt: 68,9285 u.

4p 11 Bereken de energie die een proton minimaal moet hebben om de reactie te kunnen laten plaatsvinden. Geef de uitkomst in *drie* significante cijfers.

Gallium-67 is een radioactieve isotoop die gebruikt wordt in de medische diagnostiek.

Op het moment van gebruik moet de activiteit van het gebruikte gallium $5,0 \cdot 10^4$ Bq zijn.

Er verlopen 10 dagen vanaf het moment dat het gallium-67 in een cyclotron is gemaakt tot het moment dat het wordt gebruikt. De halveringstijd van gallium-67 is 3,33 dagen.

3p 12 Bereken de activiteit die het gallium bij de productie moet hebben.

Opgave 4 Dynamo van Clarke

In het midden van de negentiende eeuw zijn de eerste apparaten ontwikkeld waarmee elektrische spanningen konden worden opgewekt. In figuur 9 is het toestel van Clarke afgebeeld. Het wordt beschouwd als de voorloper van onze dynamo.

De dynamo van Clarke bevat een hoefijzermagneet en twee spoelen van elk 80 windingen die van de ene naar de andere pool van de magneet draaien. Door het grote wiel rond te draaien, worden de twee spoelen via een rubberen band in beweging gebracht.

In figuur 10 is de flux binnen één zo'n ronddraaiende spoel als functie van de tijd weergegeven.

figuur 9

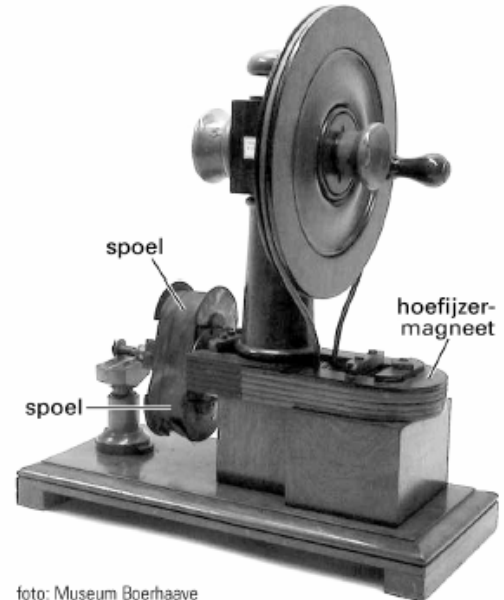
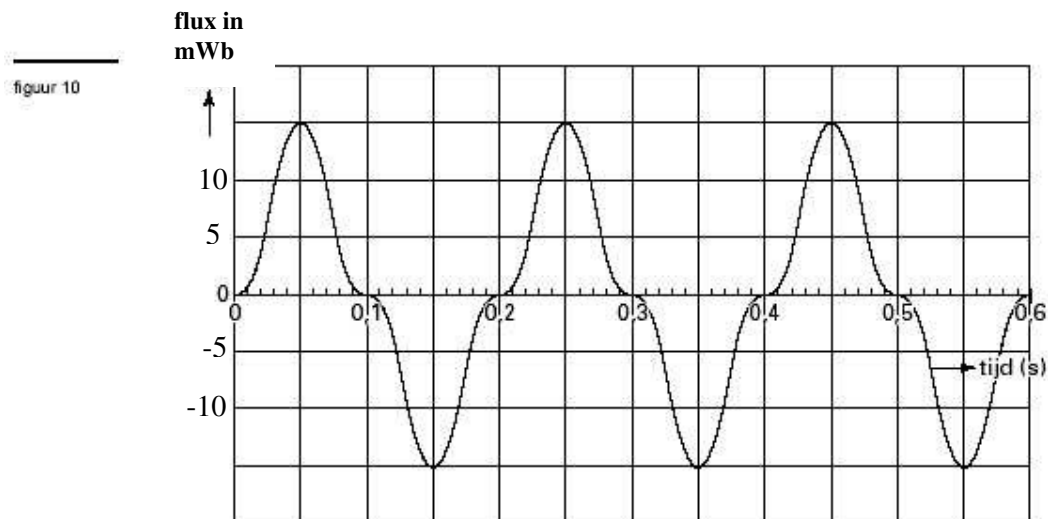


foto: Museum Boerhaave



3p 13 Waarom ontstaat er een inductiespanning in de spoel?

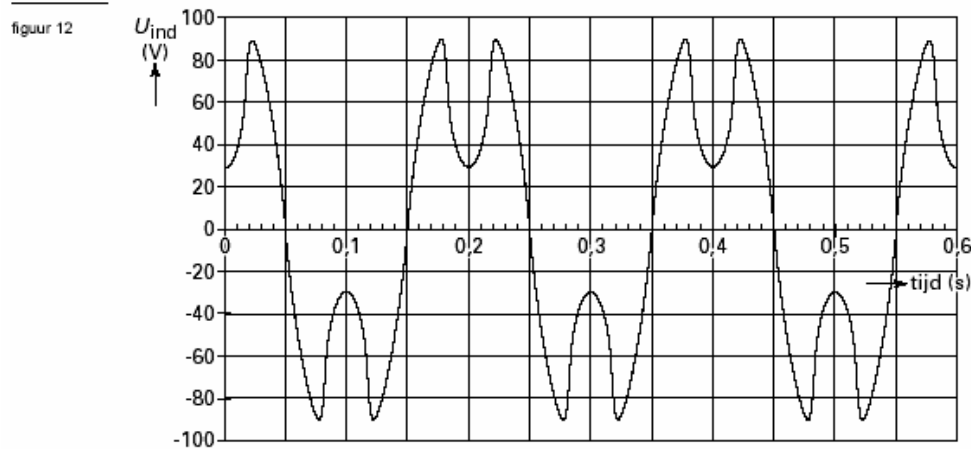
4p 14 Leg uit op welk tijdstip (van 0 tot 0,2 s) de inductiespanning het grootst is.

De spanning die in een in een dynamo wordt opgewekt hangt behalve van het aantal windingen af van nog twee grootheden.

3p 15 Noem deze twee grootheden en geef voor het aantal windingen aan welk verband er bestaat tussen de inductiespanning en het aantal windingen.

De tweede spoel is zo aangesloten dat de spanning die daarin wordt opgewekt de spanning in de andere spoel versterkt.

In figuur 12 is de totale inductiespanning die de dynamo van Clarke opwekt, weergegeven als functie van de tijd.



Bij een wisselspanning hoort een bepaalde effectieve spanning. Hieronder staan vier beweringen over de effectieve spanning die hoort bij de wisselspanning van figuur 12.

- A: $U_{\text{eff}} = 0 \text{ V}$
 B: $U_{\text{eff}} = 58 \text{ V}$
 C: $U_{\text{eff}} = 88 \text{ V}$
 D: $U_{\text{eff}} = 176 \text{ V}$

2p 16 Welke van deze vier beweringen is juist? Licht je antwoord toe.

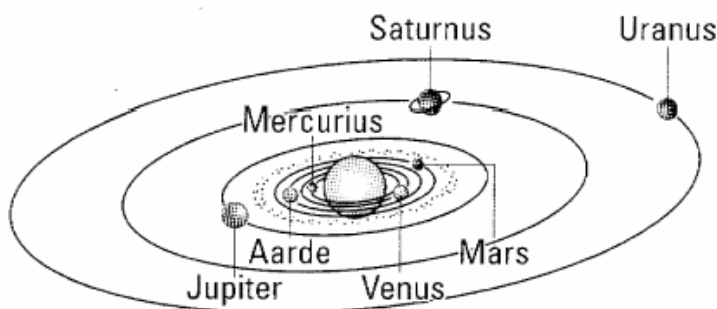
Opgave 5 Energie voor verre reizen

Lees onderstaand artikel.

Kernenergie voor Cassini

In oktober 1997 is vanaf het Amerikaanse ruimtevaartcentrum Cape Canaveral de Cassinisonde gelanceerd voor een reis naar de planeet Saturnus. De sonde zal in juli 2004 bij de planeet met de ringen aankomen. Gedurende vier jaar verblijft de onbemande sonde in een baan om Saturnus. De sonde gaat metingen verrichten die doorgestuurd worden naar de aarde. De Cassini heeft elektrische energie nodig voor de apparatuur. Zonnepanelen zijn daarvoor niet geschikt; de sonde is uitgerust met een zogenaamde RTG.

De afkorting RTG staat voor Radio-isotope Thermo-electric Generator'. In de RTG wordt warmte geleverd door radioactief verval van plutonium. Die warmte wordt rechtstreeks omgezet in elektrische energie. De Cassini heeft 33 kg van de isotoop plutonium-238 aan boord. Hiermee wordt gedurende de elf jaar durende missie een vrijwel constant elektrisch vermogen van 885 watt geproduceerd. Het proces van energieopwekking in een RTG wijkt principieel af van dat in een kernreactor.



naar: NRC Handelsblad, oktober 1997

Bron: NRC Handelsblad

Bij het verval van een plutonium-238-kern komt een hoeveelheid energie vrij van 5,6 MeV. Daarbij wordt een (klein) deel van de massa van zo'n kern omgezet in energie. Het plutonium-238 van de Cassini-sonde heeft een activiteit van $2,1 \cdot 10^{16} \text{ Bq}$. De verandering van de activiteit gedurende een jaar is te verwaarlozen.

5p 17 Bereken de massa, uitgedrukt in kilogram, die bij dit verval in 1,0 jaar wordt omgezet in energie.

In de toekomst worden misschien onbemande ruimtereizen uitgevoerd naar naburige sterren. Die ruimteschepen zullen enkele duizenden jaren onderweg zijn.

Tijdens die reizen zal steeds elektriciteit nodig zijn voor de meetapparatuur.

De halveringstijd van plutonium-238 is 88 jaar.

2p 18 Is bij dergelijke reizen een RTG met plutonium-238 een geschikte bron voor de elektriciteitsvoorziening? Licht je mening toe.

In de laatste zin van het artikel wordt gezegd dat het proces van energieopwekking in een RTG principieel afwijkt van dat in een kernreactor.

De afmetingen van een RTG zijn veel kleiner dan die van een kernreactor.

2p 19 Noem twee verschillen tussen de wijze van energieopwekking in een RTG en die in een kernreactor.

Opgave 6. Nieuwe hoogspanningskabels (Vwo 1999-II 1)

Lees onderstaand krantenartikel:

Texel verbonden door kabels

Aan het 'isolement van Texel' is een einde gekomen. Er is een 50 kV-hoogspanningsleiding gelegd, waardoor het mogelijk is elektriciteit van het vasteland naar Texel te transporteren. Volgens een woordvoerder van NKF KABEL in Delft is het bijzondere dat het gaat om een leiding van 7,8 km lengte uit één stuk. In de leiding lopen twee koperen kabels, een toe- en een afvoerkabel. Iedere kabel heeft een lengte van 7,8 km en een massa van 150.000 kg. De leiding maakt de kleine elektriciteitscentrale (13,6 MW) bij Oudeschild op Texel overbodig.
bron: Technisch Weekblad, 13 juni 1994

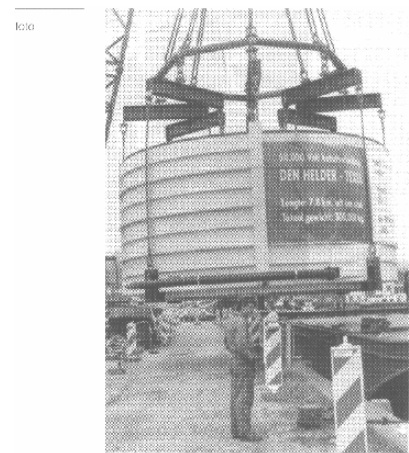
In figuur 1 is schematisch weergegeven hoe de nieuwe kabels zijn opgenomen in de totale installatie die Texel van elektrische energie voorziet.

Op Texel wordt de spanning getransformeerd naar 230 V.

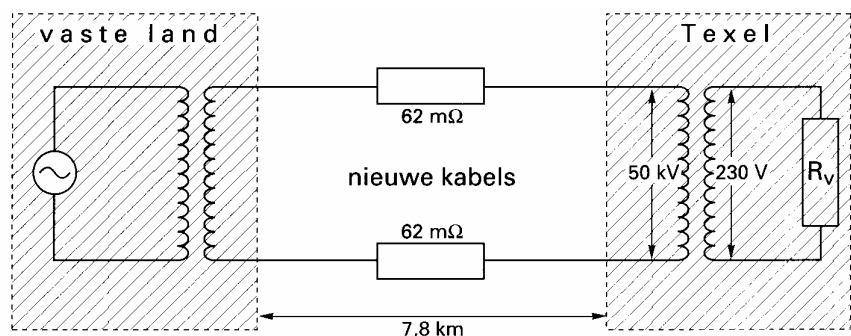
2p 20 Bereken hoe het aantal primaire windingen zich daar verhoudt tot het aantal secundaire windingen.

De nieuwe installatie maakt de centrale bij Oudeschild overbodig en moet dus een elektrisch vermogen van 13,6 MW kunnen leveren.

3p 21 Bereken de vervangingsweerstand R_V van alle apparaten die op Texel zijn ingeschakeld als dit vermogen wordt afgenomen.



figuur 1



3p 22 Bereken het rendement van dit energietransport.

-----Einde opgaven-----

Uitwerkingen opgave 1

- $^{10}_5\text{B} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^7_3\text{Li} + ^4_2\alpha$ (α is ^4_2He)
- Geabsorbeerde energie $E = 7,2 \cdot 10^{12} \cdot 3,8 \cdot 10^{-13} = 2,74 \text{ J}$
Dosis (in J/kg) bereken je met $E/m = 2,74 \text{ J} / 0,0012 \text{ kg} = \mathbf{2,3 \cdot 10^3 \text{ Gy}}$
- Borium-10 bevindt zich vooral in de tumorcellen.
Tumorcellen worden vernietigd door (o.a.) α -deeltjes afkomstig van Borium-10 kernen.
De α -deeltjes hebben een dracht die ongeveer even groot is als de afmeting van de tumorcel.
- α -deeltjes hebben een groter ioniserend vermogen (of grotere kwaliteitsfactor of weegfactor) dan γ -deeltjes.
Conclusie: Bij de beschreven methode is het dosisequivalent groter

Uitwerkingen opgave 2

- Alleen γ -straling heeft voldoende doordringend vermogen om buiten het lichaam gemeten te kunnen worden.
- BINAS tabel 25: Atoomnummer van I (Jodium of Jood) is 53 en I-131 zendt een β^- deeltje uit, dat is een electron.
 $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{Xe} + ^0_{-1}\text{e}$
- BINAS tabel 25: Halveringstijd I-131 is 8,0 d en van I-123 is het 13,3 u.
De halveringstijd van jodium-131 is veel groter dan van jodium-123.
Het lichaam zal dus langer aan straling bloot staan.
- Als de activiteit 8,0 keer kleiner wordt, zijn er 3,0 halveringstijden verstreken ($1/2^3 = 1/8$)
De halveringstijd van jodium-123 is 13,3 h (BINAS tabel 25)
Conclusie: Er mag $3,0 \cdot 13,3 = \mathbf{40 \text{ h}}$ verstrijken.
- Met een tabel: $100\% \rightarrow 50\% \rightarrow 25\% \rightarrow 12,5\% \rightarrow 6,25\% \rightarrow 3,125\% \rightarrow 1,5635\% \rightarrow 0,781\% \rightarrow 0,391\% \rightarrow 0,195\% \rightarrow 0,098\%$, dat is 10 keer gehalveerd.
De muur moet dus $10 \cdot 2,0 \text{ cm} = \mathbf{20 \text{ cm}}$ dik zijn

Uitwerkingen Opgave 3

- $^{68}_{30}\text{Zn} + ^1_1\text{p} \rightarrow ^{67}_{31}\text{Ga} + 2^1_0\text{n}$
- $m =$ de omgezette massa $= 68,9285 \text{ u} - 68,9157 \text{ u} = 0,0128 \text{ u}$
 $u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ en $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ (Tabel 7)
 $E = mc^2 = (0,0128 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}) \cdot (3,0 \cdot 10^8)^2 = \mathbf{1,91 \cdot 10^{-12} \text{ J}}$
- Bij gebruik van galium-67 moet de activiteit $5,0 \cdot 10^4 \text{ Bq}$ zijn.
Tussen productie en gebruik verlopen er $10/3,33 = 3,0$ halveringstijden.
Bij de productie is de activiteit dus $2^{3,0} = 8,0$ maal zo groot dus $8,0 \cdot 5,0 \cdot 10^4 = \mathbf{4,0 \cdot 10^5 \text{ Bq}}$

Uitwerkingen Opgave 4

- De magnetische flux in de spoel verandert (omdat de spoel beweegt bij een magneet).
- De inductiespanning is het grootst als de magnetische flux snel verandert. Dat is op $t = 0,025 \text{ s}$ (daar is de r,c, het grootst)
- De inductiespanning hangt af van 1) de sterkte van de magnetische inductie, 2) de snelheid waarmee de polen langs de spoel draaien (of het toerental van de magneet).
- Bij een dynamo is er een evenredig verband tussen de inductiespanning en de het aantal windingen van de spoel.
- Bewering B ($U_{\text{eff}} = 58 \text{ V}$) is juist. Toelichting:
 - Het maakt voor de effectieve waarde niet uit of de spanning negatief of positief is.
 - De effectieve waard ligt ergens tussen 0 en de topwaarde.

Uitwerkingen Opgave 5

- $2,1 \cdot 10^6 \text{ Bq}$ betekent dat er $2,1 \cdot 10^{16}$ kernen per seconde plutonium vervallen.
(BINAS tabel 5: $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

Per $2,1 \cdot 10^{16}$ kernen ontstaat er $2,1 \cdot 10^{16} \cdot 5,6 \text{ MeV} = 2,1 \cdot 10^{16} \cdot 5,6 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,88 \cdot 10^4 \text{ J}$

In 1,0 jaar ($= 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 3,1536 \cdot 10^7 \text{ s}$) is de energie $3,1536 \cdot 10^7 \cdot 1,88 \cdot 10^4 \text{ J} = 5,93 \cdot 10^{11} \text{ J}$

Gebruik nu $E = mc^2$ dus $m = E/c^2 = 5,93 \cdot 10^{11} / (3,00 \cdot 10^8)^2 = \mathbf{6,6 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}$

18. De halveringstijd van Pu-238 is 88 jaar.

Zo'n ruimtereis duurt enkele duizenden jaren, dat zijn vele halveringstijden. (de bron wordt dan te zwak). Dus Pu-238 is niet geschikt als energiebron.

19. Noem twee van de volgende verschillen:

- Bij een kernreactor vindt kernsplijting plaat, bij een RTG vervalt de kern.
- In een kernreactor kun je de energieproductie beïnvloeden (regelstaven) bij een RTG niet.
- In een kernreactor treedt een kettingreactie op, bij een RTG niet.
- Een kernreactor moet gekoeld worden, een RTG niet

Uitwerking Opgave 6. Nieuwe hoogspanningskabels (Vwo 1999-II 1)

20 transformator: $N_p : N_s = U_p : U_s = 50 \cdot 10^3 : 230 = 217 : 1$ ofwel 217

21 $P = U^2 / R \Rightarrow 13,6 \cdot 10^6 = 230^2 / R \Rightarrow \mathbf{R = 3,89 \cdot 10^{-3} \Omega}$

22 In Texel is $P_s = 13,6 \text{ MW}$ dus P_p ook (ideale transformator).

$I_p = P_p / U_p = 13,6 \cdot 10^6 / 50 \cdot 10^3 = 272 \text{ A}$

P_{verlies} in beide kabels: $P_{\text{verlies}} = I^2 R = 272^2 \cdot (2 \cdot 62 \cdot 10^{-3}) = 9,17 \cdot 10^3 \text{ W}$

(Of $U_{\text{kabel}} = IR_{\text{kabel}} = 272 \cdot (2 \cdot 62 \cdot 10^{-3}) = 33,7 \text{ V}$ en $P_{\text{verlies}} = U_{\text{kabel}} \cdot I = 33,7 \cdot 272 = 9,17 \cdot 10^3 \text{ W}$)

Op het vaste land is het opgewekte vermogen $13,6 \cdot 10^6 + 9,17 \cdot 10^3 = 13,61 \cdot 10^6 \text{ W}$

Het rendement = $P_{\text{nut}} / P_{\text{in}} \cdot 100\% = 13,6 \cdot 10^6 / 13,61 \cdot 10^6 \cdot 100\% = \mathbf{99,9\%}$

----- *Einde uitwerking opgaven* -----