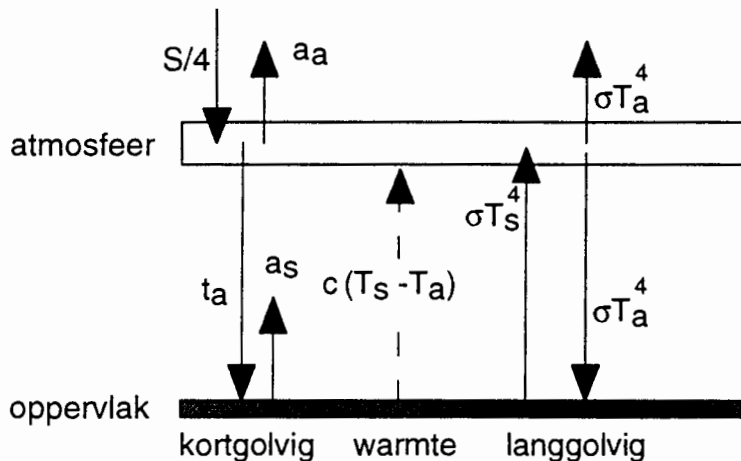


vermeld op het eerste blad uw naam, adres, studierichting, geboortedatum en studentnummer, op de overige bladen uw naam.

1) We stellen voor een plek op aarde een zeer eenvoudig stralingsbalansmodel op:



Hierbij nemen we aan: de door het oppervlak teruggekaatste kortgolvlige straling wordt geheel door de atmosfeer geabsorbeerd, de door het oppervlak uitgezonden warmtestraling wordt volledig door de atmosfeer geabsorbeerd, en de op het oppervlak vallende warmtestraling wordt eveneens geheel geabsorbeerd.

a) Stel voor dit model in de stationaire toestand de energiebalansvergelijkingen voor atmosfeer en oppervlak op.

De speciale plek op aarde die we bekijken heeft een hoge albedo : $a_s = 0,5$. Verder zijn de waarden :

$a_a = 0,3$ $t_a = 0,5$ $c = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ en $S = 1353 \text{ W}/\text{m}^2$. We mogen voor het hier beschouwde temperatuurgebied de volgende benaderingen maken:

$$\sigma T_a^4 \approx k_1 T_a + k_2 \text{ en}$$

$$\sigma T_s^4 \approx k_3 T_s + k_4, \text{ met :}$$

$$k_1 = 3,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}), k_2 = -755 \text{ W}/\text{m}^2$$

$$k_3 = 4,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}), k_4 = -913 \text{ W}/\text{m}^2$$

b) Bereken m.b.v. deze waarden de temperaturen T_s en T_a (Aanwijzing: bereken eerste de uitdrukkingen voor T_s en T_a , en vul pas op het laatst de waarden in !) (N.B.: $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$)

De omgeving van de plek waarvoor het bovenstaande geldt, is aanmerkelijk warmer (bijv. omdat daar de albedo a_s veel lager is). Voor de omgeving geldt de oppervlak-temperatuur $T_0 = 280 \text{ K}$. Stel dat dit leidt tot een warmteflux naar het oppervlak met temperatuur T_s toe van:

$$f(T_0 - T_s), \text{ met } f = 4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}).$$

c) Voeg deze term toe aan de energiebalansvergelijkingen van a)

d) Hoe groot schat je de invloed van deze extra warmteflux op de temperaturen T_s en T_a uit b) ? Motiveer je antwoord.

Tentamen inleiding milieufysica 27 augustus 1997 13.30 - 16.30 uur blad 2 van 2

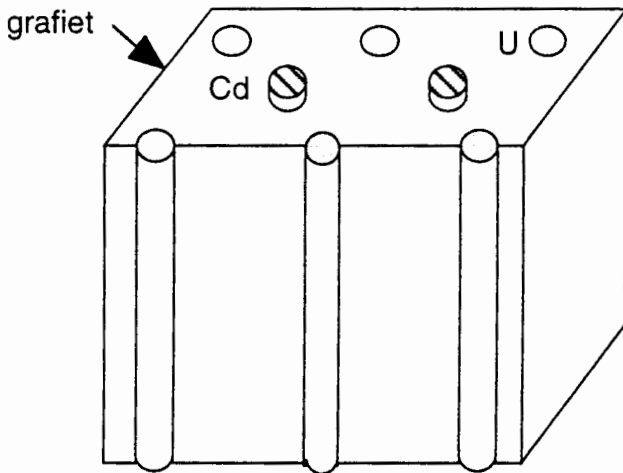
2) We vergelijken een zonnecollector met een fotovoltaïsche zonnecel. De zonnecollector zet de energie van het zonlicht om in warmte (er wordt water mee verwarmd tot een temperatuur van 85°C) met een rendement van 60%. De zonnecel zet de energie van het zonlicht om in elektriciteit met een rendement van 10%.

Welk van de twee systemen is het beste geschikt voor:

- a) het leveren van warm water voor douche of c.v. ?
- b) het leveren van elektriciteit ?

Motiveer uw antwoorden !

3) In de figuur is in een sterk vereenvoudigd schema het principe van een kernreactor geschetst.



- a). geef de reactie-vergelijking van de splijting van ^{235}U door een neutron in twee fragmenten ^{90}Kr en ^{143}Ba .
- b). wat is (ongeveer) de energie van de neutronen in vraag a)
- c). waarom is grafiet nodig om de reactor te laten werken ?
- d). dezelfde vraag als (c) voor cadmium.
- e). welke vorm van radioactiviteit hebben de splijtingsfragmenten - motiveer het antwoord.
- f). Door radioactiviteit vervallen de fragmenten ^{90}Kr en ^{143}Ba uiteindelijk naar ^{90}Zr en ^{143}Nd . Bereken de hoeveelheid energie die bij de splijtingsreactie vrijkomt, in MeV en in Joules.
- g). Het uraan van de reactor is 3% verrijkt. Als de reactor continu 100 MW vermogen genereert, hoe lang duurt het dan voordat 1 kg brandstof is opgebruikt ?

gegevens bij deze opgave :

massa's in atomaire massa-eenheden (u) :

^{235}U 235.043915 u ^{143}Nd 142.909779 u ^{90}Zr 89.904700 u neutron 1.008665 u

$1\text{u} = 1.66 \cdot 10^{-27}$ kg lichtsnelheid : $c = 3 \cdot 10^8$ m/s lading elektron : $1.6 \cdot 10^{-19}$ C Avogadro getal : $6 \cdot 10^{23}$

4) Verklaar waarom de tijdelijke opslag van elektrische energie in bijv. een stuwmeer, ondanks de opslag-en terugwinverliezen, toch energiebesparing kan opleveren.

(1)

uitwerking tt 27/8/97

(1)

a Energiebalans.

atmosfeer
van links naar rechts

$$\frac{S}{4}(1 - a_a - t_a + t_a a_s) + c(T_s - T_a) + \sigma T_s^4 - 2\sigma T_a^4 = 0 \quad (1)$$

oppervlak naar:

$$\frac{S}{4} \cdot t_a(1 - a_s) - c(T_s - T_a) - \sigma T_s^4 + \sigma T_a^4 = 0 \quad (11)$$

b) Het handigst is: kt vgl (1) en (11) bij elkaar op.

$$\frac{S}{4}(1 - a_a - t_a + t_a a_s + t_a - t_a a_s) - \sigma T_a^4 = 0$$

m.b.v. de lin ben:

$$T_a = \frac{\frac{S}{4}(1 - a_a) - k_2}{k_1} = 254,3 \text{ K}$$

ingevuld

T_s het handigst door ~~aanvullen~~: (1) + 2x(11)

~~$$\frac{S}{4}(2 - 2a_a - 2t_a + 2t_a a_s + t_a - t_a a_s) + c(T_s - T_a) + \sigma T_s^4 = 0$$~~

m.b.v. de lin. ben.

$$T_s = \frac{\frac{S}{4}(2t_a - 2t_a a_s + 1 - a_a - t_a + t_a a_s) - c(T_s - T_a) - \sigma T_s^4}{k_3 + c} = 0$$

m.b.v. lin ben.:

$$T_s = \frac{\frac{S}{4}(t_a(1 - a_s) + 1 - a_a) + cT_a - k_4}{k_3 + c} = 267,16 \text{ K}$$

ingevuld

1c) vgl (i) verandert niet

vgl (ii) krijgt een term $+ f(T_0 - T_s)$ erbij

d) de grootte van deze term is $4 \times 10 = 40 \text{ W/m}^2$

Dat is vergelijkbaar met de verliesterm $c(T_s - T_a)$ $2.5 \times 13 \approx 33$

We krijgen een goed idee van de orde van grootte door b) in te vullen met coëfficiënt $c = 0$:

$$T_s = \frac{\frac{S}{4}(t_a(1-a_s) + 1 - a_a) - k_4}{k_3} = 274,3 \text{ K}$$

dus T_s zal ongeveer 7° omhoog gaan

T_a zal ongeveer volgen

(de werkelijke antwoorden $T_s \rightarrow 274,9 \text{ K}$, $T_a \rightarrow 259,5$)

2) Zonnecollector $\eta = 60\%$ levert warm (85°C) water

Zonnecel $\eta = 10\%$ levert elektriciteit

a) warm water: zonnecollector $\eta = 60\%$, zonnecel $\eta = 10\%$ x elektriciteit \rightarrow warmte

$= 10\%$ Dus zonnecollector veel efficiënter

$\eta \approx 100\%$

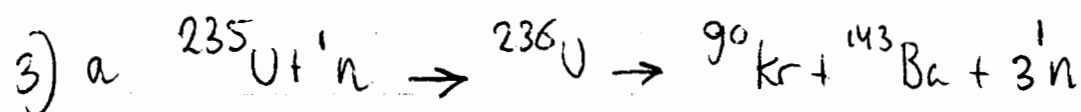
b) elektriciteit: zonnecollector $\eta = 60\%$ x η_{CARNOT}

↑
maximaal rendement voor warmte \rightarrow arbeid

$$2b \quad \eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_c}{T_H} = 1 - \frac{293}{358} = 18\%$$

$$\text{totaal rendement: } \eta = 60\% \times 18\% = 10.9\%$$

Zonnecel directe elektriciteit: $\eta = 10\%$ veel simpeler, maar lager rendement!

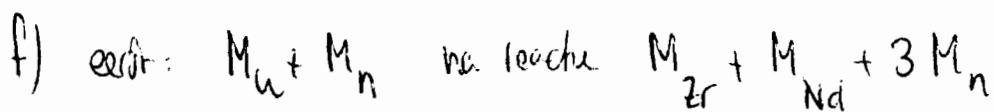


b links van de pyl: thermisch, $\approx 25 \text{ MeV}$
rechts: hoogenergetisch en 2 MeV

c) grafiet is moderator: Bemt de snelle neutronen tot thermische, zodat een kettingreactie kan optreden

d) Cd regelstaven om te zorgen dat de reactie niet "uit de hand loopt", d.w.z. niet meer neutronen kunnen kernreacties opwekken dan nodig (wenselijk)
de regelstaven vangen naar gelang hun positie meer of minder neutronen in

e) De fragmenten hebben β -verval. Hun N:Z verhouding is veel te hoog, d.w.z. ver van de "stabiële lijn".



$$\text{netto massaverlies: } 0.2121 \text{ u} \\ \hat{=} \text{ Energie: } (0.2121 \times 1.66 \times 10^{-27}) \cdot c^2 = 3.17 \times 10^{-11} \text{ Joule}$$

$$\underline{e} = 198 \text{ MeV}$$

~~g) vermogen 100 M~~

g) Vermogen $100 \text{ MW} = 10^8 \text{ J/s}$

dus nodig: $3.15 \cdot 10^{18}$ kernreacties/s

$1 \text{ kg U} \times 3\% = 30 \text{ g } ^{235}\text{U} = \frac{30}{235} \times 6 \cdot 10^{23} \text{ kernen} = 7.66 \cdot 10^{22} \text{ kernen}$

Dus verbruik 1 kg duurt $\frac{7.66 \cdot 10^{22}}{3.15 \cdot 10^{18}} = 24316 \text{ seconden}$ 6 uur 45 min

4) Hydelijke opslag kan energiebesparing opleveren, wanneer b.v. 's nachts een centrale met een hoog rendement energie levert en die opstaat, die dan overdag kan worden gebruikt i.p.v. een "piekcentrale" met lager rendement die anders gebruikt zou moeten worden ofwel:

$$\eta_{\text{nacht centrale}} \times \eta_{\text{opslag/kracht}} > \eta_{\text{dag centrale}}$$