

Tentamen Milieufysica

Opgave 1

Natuurkunde (master)

a) Aardoppervlak:

$$\frac{S}{4}(t_a^4 - t_{as}^4) - C - \sigma T_s^4 + \alpha \sigma T_a^4 = 0$$

- Atmosfeer:

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

b) ~~De~~ De emissie naar de aarde toe is groter vanwege de temperatuurgradient van de atmosfeer; oftewel, de atmosfeer is onderin warmer dan bovenin en zendt onderin dus meer (intense straling) uit dan bovenin, vanwege de wet van Stefan Boltzmann $I = \sigma T^4$ [W/m²] hogere T is grotere emissie. De temperatuurgraad van de atmosfeer wordt beschreven door $\frac{dT}{dz} = -\Gamma$, waarbij z de hoogte is boven het aardoppervlak en Γ positief is (adiabatische lapse rate).

Voor ons model geldt dat T_a de temperatuur is van het bovenste deel van de atmosfeer. α is immers groter dan 1 en dus betekent dit dat de temperatuur T_a ~~toe~~ voor het onderste deel van de atmosfeer te laag is. Naar ~~binnen~~ het heelal wordt ~~er~~ met σT_a^4 gestraald, bovenin de atmosfeer.

c) Noem $\frac{S}{4}(t_a - t_{as})$ voorlopig k_1 en $\frac{S}{4}(1 - t_a - a_a + t_a a_s)$ voorlopig k_2 .
Tel nu (i) bij (ii) op, dit levert:

$$k_1 + k_2 - \sigma T_s^4 t_a' - \sigma T_a^4 = 0$$

$$\Rightarrow \sigma T_a^4 = k_1 + k_2 - \sigma T_s^4 t_a' \quad (\text{iii})$$

Vul ~~de~~ deze uitdrukking voor σT_a^4 vervolgens in ~~de~~ verg.

$$k_1 - c - \sigma T_s^4 + \alpha (k_1 + k_2 - \sigma T_s^4 t_a') = 0$$
$$\sigma T_s^4 (1 + \alpha t_a') = k_1 - c + \alpha (k_1 + k_2)$$

$$\sigma T_s^4 = \frac{k_1 - c + \alpha (k_1 + k_2)}{1 + \alpha t_a'}$$

$$T_s = \left[\frac{1}{\sigma} \frac{k_1 - c + \alpha (k_1 + k_2)}{1 + \alpha t_a'} \right]^{\frac{1}{4}}$$

~~where $k_1 =$~~

To find T_a , we fill in σT_s^4 in equation (iii),
to find:

$$\sigma T_a^4 = k_1 + k_2 - t_a' \left[\frac{k_1 - c + \alpha (k_1 + k_2)}{1 + \alpha t_a'} \right]$$

$$\Rightarrow T_a = \frac{1}{\sigma} \left[k_1 + k_2 - t_a' \left[\frac{k_1 - c + \alpha (k_1 + k_2)}{1 + \alpha t_a'} \right] \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$\left(T_a = \frac{1}{\sigma} \left[\frac{5}{4}(1 - a_a) - t_a' \left[\frac{k_1 - c + \alpha \left(\frac{5}{4}(1 - a_a) \right)}{1 + \alpha t_a'} \right] \right]^{\frac{1}{4}} \right)$$

$$d) k_1 = \frac{5}{4} (t_a - t_a a_s) = 159,552525 \text{ W/m}^2$$

$$k_2 = \frac{5}{4} (1 - t_a - a_a + t_a a_s) = 77,222475 \text{ W/m}^2$$

Gegevens invullen in T_s en T_a geeft:

$$T_s = 288,03 \text{ K} \quad (\approx 15^\circ\text{C}, \text{logische waarde})$$

$$T_a = 247,68 \text{ K}$$

- e) De temperatuur van de atmosfeer bovenin is 247,68 K. Dit komt overeen met een straling van σT_a^4 (= 213,38 W/m²). Onderin de atmosfeer is deze straling $\alpha \sigma T_a^4$. Nu volgt:

$$\alpha \sigma T_a^4 = \sigma T_a^{*4}, \quad T_a^* = \text{temperatuur onderin atmosfeer}$$

$$2 \quad T_a^* = [\alpha T_a^4]^{1/4} = [1,55 \cdot 247,68^4]^{1/4}$$

$$T_a^* = 276,35 \text{ K.}$$

Bovenin is de atmosfeer dus 247,68 K, onderin 276,35 K. Er zit dus een verschil van 28,67 aan temperatuur in de atmosfeer.

- f) Gebruik opnieuw de uitdrukking uit opgave (e), ~~dat~~ met dezelfde waarden, behalve t_a is nu 0,12 i.p.v. 0,06. Dit geeft:

$$1 \quad T_s = 282,21 \text{ K}$$

Daling van bijna 6 K, stuk kouder dus.

- g) Meer ijs en sneeuw op het land, resulterende in een hogere albedo van het aardoppervlak.

3 In ijstijden zit minder CO₂ in de lucht, dus minder "last" van broeikaseffect → t_a wordt groter, meer IR straling bereikt het heelal.

C wordt lager, want minder groot verschil tussen T_a en T_s . T_s is lager, dus verdampt er minder

En stijgt er minder warmte op, dus C lager.

Als de aarde opwarmt, koppelt de adiabatische lapse rate negatief terug, dus wordt het ~~verschil~~ de temperatuur gradient kleiner. Als de aarde afkoelt, zou het verschil wel eens groter kunnen worden, oftewel α wordt groter. Echter, minder broeikasgas in een ijstijd kan ook betekenen dat α kleiner wordt ~~en~~ α kan in ieder geval zeker ook veranderen.

S blijft in principe gelijk. t_a en a_a kunnen mogelijk beïnvloedt worden door hernieuwde ~~toe~~ concentraties deeltjes in de atmosfeer, t_a . Minder deeltjes \rightarrow betekent grotere t_a en lagere a_a . Dit is echter lastig te zeggen, ~~om~~ door de kou is een koudere bovenatmosfeer mogelijk.
 \rightarrow minder kinetische energie \rightarrow minder botsingen
 \rightarrow hogere t_a is dan mogelijk effect.

Wolkenbedekking

Opgave 2

a) $S = \frac{Q}{T}$, $dS = 0$ voor reversibel proces en $dS > 0$ voor niet-reversibel proces.

2 $\frac{Q_1}{T_{H1}} = \frac{Q_1 - W}{T_{C1}}$ voor reversibel proces, entropieverandering is dan nul.

$S = \frac{Q_1 - W}{T_{C1}} - \frac{Q_1}{T_{H1}}$ is de algemene entropieverandering voor dit proces. (Voor niet-reversibel proces geldt $\frac{Q_1 - W}{T_{C1}} > \frac{Q_1}{T_{H1}}$)

b) Reversibel betekent $\frac{Q_1 - W}{T_{C1}} = \frac{Q_1}{T_{H1}}$ (i)

In dit geval wil men arbeid W verkrijgen uit warmte Q_1 , dus het rendement is $\eta = \frac{W}{Q_1}$.

$Q_1 - W = Q_{2c}$ neem ik even zo

$$3 \quad \eta = \frac{W}{Q_1} \Rightarrow \frac{Q_1 - Q_{2c}}{Q_1} = 1 - \frac{Q_{2c}}{Q_1}$$

nu geldt volgens (i) dat $\frac{Q_{2c}}{Q_1} = \frac{Q_1 - W}{Q_1} = \frac{T_{C1}}{T_{H1}}$

Dus, $\eta = 1 - \frac{Q_1 - W}{Q_1} = \left(1 - \frac{T_{C1}}{T_{H1}}\right)$

c) In dit geval halen we warmte uit arbeid. Het rendement is dus $COP = \frac{Q_2 + W}{W}$, omdat $Q_2 + W$ de geleverde warmte is en W de arbeid die geleverd wordt.

~~$COP = \frac{Q_2}{W}$~~ Omdat ook dit proces reversibel is, geldt dat W de COP gelijk is aan de inverse van de efficiëntie het rendement voor een warmte motor.

Dit hebben we bij b berekend als zijnde $1 - \frac{T_{C1}}{T_{H1}}$.
↓ dit is gewaardijkt! Het proces is omgekeerd, maar de rendementsvraag T_{H2} .

Omdat daar rendement was $\frac{\text{arbeid}}{\text{warmte}}$ en nu geldt $\frac{\text{warmte}}{\text{arbeid}}$,
 is het rendement nu $\text{COP} = \frac{1}{1 - \frac{T_{c2}}{T_{H2}}}$.

d) Rendement van warmtemotor is $\eta_m = 1 - \frac{T_{c1}}{T_{H1}}$
 Rendement van warmtepomp is $\text{COP} = \frac{1}{1 - \frac{T_{c2}}{T_{H2}}}$

~~$\frac{Q_1}{T_{H1}}$~~ ~~$\frac{Q_2}{T_{H2}}$~~

Deze twee moeten we nu combineren.

Gebruik de entropie; $\frac{Q_1}{T_{H1}} = \frac{Q_1 - W}{T_{H2}}$

gewoon
vermenigvuld

belooft.

$$\eta = \frac{T_{c1} T_{H1} T_{H2}}{1 + \frac{T_{c2} T_{H1} T_{c2}}{T_{c1} + T_{c2} + T_{H1}}}$$

kan

dimensionaal

net kloppen

⊙

snel wat opgeschreven dus fout

e) Uitdrukking met veel T's. in de noemer en tel bij (d).

2 kies $T_{H1} = 1100 \text{ K}$, $T_{c1} = 320 \text{ K}$
 $T_{c2} \approx 10^\circ \text{C} = 283 \text{ K} \Rightarrow$ gem. grondwater tempera
 $T_{H2} \approx 60^\circ \text{C} = 333 \text{ K}$ verwarming

Deze getallen⁶ invullen in uitdrukking voor de
 ~~η~~ men vindt het rendement, de COP.
 Ongeveer 4 is de COP waarschi

Opgave 3

a) Natuurlijk Uranium bevat ~~voor~~ voor 0,7% de radioactieve isotoops ^{235}U , de rest is ^{238}U .

(De halfwaardetijd van ^{235}U is 700 miljoen jaar, die de halfwaardetijd van ^{238}U is 4,5 miljard (10⁹) jaar. Alleen ^{235}U is radioactief en als we hier met een kilo natuurlijk Uranium te maken hebben, zal ook alleen dit vervallen.

Voor ^{235}U is de bindingsenergie per nucleon ongeveer 7,7 MeV, af te lezen uit de grafiek. Dit zal in twee isotopen splijten, we nemen ook gezien de vaak in een met een massagetal van rond de 90 à 94, en één met massagetal 140 à 144. Ook gezien de nauwkeurigheid van de gegeven grafiek, nemen we voor het gemak aan dat deze splijt in twee isotopen van massagetal 118, nadat ^{235}U is bestraald met neutronen en vervalft. Voor massagetal 118 is de bindingsenergie per nucleon gelijk aan ongeveer 8,5 MeV.

Per nucleon komt dus $(8,5 - 7,7) = 0,8$ MeV vrij. Voor één Uranium atoom is dit ≈ 235 nucleonen \times 0,8 MeV/nucleon = 188 MeV.

1 kg Uranium bevat $2,5 \cdot 10^{24}$ atomen, in 1 kg uranium zit dus ~~2,5~~ $2,5 \cdot 10^{24}$ atomen \times 188 MeV/atoom = $4,7 \cdot 10^{26}$ MeV = $4,7 \cdot 10^{32}$ eV.

Als we dit vervolgens vermenigvuldigen met $1,6 \cdot 10^{-19}$ J krijgen we dat 1 kg Uranium ^{235}U ongeveer $7,5 \cdot 10^{13}$ J bevat.

Als we met natuurlijk uranium ~~ten~~ maken hebben, dan is dit slechts $0,07 \cdot 7,5 \cdot 10^{13} = 5,3 \cdot 10^{12}$ J, onde alleen U-235 vervalt.

b) Moderatie is ^{het} afremmen van de ^{snelle} neutronen in een kernreactor die vrijkomen bij splijting van een radioactief stof. Vaak wordt als moderator grafiet gebruikt. De ~~staven~~ staven met radioactief materiaal worden dan in ~~Moderatie is noodzakelijk~~ een blok grafiet geplaatst, zodat de ~~st~~ neutronen afgeremd worden alvorens ze nieuw radioactief materiaal tegenkomen.

Moderatie is noodzakelijk om een kernreactie in toom te houden. Te snelle neutronen ~~kanen~~ kunnen de reactie uit de hand doen lopen en uiteindelijk dus ~~react~~ oververhitting veroorzaken. ~~De k-factor van een reactie~~ Snelle neutronen kunnen namelijk ook ^{239}Pu vormen uit ^{238}U , wat leidt tot extra splijtstof (plutonium-239 is ook radioactief) en meer hitte uiteindelijk.

~~Moderatie houdt de k-factor van een reactie~~

Als de reactor moet worden stopgezet, worden Cd-staven ingebracht, een extreme moderator die de neutronen ~~e~~ sterk afremmen. ~~6~~ Grafiet daarentegen remt de neutronen af, maar niet teveel, zodat ze nog wel nieuw ^{235}U kunnen splijten.

^{239}Pu

c) Als splijtstoffen wordt ^{235}U (uranium-235), ^{239}Pu (Plutonium-239) en ^{233}Th (Thorium-233) gebruikt. Alleen ^{235}U is natuurlijk voorradig. ^{239}Pu wordt gekweekt uit ^{238}U door bestraling met neutronen. Na enkele beta-overvallen wordt dan ^{239}Pu gecreëerd. Ook ^{233}Th kan uit een ander stabiel en natuurlijk voorradig isotoop gemaakt worden op soortgelijke wijze. \rightarrow loopt volgens mij toch niet, ^{233}Th zelf is geen splijtstof maar U-233

d) De splijtstoffen bevatten nog teveel neutronen en zullen ~~de~~ door ~~de~~ beta-overval neutronen omzetten in protonen (en een ~~elektron~~ electron en anti-neutrino). De verhouding van het aantal ~~protonen~~ protonen/neutronen is van belang voor de stabiliteit van ~~een~~ een isotoop. (Ook is α -overval mogelijk, waarbij meer massa wordt gelost)

e) Lichte kernen hebben een lage bindingsenergie per nucleon. Als twee lichte kernen worden samengebracht tot een kern met grotere massa, dan stijgt de bindingsenergie per nucleon. Oftewel, bij een dergelijke reactie komt energie vrij.

Voor een $^2\text{D} + ^3\text{T} \rightarrow ^4\text{He} + \text{n}$ reactie, waar het meeste onderzoek op gebaseerd is, komt 17.6 MeV ~~vrij~~ vrij. Bij fusie komt per nucleon meer energie vrij dan bij splijting en heeft in die zin ~~meer~~ dus meer potentie als energiebron.

f) Om een fusie reactie op gang te brengen, is een enorme temperatuur ~~van~~ nodig, in de orde van ~~10⁹~~ 10^9 K. Deze plasmafase is moeilijk vast te houden, materialen smelten bij dit soort temperaturen. ~~Met~~ Door het plasma magnetisch in de ruimte doen zweven zou het mogelijk moeten zijn, maar dit vereist nog veel onderzoek. Voor 2050 wordt geen fusie centrale verwarm

Opgave 4

- a) ~~De~~ PV maakt gebruik van halfgeleiders, waarvan de p-n junctions tot een spanning/stroom leiden, door excitatie naar hogere energietoestanden \rightarrow dit gebeurt door absorptie van specifieke straling v/h zonlicht.
- CSP gebruikt de warmte van het zonlicht om een warmte motor aan te drijven, die middels een turbine en generator warmte elektriciteit om
- b) 700 W/m^2 zonlicht

PV: $0,18 \cdot 700 = 126 \text{ W/m}^2$ elektriciteit

CSP: max rendement warmte motor is $\eta_{\max} = 1 - \frac{T_c}{T_H}$

3. $T_c = 50^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$
 $T_H = 1273 \text{ K}$ } $\eta_{\max} = 0,746$

Echte rendement $\eta = 0,4 \eta_{\max} = 0,30$

Arbeid = $700 \text{ W/m}^2 \cdot 0,30 = 210 \text{ W/m}^2$ arbeid

Elektriciteit = arbeid \times elektrisch rendement

= $210 \text{ W/m}^2 \times 0,9 = 189 \text{ W/m}^2$ elektriciteit

CSP levert dus meer op aan elektriciteit.

- c) Gematigde breedtes betekent minder zonlicht, minder v_c
- d) Minder zonlicht betekent dat de T_H van de motor een stuk lager komt te liggen en het rendement van de warmte motor flink zal dalen. Het rendement van de PV blijft echter gelijk. Op een bepaald punt (dus bij minder zonlicht), betekent dit dat het rendement van PV die van CSP zal overschrijden.

Opgave 5

a) $I(l) = I_0 \cdot 10^{-OD}$, waar $OD = \epsilon l C$
coëfficiënt ↑ padlengte ↑ concentra

~~$\frac{I(l)}{I_0}$~~ is de transmissie

~~$\frac{I(l)}{I_0} = 10^{-OD}$~~
 $I_1 = I_0 \cdot 10^{-OD_1}$
 $I_2 = I_0 \cdot 10^{-OD_2}$

3

~~$\log_{10} \left(\frac{I(l)}{I_0} \right) = -OD$~~
 $\Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{10^{-OD_2}}{10^{-OD_1}}$

$\Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^{-OD_2 + OD_1}$

$(OD_1 - OD_2 = \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right))$

~~Dit betekent dat er~~
~~verschil in optische~~
~~dichtheid van 20% ten~~
~~tot $10^{-0.2} = 1,58$~~

neem $OD_2 = x OD_1 \dots$

Zo veel straling, oftewel de straling neemt veel meer toe dan OD, door de 10-macht. Bij hogere OD's, is het verschil OD₁ - groter (relatief), en door de grotere 10-macht wordt dit opgek. veel grotere intensiteit. ~~Relatieve~~ Het gaat bij de intensiteit verandering om ... (zie einde opgave voor verdere uitleg)

b) Transmissie is $\frac{I(l)}{I_0} = 10^{-OD} = 10^{-4} = 0,01\%$

want $I(l)$ is de intensiteit nadat het licht een afstand door het medium is gegaan, en I_0 is de originele intensiteit. De verhouding is dus de transmissie, is 0,01% in dit geval

$$c) \quad OD = \epsilon l C$$

~~OD~~ Nieuwe optische dichtheid na 15% concentratievermindering is dus 15% kleiner.

$$\Rightarrow 0,15 \cdot 4,0 = 0,6 \text{ minder.}$$

2 Nieuwe optische dichtheid is dus 3,4

$$\text{Nieuwe transmissie is } 10^{-3,4} = 3,98 \cdot 10^{-4} \\ \approx 0,04 \%$$

Een concentratievermindering van 15% ozon betekent dus dat er ~~er~~ vier keer zoveel straling met golflengte 210 nm doorgelaten wordt!

vervolg a) Het gaat bij de intensiteitsverandering om het absolute verschil tussen twee optische dichtheden, hetgeen veel hoger ligt voor hogere OD. Daar leidt ~~er~~ dezelfde relatieve verandering in concentratie (dus in OD) tot groter absoluut verschil. Hoe groter het absolute verschil $OD_2 - OD_1$, hoe groter de $10^{-\text{mach}}$ $10^{OD_1 - OD_2}$, dus hoe groter de intensiteitsverandering.