

Tentamen Milieufysica
27 oktober 2008, 14.00-17.00 uur

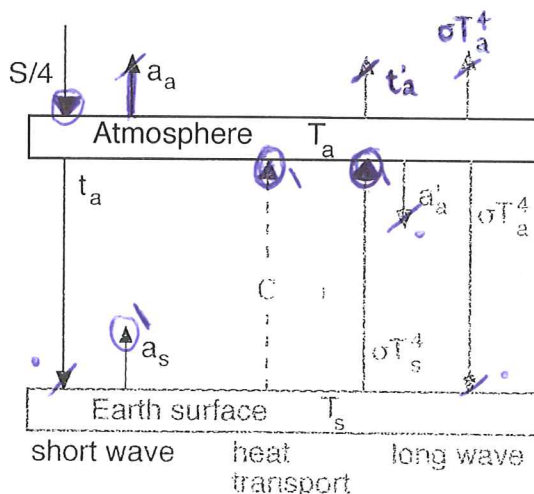
Vermeld (duidelijk!) naam, adres, geboortedatum, studienummer en studierichting op het 1^e vel papier; op ieder volgend vel uw naam.

Het gebruik van het boek en eigen kladpapier is niet toegestaan. Vraag desgewenst om extra papier.

Gebruik voor ieder vraagstuk een apart vel papier!

Opgave 1. Gebruik voor ieder vraagstuk een apart vel papier!

Beschouw een zeer eenvoudig energiebalans-model. Bijgaand schema geeft de energie per m² zoals die door de inkomende zonnestraling, de uitgaande thermische IR-straling, en de voelbare en latente warmte, over aardoppervlak en atmosfeer wordt verdeeld. Let op: de voelbare en latente warmte is hier als een constante aangenomen. We nemen aan dat alle zichtbare straling die door het aardoppervlak wordt gereflecteerd (met albedo a_s) door de atmosfeer wordt geabsorbeerd.



(a) Geef de balansvergelijking voor aardoppervlak en atmosfeer, voor een klimaat in equilibrium.

(b) Los de T_s en T_a op, met als gegevens:

$t_a=0,53$, $a_a=0,30$, $a_s=0,11$, $t'_a=0,06$, $a'_a=0,31$ en $C = 100 \text{ W/m}^2$

De constante van Stefan-Boltzmann $\sigma=5,67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$,

en $S = 1353 \text{ W/m}^2$ (Reken zorgvuldig! Schrijf zolang mogelijk alles symbolisch op, en vul pas in de laatste stap waarden in).

Door de verhoging van de concentratie van de verschillende broeikasgassen ontstaat stralingsonbalans, "radiative forcing", tussen het aarde-atmosfeer systeem en het heelal. We nemen in ons eenvoudige model aan dat dit alleen de grootte van t'_a beïnvloedt.

(c) Bereken de verandering van t'_a als de radiative forcing oploopt tot 4 W/m^2

(d) Wat wordt als gevolg van deze verandering het verschil in T_s ? (als u het antwoord bij (c) niet hebt kunnen vinden, ga dan uit van een t'_a -verandering van $0,012$, en bedenk zelf in welke richting (dit is overigens niet het juiste antwoord bij (c))

Om klimaatverandering te voorkomen suggereren sommige "climate engineers" dat we de atmosfeer-albedo a_a moeten verhogen door het aanbrengen van immense "ruimtespiegels".

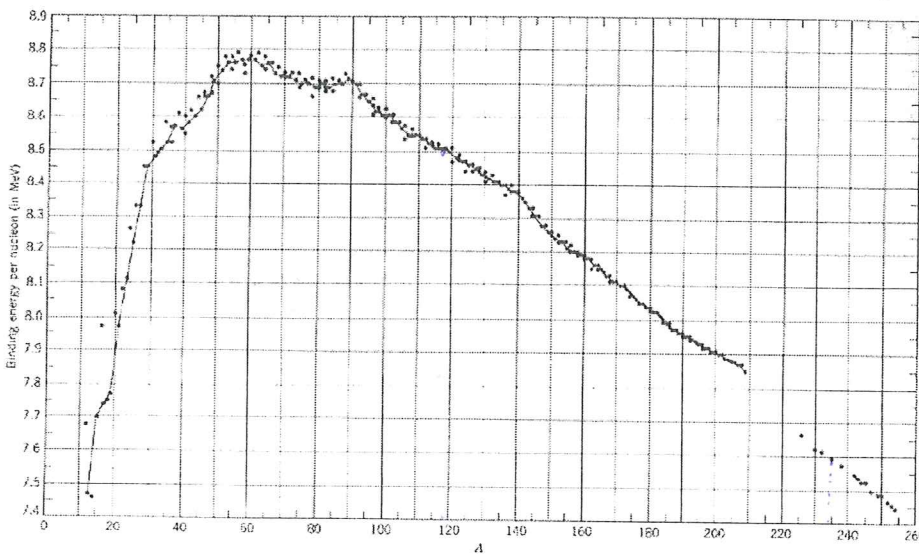
(e) Met welke waarde moet a_a veranderd worden om de verandering van t'_a te compenseren, zodat de radiative forcing weer teruggebracht wordt tot nul?

(f) Bereken het oppervlak van de ruimtespiegels dat hiervoor nodig is. Neem gemakshalve hun reflectie gelijk aan 100%. (Gegeven: de straal van de aarde is 6400 km).

Opgave 2. Gebruik voor ieder vraagstuk een apart vel papier!

- (a) Schat de vrijkomende energie bij het splijten van een ^{235}U -kern. Gebruik de gegeven grafiek, en licht uw schatting toe.
- (b) Gebruik de uitkomst van (a). Hoe lang duurt het voordat 1 kg van dit Uranium is opgebruikt bij een thermisch reactorvermogen van 100 MW?
- (c) Gebruik dezelfde omstandigheden van opgave (b). Hoeveel m^3 aardgas zou hiervoor nodig zijn?
- (d) Het rendement van de elektriciteitsopwekking van de kerncentrale is tamelijk laag: 30%. Bij een "tweestaps" gasgestookte centrale daarentegen kan dit wel 60% bedragen. Leg uit waar dit verschil vandaan komt.

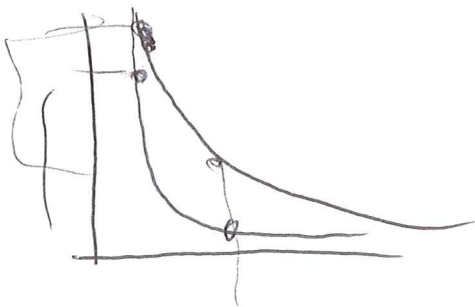
Gegevens getal van Avogadro: $6 \cdot 10^{23}$ lading elektron: $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ verbrandingswarmte aardgas: 32 MJ/m^3



Figuur: bindingsenergie per nucleon (in MeV) als functie van de kernmassa (A)

Opgave 3. Gebruik voor ieder vraagstuk een apart vel papier!

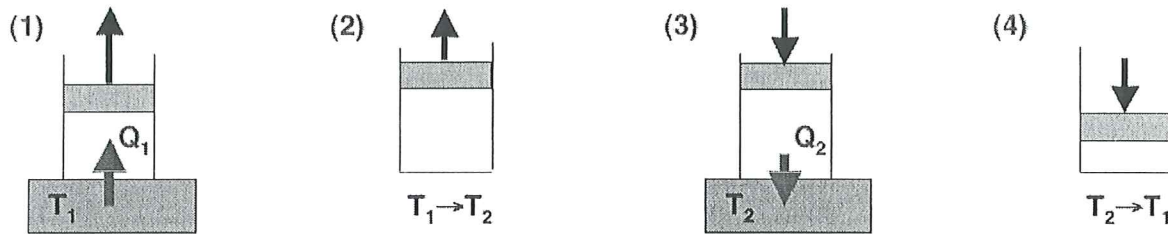
Bij hoge optische dichtheid (dus sterke absorptie) in een medium hangt de relatieve verandering ervan veel gevoeliger af van de concentratie van de absorber, dan wanneer de optische dichtheid niet zo hoog is. Laat zien hoe dit komt m.b.v. de wet van Lambert-Beer: $I(\ell) = I(0) \cdot 10^{-OD}$ met $I(0)$ de intensiteit bij intrede in het absorberende medium, $I(\ell)$ de intensiteit op afstand ℓ door het medium en OD de optische dichtheid.



$$OD = \epsilon \cdot \ell \cdot C$$

Opgave 4. Gebruik voor ieder vraagstuk een apart vel papier!

De Carnot cyclus, met een ideaal gas en een wrijvingsloze machine



Isotherme expansie onder toevoeging van warmte Q_1

Adiabatische expansie zonder warmte-toevoer \Rightarrow afkoeling tot T_2

Isotherme compressie met afvoer van warmte Q_2

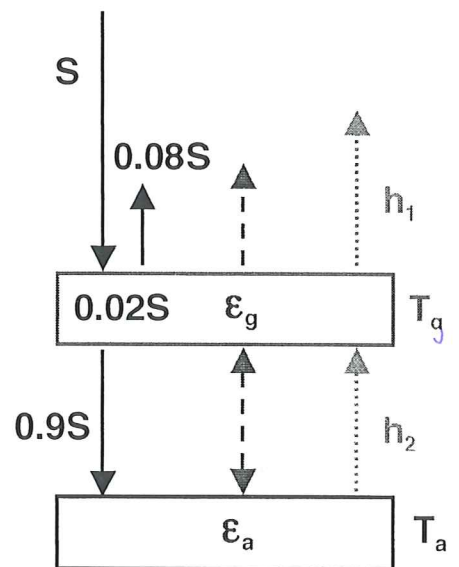
Adiabatische compressie zonder warmte-afvoer \Rightarrow opwarming tot T_1

- a) Teken een duidelijk, schematisch PV-diagram van deze cyclus, waarbij het einde van de beweging bij (4) weer precies bij het begin van toestand (1) uitkomt. Geven hierin duidelijk de warmtestromen en arbeid aan, met hun richting (warmte aan of door het systeem, arbeid op of door het systeem)
- b) Bereken van iedere tak van het diagram de uitgewisselde warmte en/of arbeid.
- c) Definieer het gebruiksrendement van deze motor, en leid de bekende Carnot-rendement uitdrukking af.

Gegeven, voor een ideaal gas geldt $PV=RT$, voor een adiabaat $PV^\gamma = \text{constant}$ (met γ de verhouding tussen de warmtecapaciteiten bij constante druk en bij constant volume).

Opgave 5. Gebruik voor ieder vraagstuk een apart vel papier!

Een zonnecollector is opgebouwd volgens bijgaand schema. De eigenlijke collector met temperatuur T_a ligt op enige afstand onder een glasplaat met temperatuur T_g . Van het invallende zonlicht met intensiteit $S \text{ W/m}^2$ wordt zoals aangegeven 8% weerkaatst door de glasplaat, 2% geabsorbeerd door de glasplaat en 90% geabsorbeerd door de collector. In het thermisch infrarood zijn zowel glasplaat als collector te beschouwen als grijze stralers, met emissiviteiten ϵ_a en ϵ_g . Voor de convectie tussen collector en glasplaat geldt de convectie-coëfficiënt h_2 , voor die tussen glasplaat en buitenlucht h_1 . De buitenlucht heeft temperatuur T_b , terwijl er naar buiten toe infrarood stralingsuitwisseling is met temperatuur T_∞ .



- a) Stel de vergelijkingen voor de warmtestroom per m^2 van glasplaat en collector op.

b) Neem als numerieke waarden voor deze grootheden en coëfficiënten: $S=700 \text{ Wm}^{-2}$, $h_1=10 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, $h_2=3 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, $\epsilon_g=0.94$, $\epsilon_a=0.12$, $T_b = 10^\circ\text{C}$ en $T_\infty = -10^\circ\text{C}$. Verder moet $T_g = 80^\circ\text{C}$ bereikt worden. Bereken met deze gegevens bij benadering de temperatuur van de glasplaat T_g ($\sigma=5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$)

- c) Hoeveel warmte is bij bovengenoemde waarden per m^2 collectoroppervlak beschikbaar?

Binnen in de collector circuleert het huishoud-warmwater. Dit moet door de collector d.m.v. geleiding worden opgewarmd. Het water gaat het systeem in met een temperatuur van 10°C , en verlaat het systeem met een temperatuur (bijna) gelijk aan dat van de collector. Gemiddeld is het water dus 45°C

(d) Hoeveel liter water kan met dit vermogen per m^2 per uur van 10°C naar 80°C worden opgewarmd? (Als u geen antwoord hebt kunnen vinden bij (c) gebruikt u daarvoor vanaf nu 500 W/m^2)

Het water stroomt door koperen buizen met een diameter van 1 cm en een wanddikte van 2 mm.

(e) Hoeveel meter buis moet in de collector verwerkt zijn zodat de geleiding door de buiswand geen beperking meer is om het door u gevonden vermogen bij (c) ook werkelijk af te kunnen geven aan het water?

Gegeven: warmtecapaciteit van water $= 4,2 \text{ J/g.K}$, geleidingscoëfficiënt k van koper $= 400 \text{ W/m.K}$