

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

gebruik waar nodig de volgende gegevens:

1e hoofdwet thermodynamica : $\delta Q = dU + dW$

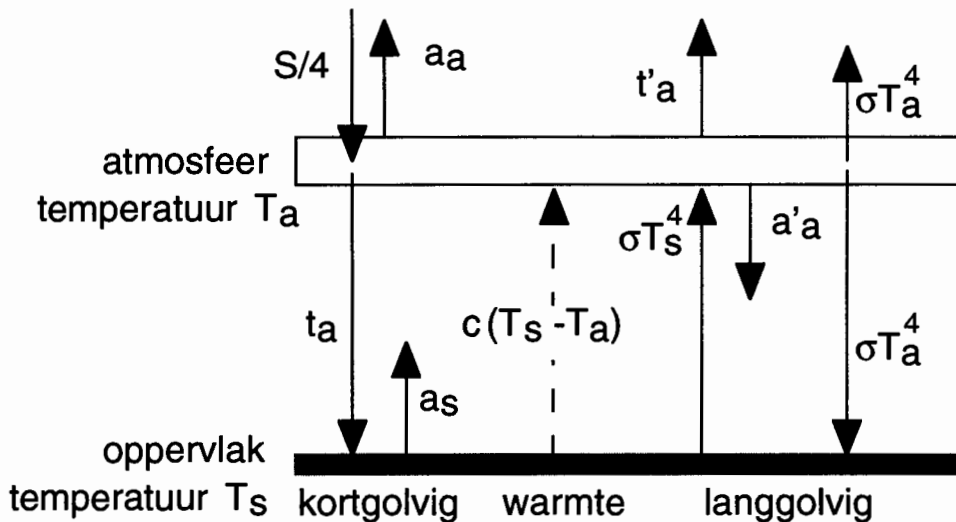
2e hoofdwet thermodynamica : $dS \geq \delta Q / T$

1 jaar is gelijk aan $3,156 \times 10^7$ seconden

$0^\circ\text{C} = 273\text{ K}$

de constante van Stefan-Boltzmann : $\sigma = 5,672 \times 10^{-8}\text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$

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



Hierbij nemen we aan dat de op het oppervlak vallende warmtestraling geheel wordt geabsorbeerd.

De huidige situatie op aarde wordt gerepresenteerd door de volgende waarden:

$a_s = 0,11$ $a_a = 0,3$ $t_a = 0,5$ $t'_a = 0,06$ $a'a = 0,31$ $c = 2,5\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ en $S = 1353\text{ W}/\text{m}^2$.

a) Geef de uitdrukkingen voor de netto het aardsysteem ingaande kortgolvrige straling, en de netto uitgaande langgolvrige straling.

b) Neem aan dat er tussen het aard-systeem en het heelal stralingsevenwicht heerst. Indien verder gegeven is dat $T_a = 247,6\text{ K}$, bereken dan de T_s .

De laatste jaren is de invloed van - op zich geringe - variaties in zonne-instraling op het aardse klimaatweert volop in de belangstelling als mogelijke (aanvullende) oorzaak voor de waargenomen stijging van temperatuur de laatste decennia.

Neem aan dat de zonneconstante S de laatste 30 jaar gestegen is van $1353\text{ W}/\text{m}^2$ naar $1357\text{ W}/\text{m}^2$

c) Bereken, bij gelijkblijvende T_s en T_a , de stralingsonbalans die dit tot gevolg heeft. Wat is de gangbare naam voor deze onbalans ?

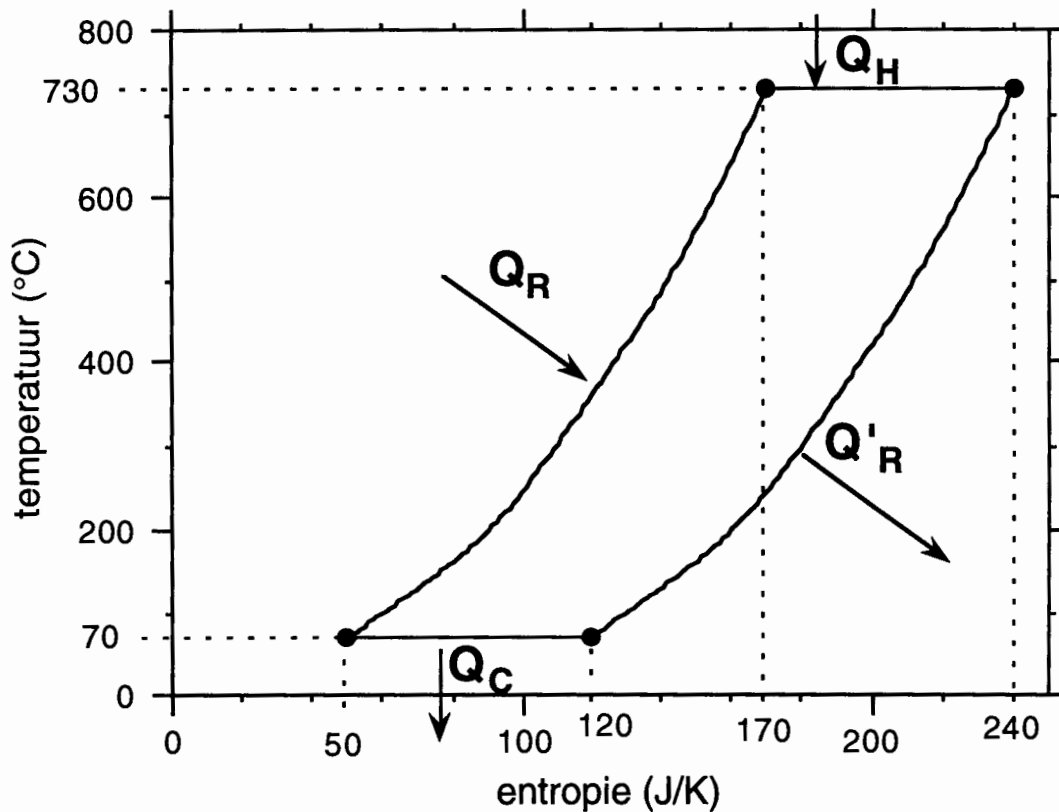
Belangrijker - zo wordt verondersteld - zijn de indirecte gevolgen. Er zijn twee mogelijkheden.

- Met de toename van de zonnestraling neemt ook de hoeveelheid radioactieve straling toe, en dit bevordert wolkenvorming.
- Het spectrum van de zon verandert: de hoeveelheid ultraviolette straling neemt relatief veel sterker toe.

d) Welke coëfficiënten uit het model zijn gevoelig voor deze twee veranderingen, en hoe ?

e) Stel dat alleen de coëfficiënt t'_a als gevolg van extra wolkenvorming (i) met 10% verandert, wat wordt dan de stralingsonbalans ? Vergelijk met de gevonden waarde uit c). Trek uw conclusies.

2. Een cyclus van een zekere, volledig reversibel werkende Stirling motor wordt gekenmerkt door het volgende S-T diagram :



a) Bereken het rendement, er vanuit gaande dat $Q_R = Q'_R = 90$ kJ.

b) Bereken het rendement, wanneer er 5% verlies optreedt in het recycle-mechanisme $Q'_R \rightarrow Q_R$ (Hint : de getekende cyclus verandert hierdoor niet, wel de geleverde input-warmte)

3)

a) Teken een schema van een als warmtepomp (dus voor huisverwarming) werkende heat engine, en geef daarin aan de temperaturen buiten (T_C) en binnen het huis (T_H), de warmtestromen Q_C en Q_H (met hun richting) en de arbeid W (met richting).

b) Leg uit hoe men met behulp van zo'n als "warmtepomp" werkende "heat engine" rendementen hoger dan 100% kan behalen voor huisverwarmingsdoeleinden, m.a.w. waarom men per Joule verbrandingswarmte van de (primaire) brandstof het huis met meer dan 1 Joule kan opwarmen. Waar komt de extra warmte vandaan ?

4)

a) Waarin verschilt een electriciteitscentrale op basis van kernsplijtingsenergie van een "conventionele" electriciteitscentrale op fossiele brandstoffen? Waarin zijn ze gelijk ?

b) Wat schat u dat het rendement van een kernsplijtings-electriciteitscentrale ongeveer zal zijn ? Motiveer uw schatting.

(1) (a) netto in:

$$\frac{S}{4}(1 - a_a)$$

netto uit:

$$t'_a \cdot \sigma T_s^4 + \sigma T_a^4$$

(b) dus $t'_a \sigma T_s^4 = \frac{S}{4}(1 - a_a) - \sigma T_a^4$

$$\rightarrow T_s = 288.57 \text{ K}$$

(c) T_s en T_a gelijk, dus netto uit gelijk

dooreenkeye wordt netto in met $\frac{S}{4}(1 - 0.3) = 0.7 \text{ W/m}^2$ hoger

"radiative forcing"

(d) wolkenvorming beïnvloedt: albedo a_a en transmissie t_a in het kortgolvrige en t'_a en a'_a in het langgolvrige

extra u.v. zorgt voor meer ozon en fijnstof, voor opwarming in de atmosfeer, dus voor verlagening van t_a . Verder is ozon een broeikasgas: t'_a lager a'_a hoger.

(e) t'_a neemt met 10% af: wordt 0.054

twee mogelijkheden: men neemt $S = 1353$ of $S = 1357$. Allebei o.k.

netto uit wordt $0.006 \cdot \sigma T_s^4$ lager = 2.36 W/m²

(eventueel dus $2.36 - 0.7 = 1.66 \text{ W/m}^2$)

Conclusie: indirecte effecten zijn belangrijker (althans in dit voorbeeld)

2) Stirling-motor

(a) ideaal en reversibel \rightarrow Carnot-rendement! $\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H} = \underline{\underline{69.8\%}}$

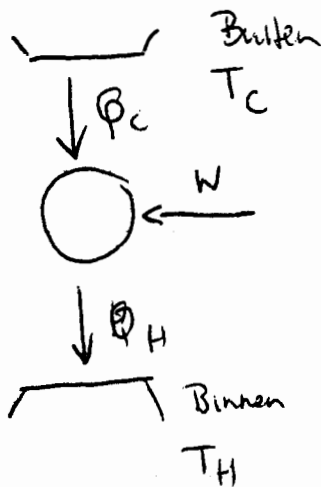
"direct" uitgerekend:

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

$$\text{Waar } \eta = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$$

$$= 1 - \frac{T_C \cdot dS_1}{T_H \cdot dS_2} = 1 - \frac{T_C \cdot \cancel{dS}}{T_H \cdot \cancel{dS}} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

(b) nu is het rendement: $\eta = \frac{W}{Q_H + \text{a.w.s.} \cdot P_R} = \frac{(T_H - T_C) dS}{T_H dS + \frac{Q_R}{20}} = \frac{46200}{74710} = \underline{\underline{61.8\%}}$



(b) men gebruikt arbeid W om een hoeveelheid warmte Q_C van buiten naar binnen te pompen. Binnen wordt idealiter dus $Q_H = Q_C + W$ geleverd.

(a) verschil: warmtebron! overcentkomst: van thermisch \rightarrow mechanisch \rightarrow elektrisch

(b) rendementen dus ook hier "Carnot-beperkt". Vanwege gecompliceerde afschermingen zijn rendementen vaak niet zo hoog als bij conv. centrales. Zeg $\approx 40\%$