

UNIVERSITETET I STAVANGER

INSTITUTT FOR MATEMATIKK OG NATURVITENSKAP

BIT 390 – Energifysikk Regneøvelser høsten 2011.

Oppgavesett 4 til 22.09 2011

OPPGAVE 14:

I sydligere land, som Japan, er/var det vanlig å skaffe seg vann til en varm dusj om ettermiddagen ved å legge ut en flat sort vanntett sekk fylt med vann på taket, og la solen varme opp innholdet. Anta at en slik sekk har volumet $V = 100 \ell$ og overflateareal på oversiden $A = 1.00 \text{ m}^2$. Vi antar at oversiden er horisontal, og at sekken er godt nok isolert på sidene og på undersiden til at varmetapet her kan neglisjeres.

- Hva er senitvinkelen, θ_z , kl. 12:00 og kl. 18:00 ved vårjevndøgn (og høstjevndøgn), nå solens deklinasjon er 0° , dersom sekken befinner seg på bredden $\phi = 35^\circ \text{N}$? Finn også *middelverdien* til $\cos \theta_z$ i dette tidsintervallet. Solen beveger seg med hastigheten $\Omega = 15^\circ/\text{time}$ over himmelen,
- Hvor stor effekt, \bar{P} , mottar sekken fra solen *i middel* mellom kl. 12:00 og kl. 18:00? Solarkonstanten er $S_0 = 1366 \text{ W/m}^2$, jordens albedo er $a = 0.30$, sekkens emissivitet for synlig lys er $\epsilon_S = 0.90$ og vi regner at 25 % av sollyset blir absorbert av vanndamp og støv i luften.
- Hvor varmt er vannet i sekken i termisk likevekt, dersom omgivelsestemperaturen er $T_o = 17^\circ \text{C}$ og det får tilført middeffekten \bar{P} ? Anta at varmetapet kun skjer ved varmeovergang til luften fra oversiden, med varmeovergangstall $h = 5.6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.
- Gjenta beregningen i forrige punkt, dersom du antar at varmetapet kun skjer ved strålingstap. Sekken har emissivitet $\epsilon = 0.3$ og den effektive strålingstemperaturen til himmelen er 6°C lavere enn T_o . [Dette er en mye brukt antagelse ved beregning av strålingstap.]
- Hvorfor følger det av det foregående at varmeovergangen fra overflaten er viktigere enn strålingstapet.

Vi skal nå finne temperaturen i vannet i sekken som funksjon av tiden. Vann har tettheten $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ og varmekapasiteten $4.18 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$.

- Vis at dersom vi neglisjerer strålingstapet, oppfyller temperaturforskjellen ved tiden t , $\Delta T(t) = T(t) - T_o$, differensialligningen:

$$\frac{d\Delta T}{dt} + \lambda \Delta T = C \cos \Omega t,$$

der λ og C er konstanter som skal uttrykkes ved oppgitte størrelser. Vis, for eksempel ved innsetting, at denne ligningen har løsning:

$$\Delta T = \frac{C}{\lambda^2 + \Omega^2} (\lambda \cos(\Omega t) + \Omega \sin(\Omega t)) + K e^{-\lambda t}.$$

Bestem i integrasjonskonstanten K fra randbetingelsen $\Delta T(0) = 0$. Finn temperaturen til vannet i sekken kl 18:00 dersom det hadde omgivelsestemperatur kl. 12:00.

OPPGAVE 15:

Vi har en speilkikkert med speildiameter $D = 20$ cm og åpningsforholdet (f-verdien) $f/D = 6$ (dette er den vanlige måten å angi denne størrelsen på). I notatene for forelesningene 17/9 er sammenhengen mellom f , D og vinkelen ϕ_m som randstrålen treffer fokalplanet med, funnet som:

$$\phi_m = 2 \arctan\left(\frac{D}{4f}\right).$$

- Finne ϕ_m . Danner teleskopet skarpe bilder i fokus?
- Finne diameteren på bildet som teleskopet lager av solen. [Hint: Se avsnitt 2.7 i læreboken.]
- Finne konsentrasjonsfaktoren, k , for teleskopet.

Teleskopet er rettet rett mot solen en dag himmelen er meget klar. Solkonstanten er $S_0 = 1366 \text{ W/m}^2$, og vi regner at 40 % av denne strålingen blir reflektert, absorbert og spredt i atmosfæren.

- Hvor stor effekt når fokalplanet?
- Hva blir temperaturen i en ideell sort skive i termisk likevekt med diameter W' plassert i brennplanet. [Kommentar: Det er en god tilnærming å oppfatte lysåpningen i det menneskelige øye som et sort legeme.]

OPPGAVE 16:

I notatene fra forelesningen 17/9 blir det vist at konsentrasjonsfaktoren for et parabolisk speil rettet direkte mot solen kan skrives (samme notasjon som i forelesningsnotatene):

$$k = \frac{A_c}{A_t} = \left(\frac{\cos \phi_m \sin \phi_m}{\tan(\alpha/2)}\right)^2.$$

- Finne den verdien av randvinkelen ϕ_m som gir maksimal k . Hvilket åpningsforhold (f-verdi, f:D) tilsvarer dette?
- Finne et uttrykk for den tilhørende maksimale verdien for k .
- Hva er grunnen til at k avtar igjen for større verdier av ϕ_m ?

[Fasit for a) og b) finnes i forelesningsnotatene.]