

NTNU  
 Institutt for fysikk  
 Kontaktperson ved eksamen: Professor Berit Kjeldstad 735 91995

NORSK

EKSAMEN I:  
**TFY4300 Energi og miljøfysikk**  
**FY2201 Energi og miljøfysikk**

Fredag 12. desember 2003

TID: 09.00-14.00

Tillatt hjelpemiddel: Matematiske tabeller,

B1 – Typegodkjent kalkulator, med tomt minne, i samsvar med liste utarbeidet NTNU.

Antall sider: 5

Sensur frist: 06.01.2004.

### Oppgave 1

a)

Transmisjon av solstråling til bakken vil bli bestemt av atmosfærens sammensetning. Sett opp uttrykket for hvordan strålingsfluksen  $I$  varierer med veilengden (path length)  $s$ . Forklar faktorene som inngår i uttrykket.

b)

Beregn forholdet  $R$  mellom strålings fluks på toppen av atmosfæren og ved bakken som funksjon av bølgelengden når ozon konsentrasjonen er 200 DU og 450 DU for zenit vinkel (solar zenith angle)  $40^\circ$  og  $70^\circ$ .

Anta ozon tetthet  $2.7 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$  ved STP. 1 DU unit = 0.01 mm tykt lag (h) ved STP.

Absorpsjon tverrsnittet (cross section) for ozon er:

|                   |                      |                       |                        |                        |
|-------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| [nm]              | 300                  | 310                   | 320                    | 330                    |
| [ $\text{cm}^2$ ] | $0.4 \cdot 10^{-18}$ | $0.16 \cdot 10^{-18}$ | $0.033 \cdot 10^{-18}$ | $0.011 \cdot 10^{-18}$ |

For enkelthets skyld se bort fra andre prosesser i beregningen.  
 Presenter resultatene i den samme grafen. Kommenter resultatet.

c)

UV indeks er en ny verdi for å beskrive nivået av ultrafiolett stråling (UV) på bakken. Blant annet brukes UV indeks til å varsle UV nivå over hele verden. Hvordan er UV indeks definert? Hvorfor kvalifiserer UV indeks til å være en god ”enhet” for ultrafiolett stråling?

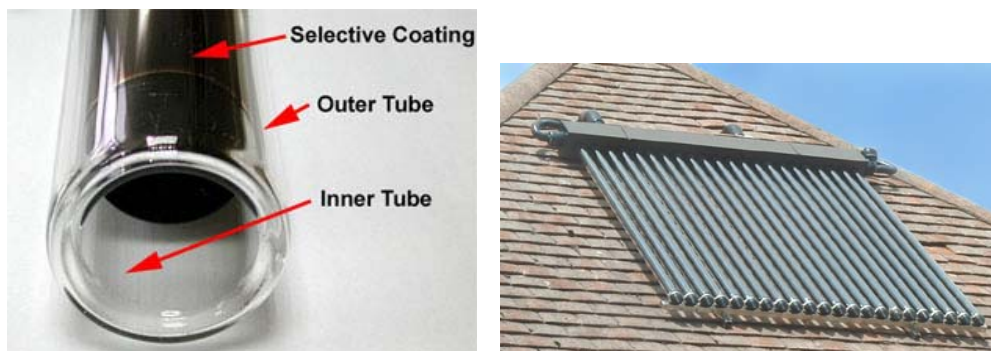
## Oppgave 2

Mange solenergi systemer bruker kollektorer med vakuum for å redusere varme tap. De er ofte konstruert som et dobbelt rør, et indre rør med en selektiv overflate og et ytre rør. Begge er laget i glass fordi dette materialet holder godt på vakuum. Bildet til venstre under viser en slik kollektor. Væsken som transporterer energien er i sentrum. Et komplett system med flere kollektorer er vist til høyre, kun for illustrasjon.

a)

Lag en skisse av system (kollektoren på bilde til venstre) og forklar i denne figuren hvordan de ulike varme transport mekanismer som inntreffer.

Tegn opp den ekvivalente analoge kretsen for kollektoren.



(Bildene er hentet fra <http://www.focus-solar.com/index.htm>)

b)

Beregn den totale varmemotstanden  $R$  per flate enhet i den evakuerte kollektoren (bilde til venstre i spørsmål a).

Anta en diameter på det ytre røret til 6.0 cm og det indre 5.0 cm. Solinnstråling vinkelrett på røret er  $750 \text{ Wm}^{-2}$ , vind hastighet  $5 \text{ ms}^{-2}$  (gir  $h_c = 20 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ). Omgivelses (ambient) temperatur er  $T_a = 20^\circ\text{C}$ . Anta en temperatur på det ytre glasset lik  $T_g = 40^\circ\text{C}$  og på det innerste (platen)  $T_p = 100^\circ\text{C}$ . Anta en relativt konservative emissivitet for det selektive materiale ( $\epsilon = 0.1$ ).

En typisk  $U$  verdi for en isolert vegg er  $0.3 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . Kommenter svaret over i forhold til denne verdien.

For å forenkle problemet anta plane flater.

Stefan-Boltzmanns konstant:  $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$

### Oppgave 3

a)

Forklar uttrykket passiv fjernmåling (passive remote sensing) og beskriv en målemetode som klassifiseres i denne gruppen.

Gjenta det samme for uttrykket aktiv fjernmåling (active remote sensing) og beskriv en metode.

b)

ENVISAT er ESA's største miljøovervåknings satellitt som er skutt opp. Mange atmosfæriske komponenter kan bli målt med ulike instrumenter. Man måler både om den totale mengde av komponenten og fordelingen av komponenten i ulike høyder (profiles). Beskriv teknikkene som benyttes for å trekke ut informasjon om både kvantitet og romlig fordeling av en komponent. Bruk gjerne ozon som eksempel.

### Oppgave 4

(a)

Skriv nokre linjer med tekst til å forklara korleis bølger som forplantar seg langs ei vassflate, lagrar energi. Skriv forklaringa verbalt i fullstendige setningar utan å bruka matematiske symbol. Skriv i tillegg ei kort forklaring på korleis energien i bølga blir transportert i den retninga som bølga forplantar seg. Heller ikkje her bør det brukast matematiske symbol.

[Det er ikkje nødvendig, men heller ikkje forbode, å supplera forklaringane med enkle figurar. Bruk ikkje meir enn ei side for å svara på dette oppgåvepunktet (a), medrekna eventuelle illustrasjonar.]

(b)

Så skal vi gå ut frå at ei progressiv plan sinusforma bølge med amplitude  $A = H/2$  og periode  $T$  forplantar seg på djupt vatn, dvs. at vassdjupna er stor jamført med bøljelengda. Den energien som (i tidsmiddel) er lagra pr. arealeining av havflata, kan skrivast som følgjande potensfunksjon ( i dei variable  $g$ ,  $\rho$ ,  $T$  og  $H$ )

$$E = n_E g^\alpha \rho^\beta T^\gamma H^\delta$$

Den effekten som (i tidsmiddel) er transportert pr. lengdeining (horisontalt og perpendikulært på bølgefôrplantingsretninga -- eller med andre ord pr. lengdeining av bølgefôrfronten --), kan skrivast som potensfunksjonen ( i dei same variable)

$$J = n_J g^\epsilon \rho^\zeta T^\eta H^\theta$$

Her står  $n_E$  og  $n_J$  for dimensjonslause positive tal (faktorar) som ikkje skal bestemast før i oppgåvepunkt (c). Oppgåvepunktet her (b) går ut på å finna samanhengar mellom dei reelle eksponentane  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta, \theta$  og , ved å bruka ein så enkel metode som dimensjonsanalyse.

Nedanfor er det ei liste over dei fysiske storleikane som har dimensjon, og for kvar storleik er dimensjonen vist med SI-einingar i klammeparentes:

$$E [\text{J m}^{-2} = \text{kg s}^{-2}]$$

$$J [\text{W m}^{-1} = \text{m kg s}^{-3}]$$

$$T [\text{s}]$$

$$H [\text{m}]$$

$$[\text{m}^{-3} \text{kg}] \quad (\text{massetettleiken for vatn})$$

$$g [\text{m s}^{-2}] \quad (\text{tyngdeakselerasjonen})$$

Finn numerisk verdi for eksponentane og . Finn og uttrykte ved , og finn også og uttrykte ved . (Alle åtte eksponentane hadde altså vore kjente numerisk om f.eks. og hadde vore det.) Dersom ein går ut frå at alle åtte eksponentane skal vera heile tal, kan ein då avgjera om og må vera oddetal eller partal?

[Hint: Med utgangspunkt i dimensjonane må vi altså ha at f.eks. likninga (identiteten)

$$(\text{J m}^{-2}) = (\text{kg s}^{-2}) = (\text{m s}^{-2}) (\text{m}^{-3} \text{kg}) (\text{s}) (\text{m})$$

må vera oppfylt.]

[Merknad: I kapittel 12 i læreboka til Twidell & Weir (TW) er symbolet  $P'$  brukt i staden for  $J$ .]

(c)

No skal begge potensfunksjonane ovanfor utleiast, slik at også tala , ,  $n_E$  og  $n_J$  blir fastlagde. Til denne utleiinga kan kandidaten få bruk for eitt eller fleire av dei formeluttrykka som er oppgitte nedanfor (og som kandidaten sjølv må tolka):

$$u = c_g = \frac{c}{2} = \frac{c_f}{2} = \frac{g}{2a} = \frac{gT}{4\pi} \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega^2}{g} \quad E = E_k + E_p = 2E_k = 2E_p$$

$$\Delta y = A e^{kz} \sin(\omega t - kx) \quad (\text{jfr. likn. 12.29 i TW})$$

$$v_x = \omega A e^{kz} \sin(\omega t - kx) \quad v_z = \omega A e^{kz} \cos(\omega t - kx)$$

$$p = \rho g A e^{kz} \sin(\omega t - kx) \quad \frac{\partial p}{\partial z} = k\rho g A e^{kz} \sin(\omega t - kx)$$

$$p_1 - p_2 = \Delta p = \rho g \Delta y = \rho g A e^{kz} \sin(\omega t - kx) \quad (\text{jfr. likn. 12.32 \& 12.33 i TW})$$

Det er ikkje meininga at kandidaten skal utleia eller bevisa nokon desse formlane.

Formeluttrykk som kandidaten vil gjera nytte av, kan derimot (saman med velkjende fysiske grunnprinsipp) vera utgangspunkt for den utleiinga av uttrykka for  $E$  og  $J$ , som skal gjerast i oppgåvepunktet (c).

---

**MERK:**

Studentene må primært gjøre seg kjent med sensur ved å bruke NTNU sin sensurtelefon, tlf. 815 48014. Eksamenskontoret kan svare på slike telefonhenvendelser.