

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° og 70° .

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
[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?

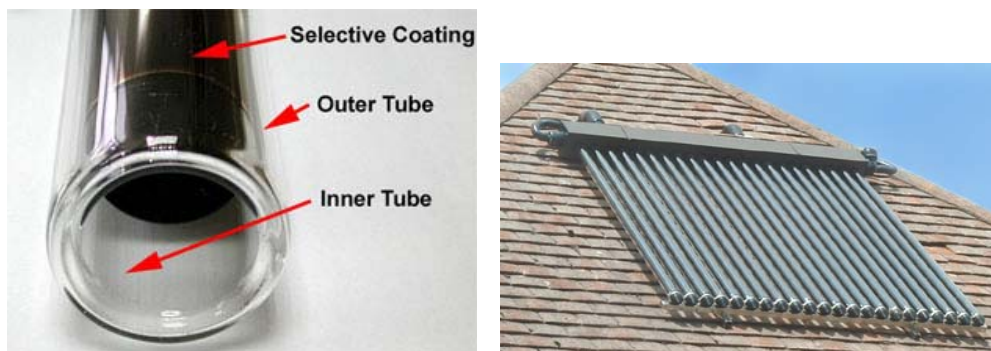
Oppgave 2

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 Wm^{-2} , vind hastighet 5 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 bølgelengda. Den energien som (i tidsmiddel) er lagra pr. arealeining av havflata, kan skrivast som følgjande potensfunksjon (i dei variable g , ρ , 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 bølgeforplantingsretninga -- eller med andre ord pr. lengdeining av bølgefronten --), 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 bestemmast før i oppgåvepunkt (c). Oppgåvepunktet her (b) går ut på å finna samanhengar mellom dei reelle eksponentane $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ og $\epsilon, \zeta, \eta, \theta$, 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.

NTNU

ENGLISH

Department of Physics

Contact person: Professor Berit Kjeldstad 735 91995

EXAMINATION IN :

TFY 4300 Energy and Environmental Physics**FY2201 Energy and Environmental Physics**

Friday 12. December 2003

DURATION: 09.00-14.00

Permitted aids: Mathematical tables,

B1 – Calculator, no memory , reference NTNU.

Number of pages: 5

Grades to be announced 06.01.2004

Problem 1

a)

Transmission of solar radiation to the ground depends on the composition of the atmosphere. Write the equation how radiation flux I vary with path length s . Explain the factors included in the equation.

b)

Calculate the ratio R between radiation flux at the top of the atmosphere and at the ground as a function wavelength when the ozone concentration is 200 DU and 450 DU for both solar zenith angles $=40^\circ$ and $=70^\circ$.

Assume ozone density $2.7 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$ at STP. 1 DU unit = 0.01 mm thick layer (h) at STP.

Absorption cross section for ozone:

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

For simplicity neglect other processes in the calculations.

Present the results in the same graph. Comment the results.

c)

UV index is a new number to describe levels of ultraviolet radiation (UV) at the ground. For instance is UV index used to forecast levels of UV world wide. How is the UV index defined? Why do you think UV index qualify to be good “unit” for ultraviolet radiation?

Problem 2

Many solar heating systems have evacuated collectors to reduce heat loss. They can be constructed as a double tube, an inner tube with selective coating and an outer tube (both in glass, because glass is a material which keep vacuum), see picture of one collector (tube) to the left below. The energy transporting fluid is in the middle. A complete system of several collectors are shown in the picture to the right, just for illustration.

a)

Make a sketch (figure) of the collector system (picture to the left) and mark in the figure how different energy transport mechanisms will occur in the system.

Draw the equivalent analogue circuit for the evacuated collector.



(Pictures are from <http://www.focus-solar.com/index.htm>)

b)

Calculate the total loss resistance R per unit area of the evacuated collector (picture to the left in paragraph a) assuming that the outer tube has a diameter of 6.0 cm and the inner 5.0 cm. Incoming solar radiation perpendicular on the tube is 750 Wm^{-2} and wind speed 5 m/s^2 ($h_c = 20 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$). Ambient temperature, $T_a = 20^\circ\text{C}$. Assume glass cover temperature $T_g = 40^\circ\text{C}$ and the inner tube (plate) temperature $T_p = 100^\circ\text{C}$. Assume a fairly conservative emissivity for the selective material ($\epsilon = 0.1$).

A typical U value for an isolated wall is $0.3 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, comment your result in relation to this value.

For simplicity assume plan surfaces.

Stephan - Boltzmans constant: $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$

Problem 3

a)

Explain the term passive remote sensing and describe one measuring method that can be classified in this group.

Repeat the same for the term active remote sensing and describe one method.

b)

ENVISAT is ESA's largest satellite for monitoring the environment that has been launched ever. Several atmospheric components can be measured with different instruments. Both information on total content of one component and the distribution of the same components at different heights (profiles) can be measured. Describe the technique used to retrieve both quantitative and spatial information on one component. You may use ozone as an example.

Problem 4

(a)

On a few lines of text, describe/explain how waves that propagate along a water surface, store energy. Write the explanation verbally in complete sentences, without using mathematical symbols. Moreover, give a short explanation of how the energy of waves is being transported in the direction of wave propagation. Also here, use of mathematical symbols should be avoided.

[It is not necessary, although allowable, to supplement explanations with simple illustrations. However, do not use more than one page (including possible illustrations) for giving your answer to problem paragraph (a).]

(b)

Let us next assume that a progressive plane sinusoidal wave of amplitude $A = H/2$ and period T is propagating on deep water (that is, the water depth is large in comparison with the wavelength). The energy that (in time-average) is stored per unit area of the sea surface, may be written as the following power function (in the variables g , ρ , T and H)

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

The power that (in time-average) is being transported per unit length (horizontally and perpendicularly referred to the direction of wave propagation -- or in other words, per unit length of the wave front --), may be written as the power function (in the same variables as above)

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

Here, n_E and n_J are dimensionless positive numbers (factors) that are to be determined in problem paragraph (c) below. The purpose of the present problem paragraph (b) is to determine certain relations between the real exponents $\varepsilon, \zeta, \eta, \theta$, and α, β , by applying such a simple method as dimensional analysis.

In the following list of physical quantities that have dimension, the dimensions are given as SI units in brackets:

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

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

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

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

$$[\text{m}^{-3} \text{ kg}] \quad (\text{mass density of water})$$

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

Find the numerical value for exponents α and β . Find ε and ζ expressed in terms of η , and find also θ and β in terms of η . (Thus, all eight exponents had been numerically known if e.g. α and β had been.) Assuming as known that all eight exponents have to be integers, are we then, at this step, able to tell whether α and β have to be odd or even integers?

[Hint: On basis of dimensions, e.g. the equation (identity)

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

has to be satisfied.]

[Note: In Chapter 12 in the textbook of Twidell & Weir (TW) the symbol P' is used instead of J .]

(c)

Now, derive the two above-mentioned power functions. In this way also the numbers α, β, n_E and n_J become determined. In order to carry out this derivation, the candidate may need to use at least one of the formula expressions that are listed below (and that the candidate should interpret himself/herself):

$$u = c_g = \frac{c}{2} = \frac{c_f}{2} = \frac{g}{2a} = \frac{gT}{4\pi}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega^2}{g}$$

$$E = E_k + E_p = 2E_k = 2E_p$$

$$\Delta y = A e^{kz} \sin(\omega t - kx)$$

(cf. eq. 12.29 in TW)

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

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

$$p = \rho g A e^{kz} \sin(\omega t - kx)$$

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

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

It is not required that the candidate should derive or prove any of these formulas. On the contrary, any formula (besides well-known basic physical principles) may be considered, in problem paragraph (c), as a basis for deriving the power function expressions for E and J .

Please note:

Students are kindly asked to inform themselves about grades on the special service phone at NTNU, phone number, number 815 48014. The service is in Norwegian. The examination office does not answer these inquiries. Please contact the Department of Physics if you need assistance.