

UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
GRUPPE FOR ANVENDT OPTIKK

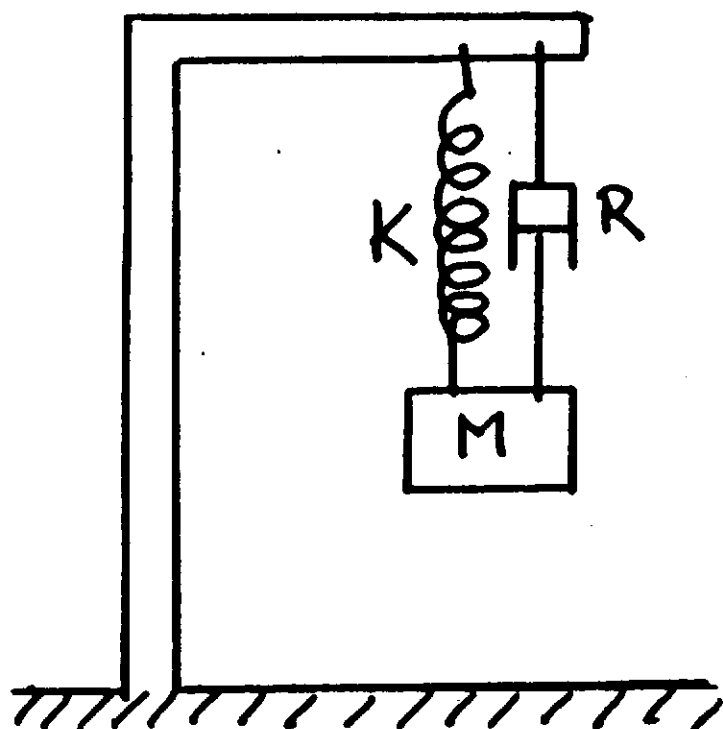
Faglig kontakt under eksamen:
Navn: Kjell J. Gåsvik
Tlf.: 2891

EKSAMEN I FAG 74140/70540 FYSIKK
Avd. III (Bygg)
Fredag 2. juni 1989
Tid: kl. 0900–1500

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator
K.J. Knutsen: Formler og data i fysikk
O.H. Jahren og K.J. Knutsen: Formelsamling
i matematikk
K.Rottmann: Matematische Formelsammlung
C. Barrett/T.M. Crown: Mathematical
Formula

Oppgave 1

En enkel seismograf, for å måle jordskjelv, består av en masse M som henger i en fjær med fjærkonstant K og dempningskonstant R . Det hele er festet til bakken slik som vist på figuren.



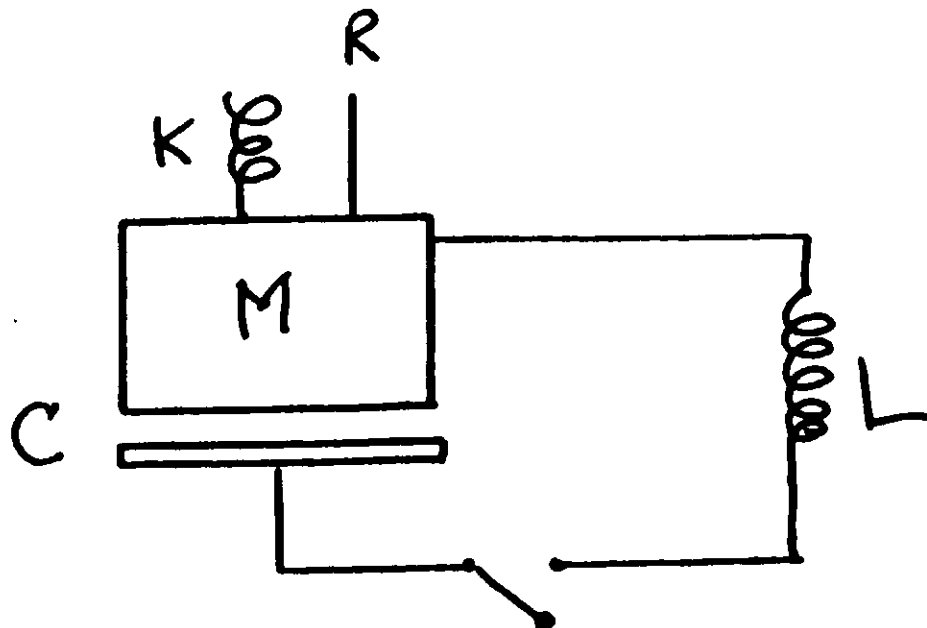
- a) Vis at dersom jordoverflaten settes i bevegelse så vil massens bevegelse være gitt av differensligningen

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\gamma \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = -\frac{d^2\eta}{dt^2}$$

der x betegner bevegelsen av massen i forhold til jordoverflaten og η er den absolute bevegelse av jordoverflaten.

Angi løsningen av denne differensialligningen dersom $\frac{d^2\eta}{dt^2} = C \cos \omega t$ og skisser hvordan amplituden av utslaget $x(t)$ varierer som funksjon av ω . Anta at dempningen er liten.

- b) Et typisk seismometer har en svingetid ved resonans $T_0 = 30$ s og en såkalt Q -verdi lik 2. Denne er definert som $Q = \omega_0/\gamma$. På grunn av et jordskjelv svinger jordoverflaten harmonisk og med en svingetid $T = 20$ min. og med en amplitude slik at $C = 10^{-9} \text{ m/s}^2$. Hvor liten svingeamplitude av massen M må seismometeret kunne registrere for å kunne observere dette jordskjelvet?
- c) Massen M er laget av metall og utgjør den ene platen av en platekondensator slik som vist på figuren.

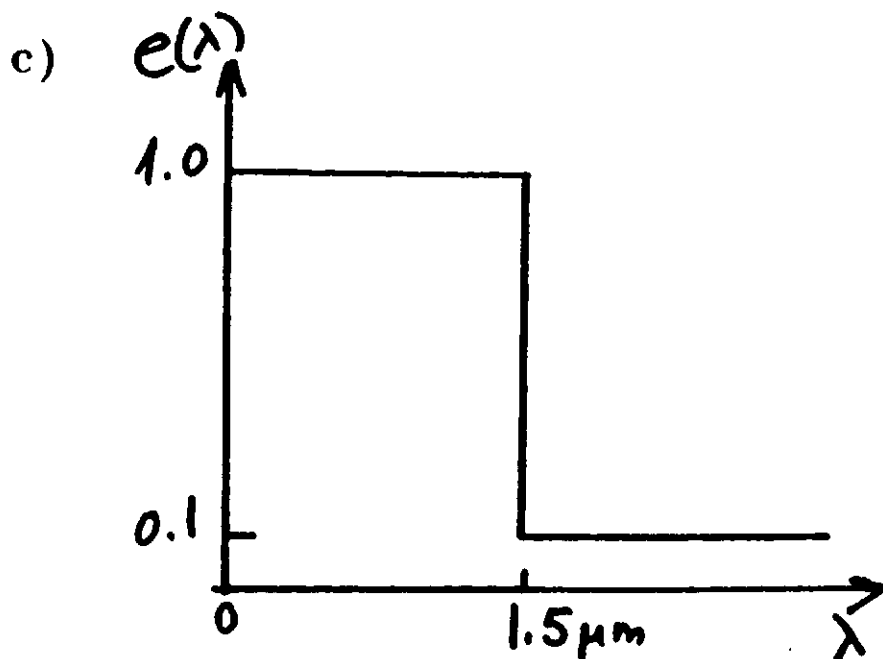


- Denne kondensatoren danner, sammen med spolen L , en elektrisk svingekrets. Beregn kapasitansen C til kondensatoren dersom arealet av kondensatoren er 100 cm^2 og avstanden mellom kondensatorplatene ved likevekt er 0.2 mm . Hva er resonansfrekvensen for den elektriske svingekretsen spole/kondensator når spolens induktans $L = 1 \text{ mH}$?
- d) Når det mekaniske svingesystemet vibrerer vil avstanden mellom kondensatorplatene og dermed resonansfrekvensen i det elektriske svingesystemet variere. Hvor små utslag på seismometeret kan vi detektere dersom den minste frekvensforandring vi kan måle i det elektriske svingesystemet er $\Delta f = 1 \text{ Hz}$? De mekaniske svingningene er så langsomme at vi kan se på de to svingningene som uavhengige av hverandre.

Oppgave 2

- a) Sola stråler som et svart legeme ($e = 1$) med overflatetemperatur $T = 5800 \text{ K}$. Ved hvilken bølgelengde λ har intensiteten av solstrålingen sitt maksimum? Hvor stor del av effekten faller innenfor den synlige del av spekteret ($400 - 700 \text{ nm}$)?
- b) En svart flate ($e = 1$) settes i sollyset og slik at sollyset faller vinkelrett inn mot flata. Anta at den totale solstrålingen er 0.8 kW/m^2 . Beregn likevektstemperaturen til plata dersom den eneste mekanisme for varmetap er stråling og

baksiden er isolert slik at vi bare har tap fra forsiden ($e = 1$). Anta at omgivelsene (himmelen) fungerer som en sort stråler med temperaturen $T_0 = 250\text{K}$.



En flate kan gis et såkalt selektivt belegg. Disse har en emisjonskoeffisient som varierer med bølglengden til lyset, λ , slik som vist på figuren [$e(\lambda) = 1.0$ for $\lambda \leq 1.5 \mu\text{m}$, $e(\lambda) = 0.1$ for $\lambda > 1.5 \mu\text{m}$]. Hvor mange prosent av det innfallende sollyset vil ikke bli absorbert i en slik solfanger sammenlignet med en svart solfanger [$e(\lambda) = 1$ for alle λ]? Hvor stor temperaturøkning vil vi få i en

slik solfanger dersom den eneste tapsmekanismen er strålingstap og baksiden er isolert slik at vi kan se bort fra varmetap fra baksiden av solfangeren? Anta igjen at omgivelsene (himmelen) fungerer som en sort stråler med temperatur $T_0 = 250\text{K}$ for $\lambda > 1.5 \mu\text{m}$. I denne delen av oppgaven kan du se bort fra strålingstap for $\lambda < 1.5 \mu\text{m}$. Vis at dette er en god tilnærming.

Husk $W = \int_0^{\infty} e(\lambda) M(\lambda, T) d\lambda$, der W er total utstråling og $M(\lambda, T)$ er

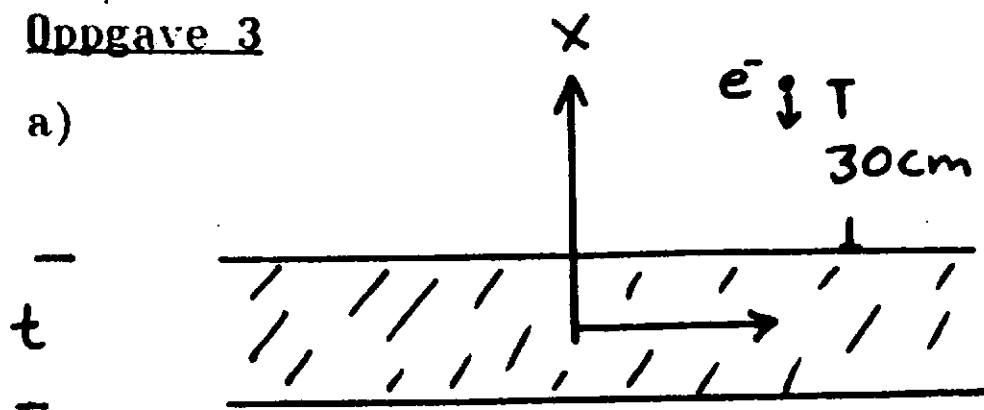
Plancks strålingsformel:
$$M(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

Oppgitt: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
 $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

TABELL

y	$\int_0^y \frac{x^3}{e^x - 1} dx$	y	$\int_0^y \frac{x^3}{e^x - 1} dx$
.000000	.000000	12.200000	6.482160
.200000	.002472	12.400000	6.483856
.400000	.018304	12.600000	6.485313
.600000	.057091	12.800000	6.486564
.800000	.124887	13.000000	6.487638
1.000000	.224805	13.200000	6.488558
1.200000	.357580	13.400000	6.489347
1.400000	.522086	13.600000	6.490022
1.600000	.715810	13.800000	6.490600
1.800000	.935265	14.000000	6.491094
2.000000	1.176343	14.200000	6.491516
2.200000	1.434619	14.400000	6.491877
2.400000	1.705591	14.600000	6.492185
2.600000	1.984873	14.800000	6.492447
2.800000	2.268338	15.000000	6.492671
3.000000	2.552219	15.200000	6.492862
3.200000	2.833173	15.400000	6.493024
3.400000	3.108318	15.600000	6.493163
3.600000	3.375243	15.800000	6.493280
3.800000	3.631993	16.000000	6.493381
4.000000	3.877054	16.200000	6.493466
4.200000	4.109314	16.400000	6.493538
4.400000	4.328023	16.600000	6.493599
4.600000	4.532753	16.800000	6.493651
4.800000	4.723350	17.000000	6.493696
5.000000	4.899892	17.200000	6.493733
5.200000	5.062650	17.400000	6.493765
5.400000	5.212045	17.600000	6.493792
5.600000	5.348617	17.800000	6.493815
5.800000	5.472991	18.000000	6.493834
6.000000	5.585855	18.200000	6.493850
6.200000	5.687933	18.400000	6.493864
6.400000	5.779965	18.600000	6.493876
6.600000	5.862697	18.800000	6.493886
6.800000	5.936860	19.000000	6.493894
7.000000	6.003169	19.200000	6.493901
7.200000	6.062308	19.400000	6.493907
7.400000	6.114928	19.600000	6.493912
7.600000	6.161644	19.800000	6.493917
7.800000	6.203031	20.000000	6.493920
8.000000	6.239624	20.100000	6.493922
8.200000	6.271915	20.400000	6.493926
8.400000	6.300359	20.700000	6.493929
8.600000	6.325371	21.000000	6.493931
8.800000	6.347328	21.300000	6.493933
9.000000	6.366574	21.600000	6.493935
9.200000	6.383417	21.900000	6.493936
9.400000	6.398136	22.200000	6.493937
9.600000	6.410982	22.500000	6.493937
9.800000	6.422177	22.800000	6.493938
10.000000	6.431922	23.100000	6.493938
10.200000	6.440394	23.400000	6.493938
10.400000	6.447750	23.700000	6.493939
10.600000	6.454131	24.000000	6.493939
10.800000	6.459659	24.300000	6.493939
11.000000	6.464444	24.600000	6.493939
11.200000	6.468581	24.900000	6.493939
11.400000	6.472155	25.200000	6.493939
11.600000	6.475239	25.500000	6.493939
11.800000	6.477898	25.800000	6.493939
12.000000	6.480189	26.100000	6.493939
		26.400000	6.493939
		26.700000	6.493939
		27.000000	6.493939
		27.300000	6.493939
		27.600000	6.493939
		27.900000	6.493939
		∞	6.493939

Oppgave 3



En isolerende plate av tykkelse t og uendelig utstrekning har en ladningstetthet gitt av

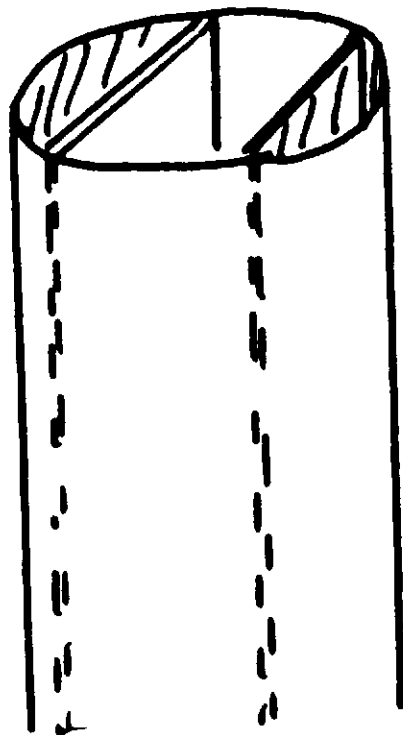
$$\rho(x) = \rho_0 \cos \pi x / t$$

der x er avstanden fra midtplanet i platen. Finn den elektriske feltstyrke E og potensialet V utenfor og inne i platen dersom platen har relativ permittivitet lik ϵ_r . Vis at

feltet utenfor platen bare avhenger av total ladning pr m^2 av platen.

Sett potensialet lik null midt i platen.

- b) Man skyter et elektron vinkelrett inn mot platen fra en avstand lik 30 cm. Platen er negativt ladet med en ladningstetthet slik at total ladning pr. m^2 av platen, $Q = 1,0 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$. Hvor stor hastighet må elektronet ha på 30 cm avstand for at det skal stoppe opp og snu ved platens overflate?
- c) En elektrostatisk presipitator er et system for å rense støv fra røyk i fabrikker. Hver støvpartikkel tilføres en ladning Q_0 ved inngangen til presipitatoren. Presipitatoren består av to plater med en spenningsforskjell V som settes inn i pipa.



Støvpartiklene stiger opp gjennom pipa/presipitatoren mellom platene og avbøyes av det elektriske feltet og samles opp på en av elektrodene. Hvor stor ladning må støvpartiklene tilføres for at alle skal oppfanges dersom deres masse $m = 10^{-14} \text{ kg}$, farten av røyken er 1 m/s, avstanden mellom platene er 2 m, lengden av pipa er 10 m, og spenningen mellom platene er 50 V?