UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR FYSIKK

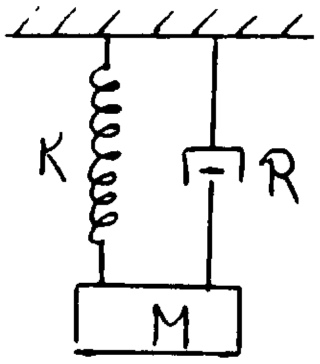
Faglig kontakt under eksamen:
Navn: Jorunn Grip
Tlf.: 3411

EKSAMEN I FAG 74140/70540 FYSIKK
Avd. III (Bygg)
Onsdag 5. juni 1991
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

a)



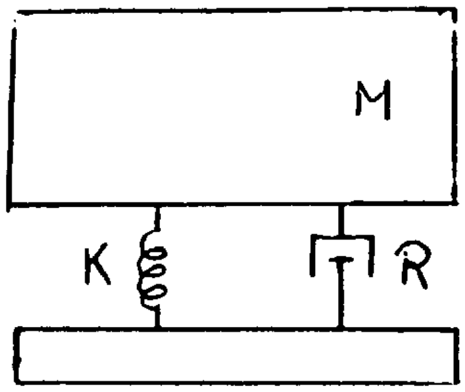
En masse M er opphengt i en fjær med fjærkonstant K og dempningskonstant R slik som vist på figuren. Utled differensialligningen som beskriver massens bevegelse og skriv ned den generelle løsningen. Bestem konstantene i den generelle løsning når svingningen starter med et utsving slik at den potensielle energien er E_0 og hastigheten er 0 når $t = 0$.

b) Still opp et uttrykk for massens totale energi og vis at energien tilnærmet avtar som

$$E = E_0 e^{-t/\tau}$$

Finn energiens tidskonstant τ. Anta i denne del av oppgaven at dempningen er liten og ta bare med γ når den forekomer i et eksponentialuttrykk. Hva er totalenergien til systemet ved $t = 5$ s når $E_0 = 1{,}25$ J, $R = 0{,}5\ \frac{\text{Ns}}{\text{m}}$, $K = 500\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$, $M = 1$ kg.

c) Ved forsendelse av kostbare instrumenter pakkes de i en dempet fjærende opphengning slik som vist på figuren. Vi antar at kassa, som regnes masseløs, faller i bakken med hastighet v ved t = 0, og at det i fallet ikke overføres noen krefter mellom massen og kassa. Se bort fra muligheten av at kassa hopper på underlaget. Finn en formel som beskriver massens vertikale utsving for $t \geq 0$.



Anta så at v er stor nok til at det statiske nedhenget p.g.a. tyngden kan neglisjeres, og avled tidsforløpet for massens akselerasjon. Skriv svaret på formen

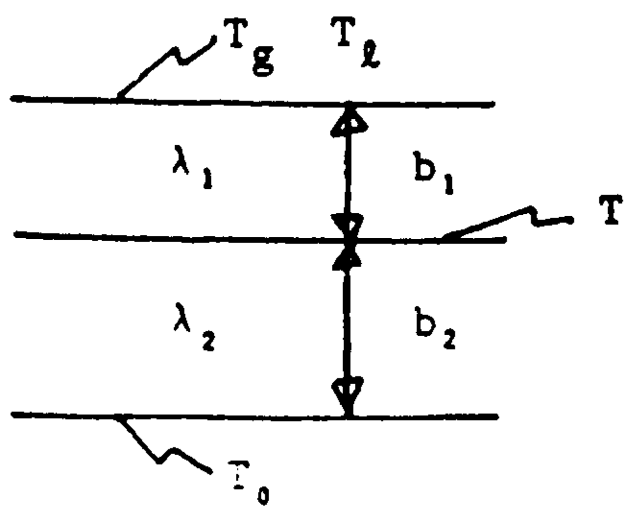
$$x(t) = A\, e^{-\gamma \cdot t} \cos(\omega\, t + \delta)$$

og bruk størrelsene ω, γ og v til å uttrykke aksellerasjonen a og δ.

Oppgave 2

a) Skriv ned Fouriers lov for varmeledning og forklar hva symbolene står for. Under hvilke betingelser er varmeledning uten konveksjon mulig i gasser og væsker? Svar kort.

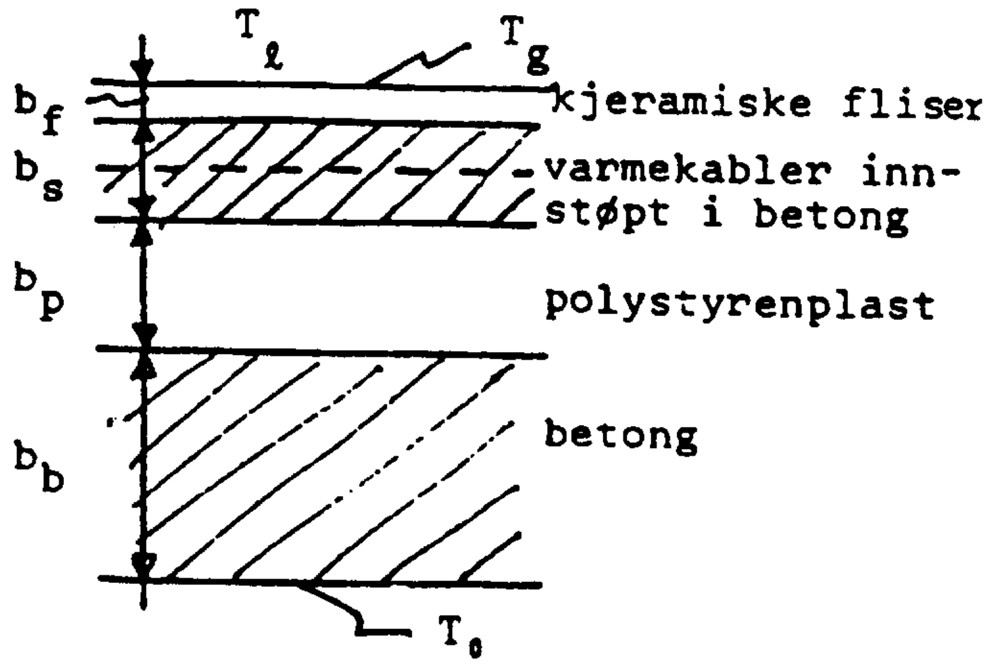
b) En forenklet gulvkonstruksjon består av to lag (se fig. 1). Lagene har tykkelse b_1 og b_2 og varmeledningsevnene λ_1 og λ_2. Finn, for stasjonære forhold, et uttrykk for temperaturen T i grenseflaten mellom lagene, når temperaturen på gulvoverflaten er T_g og temperaturen i nedre begrensningsflate er T_0. Bruk dette til å vise at total varmestrøm J opp gjennom gulvet med arealet A er gitt ved



$$J = A \frac{T_0 - T_g}{\frac{b_1}{\lambda_1} + \frac{b_2}{\lambda_2}}$$

c) Et baderom i en sokkeletasje har som eneste varmekilde varmekabler innstøpt i gulvet. Vintertid er et typisk tall for varmetapet, p.g.a. luftutskifting og varmeledning gjennom rommets tak og vegger, 440 W, når lufttemperaturen på badet holdes på $T_\ell = 25^\circ C$. Varmeovergangstallet gulv–luft settes til $h = 8\ W/Km^2$ og gulvarealet er $A = 6\ m^2$. Hva må temperaturen T_g i gulvoverflaten være for at varmetapet skal kompenseres?

d) Gulvkonstruksjonen er skjematisk vist i Fig. 2. Vi idealiserer problemet ved å oppfatte varmekablene som en varmekilde jevnt fordelt over baderommets gulvareal A, og vertikalt lokalisert til midt i det støpte betonglaget. Beregn den temperaturen T_k som er nødvendig ved varmekablene for at varmetapet, gitt under pkt. c), skal erstattes. Vi setter



b_f = 1 cm; b_s = 4 cm; λ_f = 0,8 W/K·m; λ_s = 1,5 W/K·m

Bruk så en enkel generalisering av formelen utledet under pkt. b) til å beregne varmetapet J_b nedover mot bakken, når

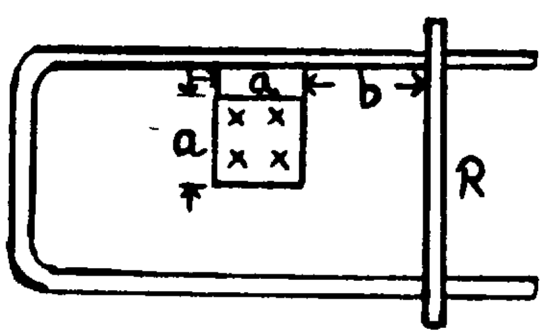
b_p = 5 cm; b_b = 10 cm; λ_p = 0,04 W/K·m; λ_b = 1,7 W/K·m;

T_0 = 5°C. Hvor mange kWh kunne spares pr. år ved å øke tykkelsen av polystyrenplasten til 10 cm? Tallene på årsbasis anslås ved å bruke tallene ovenfor for 9 måneder pr. år og se bort fra varmebehovet for de øvrige 3 måneder.

Oppgave 3

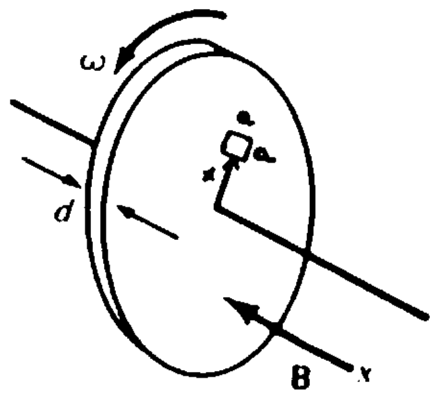
En ledende stav med masse m og elektrisk motstand R, kan bevege seg friksjonsfritt på to skinner slik som vist på figuren. Et magnetfelt av endelig utstrekning a x a = 10 x 10 cm og styrke B = 0,2 T befinner seg innenfor sløyfa. Staven beveger seg med konstant hastighet v = 0,1 m/s mot venstre. Når t = 0 befinner staven seg b = 10 cm til høyre for magnetfeltet.

a) Finn indusert spenning som funksjon av tiden for t i området 0 til 3 sek. Angi også retningen til strømmen.



b) Finn størrelsen og retningen til kraften som virker på staven i det samme tidsintervall når motstanden R i staven er 1 Ω. Motstanden i bøylen kan neglisjeres.

c) En elektromagnetisk brems består av en elektrisk ledende plate av tykkelse d og spesifikk motstand ρ som roterer med en sirkelfrekvens ω. Et magnetisk felt B av endelig (liten) utstrekning a x a i avstand x fra sentrum av skiven står vinkelrett på plata, a << x. Den induserte strømmen i plata fører til en bremsekraft og et moment som bremser skiva. Vis at bremsemomentet Γ.



$$\Gamma = \left(\frac{\omega}{\rho}\right) B^2x^2a^2d$$

Anta under denne utledningen at strømmen vil spre seg så mye utenfor magnetfeltområdet at vi behøver bare ta hensyn til motstanden i området der vi har magnetfelt.

Oppgitt: Motstanden i en tråd av lengde l og tverrsnittsareal A er gitt av $R = \rho \cdot l/A$ der ρ er den spesifikke motstand.