NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:
Navn: Helge Redvald Skullerud
Tlf: 73593625

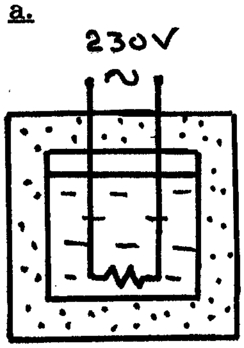
EKSAMEN I FAG SIF 4002 FYSIKK
Lørdag 15. august 1998
Tid: 0900-1500

Hjelpemidler: B2 - Godkjent lommekalkulator
Rottmann/Matematisk formelsamling

Ved bedømmelsen teller alle 8 deloppgaver likt.

Oppgave 1

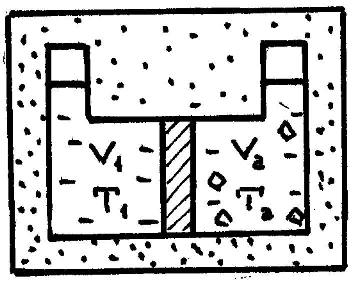
a.



Figur 1.

Et termisk isolert kar inneholder $V = 5\,\ell$ vann. Vanntemperaturen er $T_0 = 20^oC$. Vannet skal varmes opp til en temperatur $T_1 = 80^oC$ ved hjelp av en varmespiral senket ned i karet.
Hvor stor varmemengde Q må tilføres?
Og hvor lang tid tar oppvarmingen, hvis varmespiralen har resistans $R = 50\,\Omega$, og er påtrykt $230\,V$ vekselspenning?

b.



Figur 2.

To kar er ved tid $t = 0$ fylt med henholdsvis $V_1 = 10\ell$ vann med temperatur $T_1^0 = 60^oC$ og $V_2 = 10\ell$ av en blanding av like deler – i volum – av vann og is, med temperatur $T_2^0 = 0^oC$. Karene er termisk isolert fra omgivelsene, og skilt fra hverandre med en vegg av rustfritt stål, med areale $A = 0.04\,m^2$ og tykkelse $d = 10\,mm$. Det røres i begge karene, slik at temperaturen i hvert kar holdes uniform.

Hvor stor er varmestrømmen fra kar 1 til kar 2, $H_0 = dQ/dt|_{t=0}$ ved forsøkets begynnelse?

Og hva er varmestrømmen H_1, og temperaturen T_1^1 i kar 1, når all isen i kar 2 akkurat har smeltet?

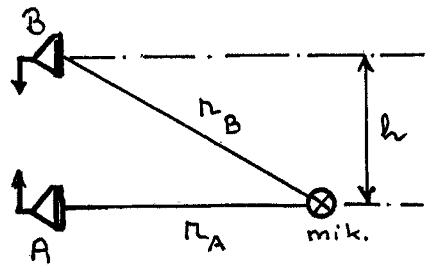
Produktet av volum og varmekapasitet for stålveggen er så lite i forhold til samme produkt for vann/vann-is mengdene at man ved beregningene kan se bort fra varmemengde lagret i stålveggen.

OPPGITT TIL OPPGAVE 1:

$\rho_{vann} = 1.0 \cdot 10^3 kg/m^3$	tetthet av vann
$\rho_{is} = 0.92 \cdot 10^3 kg/m^3$	tetthet av is
$C_{vann} = 4.19 \cdot 10^3 J/kg \cdot K$	varmekapasitet for vann
$L_{is} = 334 \cdot 10^3\, J/kg$	smeltevarme for is
$k_{stål} = 50\, W/m \cdot K$	varmeledningsevne for rustfritt stål
$dQ/dt = -kA\, dT/dx$	Fouriers lov

Oppgave 2

a.



To identiske høyttalere er plassert i posisjoner A og B (figur 3), med avstand $h = 2\,m$. Høyttalerene er drevet av samme forsterker, og sender ut lydbølger (én tone) med frekvens $f = 880\,Hz$. Lydhastigheten er $c = 340\,m/s$, og høyttalerne kan betraktes som punktkilder.

Figur 3.

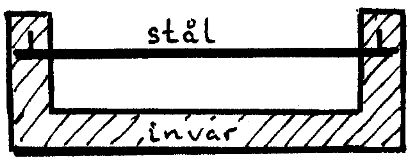
En liten mikrofon plasseres rett ut for høyttaler A, på en linje perpendikulært på linjen $A-B$, i avstand r_A fra høyttaler A og avstand r_B fra høyttaler B. Langs denne linjen vil lydstyrken variere, og passere gjennom maksima (konstruktiv interferens) og minima (destruktiv interferens).

Hva er bølgelengden til lydbølgene, $\lambda\,[m]$?

Angi hvilken relasjon som må være oppfylt mellom r_A, r_B og λ for at lydstyrken ved mikrofonen skal ha et maksimum.

Og hva er avstandene $r_A^k\,[m]$ hvor man finner disse maksima?

b.



En (tynn) ståltråd er strukket på en ramme av invar – en jern-nikkel legering med svært lav varmeutvidelseskoeffisient. Ved en temperatur $T_1 = 20°C$ finnes hastigheten til en transversal bølge på tråden å være $c_1 = 206\,m/s$, og ved en temperatur $T_2 = -10°C$ $c_2 = 225 m/s$.

Figur 4.

Hva er strekkspenningen i tråden ved de to temperaturene, S_1 og S_2?

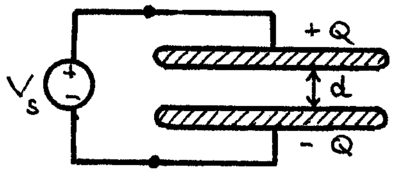
Og hvor stor er den lineære varmeutvidelseskoeffisienten α for stål?

OPPGITT TIL OPPGAVE 2B:

$v = \sqrt{S/\rho}$	bølgehastighet på tynn streng – S er strekkspenningen
$\rho_{stål} = 7.9 \cdot 10^3 kg/m^3$	tetthet av stål
$Y_{stål} = 20 \cdot 10^{10}\, Pa$	strekkmodulus for stål
$\alpha_{invar} = 0.9 \cdot 10^{-6} K^{-1}$	varmeutvidelseskoeffisient for invar
$\Delta\ell = S\ell/Y$	definisjon av strekkmodulus
$\Delta\ell = \alpha\ell\,\Delta T$	definisjon av varmeutvidelseskoeffisient

Oppgave 3

a.



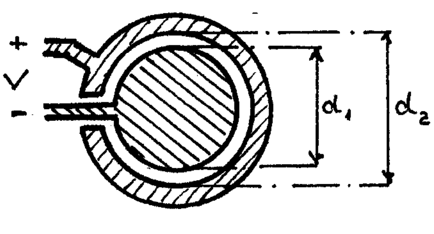
En platekondensator, med plateareale $A = 25\,cm^2$, plateavstand $d_1 = 1\,mm$ og luft som dielektrikum, er koplet til en likespenning $V_S = 500\,V$.
Hvå er ladningen $(\pm)Q$ på platene?

Figur 5.

Spenningskilden koples så fra, og platene trekkes fra hverandre – fremdeles med ladning $\pm Q$ på platene, til avstanden er $d_2 = 2\,mm$.

Hvor stort arbeid W må utføres for å overvinne den elektrostatiske tiltrekningen?

b.



En kulekondensator består av en indre kule med ytterdiameter d_1 og et ytre kuleskall med innerdiameter d_2, som vist i figur 5. Dielektriket mellom kulene er luft.
Kondensatoren har en ladning $-Q$ på innerkula, og en ladning $+Q$ på ytterkula.

Figur 6

Bruk først Gauss' lov til å finne et uttrykk for det (radielle) elektriske feltet $E(r)$ mellom kulene, som funksjon av avstanden r til kulenes sentrum.

Finn videre, ved integrasjon av $E(r)$, et uttrykk for spenningen V over kondensatoren.

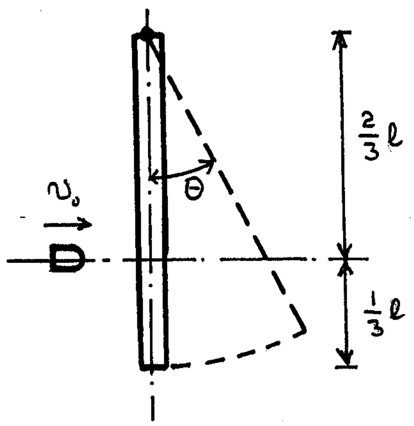
Finn deretter et uttrykk for kondensatorens kapasitans.

Beregn til slutt C og V numerisk, for en kondensator med dimensjoner $d_1 = 5\,cm$ og $d_2 = 10\,cm$, og ladning $Q = 5.6\,nC$.

OPPGITT TIL OPPGAVE 3:

$C = \varepsilon\, A/d$	kapasitansen til platekondensator
$Q = C\,V$	definisjon av kapasitans
$W = \frac{1}{2}Q^2/C$	lagret elektrostatisk energi
$\varepsilon \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = Q$	Gauss' lov
$\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} F/m$	dielektrisitetskonstanten for vakuum (luft)

Oppgave 4



Figur 7.

En homogen stav med lengde $\ell = 0.9\,m$ og masse $M = 5\,kg$ er opphengt tilnærmet friksjonsløst i den ene enden.
Et prosjektil med masse $m = 5\,g$ skytes horisontalt gjennom staven i posisjon $2\ell/3$ fra topppunktet, og med hastighet $v_0 = 400\,m/s$ *før* treffet.
Staven svinger så ut til en maksimal utslagsvinkel $\theta_{max} = \pi/45$ (4^o) fra hvileposisjonen.
Se bort fra tiden prosjektilet bruker på å passere gjennom staven, og effekten av hullet prosjektilet etterlater i staven.

a.

Bruk approksimasjonen $1 - \cos\theta_{max} \approx \theta_{max}^2/2$, og vis at den *kinetiske* energi E_{rot} som staven blir tilført fra prosjektilet, kan skrives på form

$$E_{rot} \approx \frac{1}{4} M g \ell \theta_{max}^2$$

Finn så uttrykk for dreieimpulsen L som tilføres staven, og den lineære impulsen $\Delta(mv)$ som prosjektilet avgir.
Beregn til slutt - numerisk - prosjektilets hastighet v_1 *etter* passasjen gjennom staven.

b.

Vis at når utslagsamplituden θ_{max} er tilstrekkelig liten, oppfyller utslaget $\theta(t)$ tilnærmet en differensialligning

$$\ddot{\theta} + \frac{3}{2}\frac{g}{\ell}\theta = 0$$

Ligningen beskriver svingninger med periode T. Hvor stor er T [s]?

OPPGITT TIL OPPGAVE 4:

$g = 9.81\,m/s^2$	tyngdens akselerasjon
$I = M\ell^2/3$	treghetsmoment for uniform stav om endepunktet
$E_{rot} = I\omega^2/2$	rotasjonsenergi for stivt legeme
$L = I\omega$	dreieimpuls for stivt legeme
$\tau = I\ddot{\theta}$	dreieimpulsligningen - τ er dreiemomentet