

NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen
Navn: Frode Mo, Tlf. 93585

EKSAMEN I FAG SIF 4006 FYSIKK 1

Datateknikk

Mandag 6. desember 1999

Tid: kl. 0900 – 1500

Tillatte hjelpemidler: B2 – godkjent lommekalkulator med tomt minne.

K.J. Knutsen: Formler og data i fysikk

O.H. Jahren og K.J. Knutsen: Formelsamling i matematikk

K. Rottmann: Matematisk formelsamling

Svar på oppgave 3 skal føres på tekstsidene, og disse må leveres inn som en del av besvarelsen.

Oppgave 1.

Viskositeten i væsker kan bestemmes ved å undersøke dempingen av et system som svinger i væska. Svingesystemet består her av ei stålkule med masse m opphengt i ei fjær. Massen av fjæra er neglisjerbar.

- a) Kula settes først i frie, udempete vertikale svingninger i vakuum. Den gjennomgår 120 hele svingesykler i løpet av 1 min. Hva er vinkelfrekvensen for egensvingningene?

Kula senkes så ned i en olje. Den trekkes vertikalt ned fra likevektsposisjonen slik at $x(0) = A_0 = 0.100$ m og slippes ved tida $t = 0$, dvs. starthastigheten $v(0) = 0$. Systemet settes i frie svingninger som dempes av det viskøse draget (kraft) $F_d = -b(dx/dt)$. Dempingskoeffisienten $b = 6\pi\eta r$ (Stokes lov), der η = viskositeten av oljen og r = radius av kula. Vi måler nå 117 svingesykler i løpet av 1 min.

- b) I Utled differensiallikninga for bevegelsen av massen.

II Løsningen har form $x(t) = A \cdot e^{-\alpha t} \sin(\omega t + \delta)$

Definer størrelsene som inngår her.

III Vis at dette systemet er underdempet.

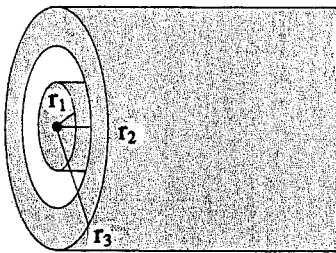
- c) I Hvor stor er dempingskoeffisienten b og viskositeten η av væska? Spesifikk vekt av stål er $7.75 \cdot 10^3$ kg/m³ og kuleradius $r = 0.005$ m.

- II I et medium som gir kritisk demping vil ikke kula passere gjennom likevektsposisjonen. Hva er viskositeten av ei væske som ville gi kritisk demping?
- d) I Vis at konstantleddet i løsningen fra pkt. b) kan skrives

$$A = A_0(\omega_0/\omega)$$

- II Bestem fasekonstanten δ ut fra startvilkårene.
- e) Hvor lang tid vil det ta før svingeamplituden er redusert til 1/10 av opprinnelig verdi?

Oppgave 2



Konsentrisk om en (uendelig) lang massiv sylinder med radius r_1 ligger et sylindrisk skall med indre og ytre radius hhv. r_2 og r_3 (se figur). Materialet er ledende. I rommet mellom den massive sylindere (staven) og sylinderskallet er det luft. Kjernen tilføres en ladning λ_1 pr. m sylinderlengde, sylinderskallet en ladning λ_2 pr. m sylinderlengde.

- a) Bruk Gauss lov for å utlede elektrisk feltstyrke $E(r)$ som funksjon av radius r fra sylinderaksen for intervallene I $r_1 < r < r_2$, II $r > r_3$. Vis i skisse hvordan du velger Gaussflater i dette tilfellet.
- b) I Hva er elektrisk feltstyrke for intervallene $r < r_1$ og $r_2 < r < r_3$? Forklar resultatet.
- II Hvilken relasjon er det mellom λ_1 og λ_2 dersom $E(r) = 0$ for $r > r_3$? Plott $E(r)$ sfa. r fra $r = 0$ til $r > r_3$ for dette tilfellet.

Anta at et dielektrisk materiale får fylle rommet mellom kjernen og sylinderskallet. Materialet har dielektrisitetskonstant $K = 5.0$.

- c) I Forklar hvordan et dielektrikum vil påvirkes av det ytre feltet.
- II Hva blir resultantfeltet i det dielektriske materialet?

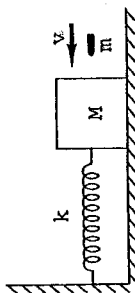
Systemet som er beskrevet skal brukes som en koaksialkabel. Det sendes en likestrøm I_1 gjennom kjernen og I_2 gjennom sylinderskallet. Strømtettheten er homogen gjennom de to lederne.

- d) Bruk Ampères lov til å utlede magnetisk flukstetthet $B(r)$ som funksjon av r for områdene: I $r < r_1$, II $r_1 \leq r \leq r_2$, III $r > r_3$. (Anta at magnetisk permeabilitet både i metall og i dielektrikum tilsvarer en korreksjon $\sim 10^{-5}$ av permeabiliteten i vakuum μ_0 og derfor kan settes lik μ_0).
- e) I Utled også $B(r)$ for intervallet $r_2 < r < r_3$.
- II Anta at $I_2 = -I_1$ og plott $B(r)$ for intervallet $r = 0$ til $r > r_3$.

Oppgave 3

Svar kort, tegn skisse eller marker rett svar med ring rundt den aktuelle bokstaven.

- Ei fjær med fjærkonstant k er festet i den ene enden til en vegg og i den andre til en kloss med masse M . Kloss og fjær kan bevege seg friksjonsfritt i horisontalplanet. En kule med masse m og hastighet v skytes horisontalt inn i klossen. Hele systemet settes dermed i harmonisk bevegelse. Kollisjonen skjer over så kort tid at en kan se bort fra sammenstøtting av fjæra i dette tidsrommet. Hva er maksimal hastighet v_{max} av systemet rett etter innslaget?



- | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|-----|
| A | B | C | D | E |
| $\left(1 - \frac{m}{M}\right)v$ | $\left(\frac{m}{M+m}\right)v$ | $\left(1 - e^{-(m/M)}\right)v$ | $\left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m}\right)v$ | v |

- Hva er amplituden A for den harmoniske bevegelsen av systemet i pkt. 1?

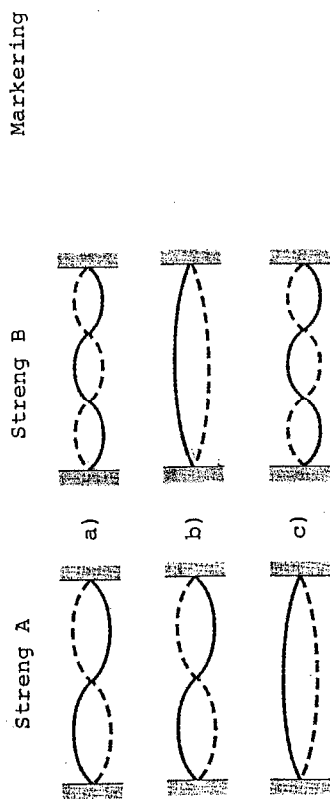
- | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| A | B | C | D |
| $v \sqrt{\frac{(M+m)(M-m)}{M}}$ | $v \sqrt{\frac{m^2}{(M+m)k}}$ | $v \sqrt{\frac{(M+m)^3}{Mmk}}$ | $v \sqrt{\frac{m}{k}}$ |

- Flaggermus sender ut ultralyd med frekvens typisk 100 kHz og bruker ekko for navigasjon og jakt på bytte. Hvilken bølgelengde (i m) tilsvarer dette i luft ved 20°C?

- | | | | | |
|------|-----|------|---------------------|---------------------|
| A | B | C | D | E |
| 3000 | 340 | 0.68 | $3.4 \cdot 10^{-3}$ | $6.8 \cdot 10^{-4}$ |

- Det er åpenbart at flaggermus er trent til å korrigere for Doppler-effekten. Forklar denne effekten og bruk som eksempel en bevegelig lydkilde (flaggermus) som samtidig er mot-taker av lyd reflektert fra et stasjonært objekt.

- To strenger A og B har samme lengde og lineær tetthet, men B har større strammning enn A. Figuren viser tre tilfelle a) – c) der både A og B svinger som en stående bølge. Marker det (de) tilfellene der det er fysisk mulig at A og B kunne svinge med samme resonansfrekvens.



- Et 37.5 cm langt metallrør er åpent i begge ender. I nærheten står en lydgenerator. Lydhastigheten i røret er 333 m/s. Lyd-frekvensen fra generatoren kan varieres i området 200 til 1000 Hz. Ved hvilke frekvenser (Hz) vil det oppstå resonans i røret?

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| A | B | C | D | E |
| 222 | 444 | 666 | 888 | 999 |

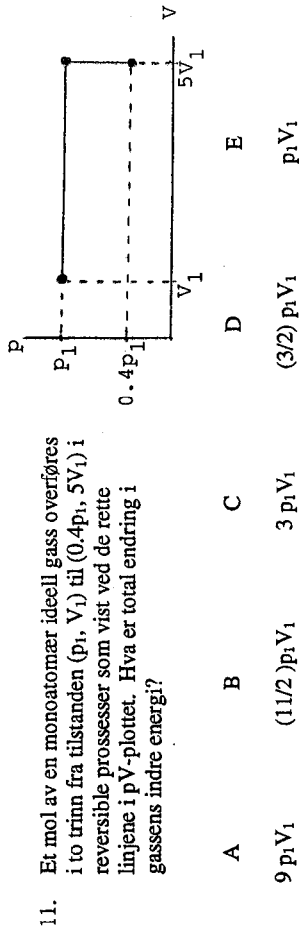
- I definisjonen av absolutt temperaturskala brukes trippelpunktet for H₂O. Forklar ved hjelp av skisse og tekst hva trippelpunktet for et stoff er.

8. Diskuter begrepet varmekapasitet og hvordan denne størrelsen karakteriserer et stoff. Innlandet har mer ekstreme temperaturer enn kystland på samme breddegrad. Hva er en viktig årsak til denne effekten?

9. En sommerdag er temperaturen ute 300K. Hva er midlere (rms) hastighet i m/s for N₂-molekylene i luft? Molvekt av N₂ = 28 · 10⁻³ kg/mol.

A	B	C	D	E
340	444	517	2018	3.0 · 10 ⁸

10. For en ukjent gass blir det oppgitt disse verdiene for spesifikk varme ved romtemperatur: c_p = 0.219 cal/g · K og c_v = 0.157 cal/g · K. Hva kan du slutte om geometrisk form og antall atomer i et molekyl av gassen? Gi resonnermentet.



11. Et mol av en monoatomar ideell gass overføres i to trinn fra tilstanden (p₁, V₁) til (0.4p₁, 5V₁) i reversible prosesser som vist ved de rette linjene i pV-plottet. Hva er total endring i gassens indre energi?

A	B	C	D	E
9 p ₁ V ₁	(11/2) p ₁ V ₁	3 p ₁ V ₁	(3/2) p ₁ V ₁	p ₁ V ₁

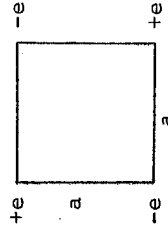
12. Hvor stor er varmemøtømmen i eksemplet i pkt. 11?

A	B	C	D	E
(11/2) p ₁ V ₁	(5/2) p ₁ V ₁	-(5/2) p ₁ V ₁	-(3/2) p ₁ V ₁	0

13. En termisk isolert beholder med total volum 3V₀, er delt i to ved en membran. I volumet V₀ er det n mol av en monoatomar ideell gass med temperatur T₀, i den andre delen med volum 2V₀ er det vakuum. Membranen punkteres og gassen ekspanderer fritt og fyller da hele beholderen. Hvor stor er endringen i entropi for gassen?

A	B	C	D	E
0	C _v ln3	-C _v	nR	nR ln3

14. Fire ladninger +e, -e, +e, -e sitter i hjørnene av et kvadrat med sidekant a = 1Å. Hva er potensiell energi for dette systemet i forhold til tilfellet a = ∞ når V_∞ = 0



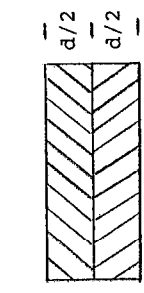
A	B	C	D	E
0	$\frac{e^2}{2\pi\epsilon_0 a} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2 \right)$	$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} (2 + \sqrt{2})$	$\frac{-e^2}{\pi\epsilon_0 a}$	$\frac{e^2 \sqrt{2}}{4\pi\epsilon_0 a}$

15. En stav med uniform negativ ladning bøyes i en halvsirkel. Vis i figuren de elektriske feltlinjene i planet for halvsirkelen.



16. Et batteri som leverer V volt-spennning brukes for å lade opp to kondensatorer C_1 og C_2 som er koblet i serie. Hvor stor spennning ligger over hver kondensator?

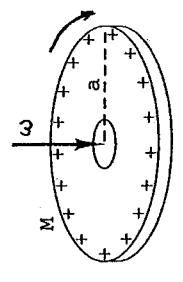
- | | | | |
|-----------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| A | B | C | D |
| $V_1 = V_2 = V$ | $V_1 = V(C_2/C_1)$ | $V_1 = V \frac{C_2}{C_1 + C_2}$ | $V_1 = V \frac{C_1}{C_1 + C_2}$ |
| | $V_2 = V(C_1/C_2)$ | $V_2 = V \frac{C_1}{C_1 + C_2}$ | $V_2 = V \frac{C_2}{C_1 + C_2}$ |



17. En parallelplatekondensator har kapasitans C_0 og avstanden mellom platene er d . To skiver av forskjellige dielektriske materialer, med dielektrisitetskonstant K_1 og K_2 , og hver med tykkelse $d/2$ skyves inn mellom platene. Ladingene $+Q$ og $-Q$ legges på kondensatorplatene. Hva er kapasitansen C for kondensator med dielektrika? (Hint: Beregn spenningsfallet som sum over hver av skivene)

- | | | | | |
|-------------------------|------------------|--|------------------------------------|--|
| A | B | C | D | E |
| $\frac{C_0}{K_1 + K_2}$ | $C_0(K_1 + K_2)$ | $C_0 \left(\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} \right)$ | $2C_0 \frac{K_1 K_2}{(K_1 + K_2)}$ | $C_0 \left(\frac{K_1 + K_2}{K_1 K_2} \right) \frac{d}{2}$ |

18. Når elektrisk kraft skal transporteres over lange strekninger blir strømmen først transformert opp til høg spennning, i Norge f.eks. opp til 420 kV. Forklar hvorfor.



19. En positiv ladning q er uniformt fordelt langs kanten av ei sirkulær skive med radius a og masse M . Skiva settes i rotasjon (som på en platespinner) med vinkelhastighet ω . Hva er det magnetiske momentet μ av den roterende skiva?

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------|
| A | B | C | D | E |
| $\frac{\omega q a^2}{2}$ | $\pi a^2 \omega q$ | $\frac{\omega q a}{4\pi \epsilon_0}$ | $\frac{M a^2 \omega}{2}$ | $q a$ |

20. Utled vha. Ampères lov magnetfeltet inni en lang, rett og tett viklet spole som leder en strøm I . Se på et utsnitt av lengde ℓ som har N viklinger. Vis i figur retningene av strøm og felt i spolen.