

NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET  
INSTITUTT FOR FYSIKK

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

**EKSAMEN I FAG SIF 4006 FYSIKK 1**  
Datateknikk (FIM) og Kommunikasjonsteknologi (ET)  
Onsdag 13. desember 2000  
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.

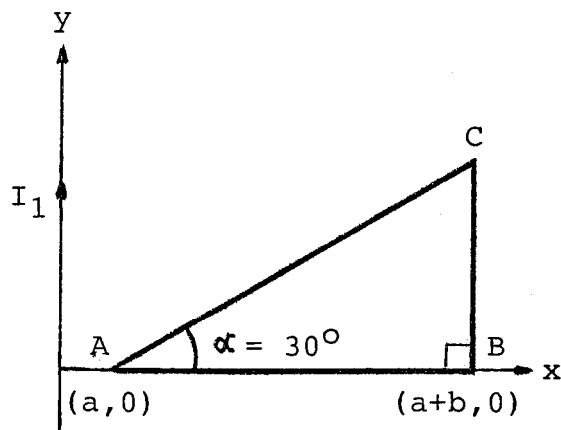
En ideell gass som har molar varmekapasitet  $c_v' = 5R/2$  inngår i en termodynamisk syklus på tre trinn  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow a$ . Det er 2.4 mol gass i prosessen. Trinn  $a \rightarrow b$  er en ekspansjon som går rettlinjett i pV-diagrammet med  $T_b = T_a = 540$  K,  $b \rightarrow c$  er en isobar prosess med  $p = 1.8$  atm. og  $c \rightarrow a$  er isochor med  $V = 15$  l.

- Vis syklusen i et pV diagram og før på oppgitte verdier.
- Bestem de manglende tilstandsverdiene  $p_a$ ,  $V_b$  og  $T_c$ .
- Beregn forandring i indre energi  $\Delta U$  for hvert av de tre trinnene og  $\Delta U$  for hele prosessen. Kommenter resultatet.
- Beregn arbeidet  $W$  i hvert trinn og angi spesielt om det er arbeid utført av gassen eller på gassen.
- I Beregn netto arbeid  $W_{\text{net}}$  for hele prosessen  
II Hvor stor netto varmemengde  $Q_{\text{net}}$  blir tilført evt. tatt fra gassen i løpet av en syklus?
- Anta at trinnet  $a \rightarrow b$  istedet var en isoterm prosess. Hvordan ville det kvalitativt påvirke resultatene for  $\Delta U_{\text{tot}}$ ,  $W_{\text{net}}$  og  $Q_{\text{net}}$ ?

Oppgave 2.

Langs y-aksen i et ortogonalt koordinatsystem ligger en 'uendelig' lang leder som fører en strøm  $I_1$ .

- Bruk Ampères lov til å beregne magnetfeltet  $\mathbf{B}$  i vilkårlig avstand fra lederen. Angi både størrelse og retning av  $\mathbf{B}$ .



En ledersløyfe ABC som danner en rettvinklet trekant blir plassert slik at kanten AB ligger langs x-aksen

b) Vis at den magnetiske fluksen  $\Phi_B$  gjennom planet ABC blir:

$$\Phi_B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi\sqrt{3}} \left[ b - a \ln\left(\frac{a+b}{a}\right) \right]$$

- c) I ett tilfelle varierer  $I_1$  med tida  $t$  slik:  $I_1 = I_0 \cdot e^{-t/t_0}$ .
- I Finn et uttrykk for den elektromotoriske spenningen (ems) som blir induisert i strømsløyfa.
  - II Hva blir retningen av den induserte strømmen  $I_{ind}$ ?
- d) Vi antar så at  $I_1 = \text{konstant}$  og at ledersløyfa beveger seg i positiv  $x$ -retning med konstant hastighet  $v$ .
- I Hva blir induisert ems i ledersløyfa for en vilkårlig avstand  $x$ , målt fra den rette lederen til punktet A på strømsløyfa?
  - II Hva blir induisert ems når  $x \rightarrow \infty$ ?
- e) For  $I_1 = \text{konstant}$  anta at ledersløyfa beveger seg i positiv  $y$ -retning med konstant hastighet  $v$ .
- I Hva blir induisert ems i strømsløyfa i dette tilfellet?
  - II Angi størrelse og retning av evt. induisert strøm.
- f) Ledersløyfa ligger igjen i ro med A i avstand  $a$  fra den rette lederen. I sløyfa går det en strøm  $I_2 = 10\text{A}$  i retning  $A \rightarrow C \rightarrow B$ . I den rette lederen er strømmen  $I_1 = 20\text{A}$ . Avstander:  $a = 1\text{cm}$ ,  $a + b = 10\text{cm}$ .
- I Finn retning og størrelse av kreftene på sløyfas sidekanter pga. magnetfeltet som strømmen i den rette lederen setter opp.
  - II Hvilken retning har resultantkrafta på sløyfa? (Du kan resonnerer deg til et svar her uten å ha de beregnede verdiene for kreftene i f) I)

Oppgitt:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$

## Noen formler og uttrykk fra elektromagnetisme

**Biot-Savarts lov:**

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

**Ampere's lov:**

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I_{\text{innenfor}}$$

**Gauss'lov:**

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{innenfor}}}{\epsilon_0}$$

**Faraday's lov:**

$$\epsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

**Magnetisk fluks:**

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

**Magnetisk kraft dF på strømelement med lengde dl:**

$$d\vec{F} = I \cdot d\vec{l} \times \vec{B}$$

**Magnetisk kraft dF på ladning i bevegelse:**

$$d\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

**Lenz lov:**

En induert strøm er alltid slik at den forsøker å motvirke forandringen i den magnetiske fluks som framkaller strømmen.

**Elektrisk felt:**

$$\vec{E} = \vec{F}/q$$

**Elektrisk potensial:**

$$\vec{E} = -\nabla V$$

$$V = -\int \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

**Potensiell energi:**

$$\Delta U = -\int \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

$$U_{ij} = q_j V_i$$

### Oppgave 3

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

1. En ukjent masse  $m$  henges opp i ei fjær og systemet settes i frie udempete svingninger. Svingefrekvensen måles til 1.0 Hz. Massen økes med et lodd som veier 500g. Ny svingefrekvens blir 0.7 Hz. Hvor stor er den ukjente massen  $m$  (kg)?

A	B	C	D	E
0.20	0.48	0.96	1.17	4.1

2. Amplituden av svingningene med frekvens 0.7 Hz i pkt. 1 er 9 cm. Hva er maksimal hastighet av svingningene (m/s)?

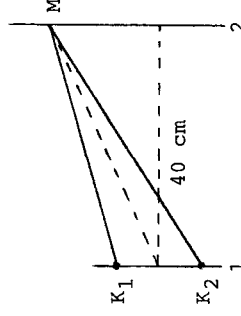
A	B	C	D	E
0.063	0.40	0.70	4.40	6.28

3. Forklar kort fenomenet resonans for en tvunget harmonisk oscillator. Gi noen praktiske eksempler på resonans.

5. Forklar vha. figur og tekst hvordan lydølger i luft kan oppstå ved en bølgekilde og bevege seg i rommet. Angi hvilken type av bølger dette er og marker bølgelengden.

6. En mann står ved toglinja og blåser i et horn en tone med frekvens  $f$  når toget nærmer seg med hastighet 240 km/t. Hvilken frekvens hører passasjerene på toget? Lydhastigheten i luft er 333 m/s.

A	B	C	D	E
0.75 $f$	0.83 $f$	$f$	1.2 $f$	1.25 $f$



7. To koherente bølgekilder K1 og K2 ligger i avstand 3.3 cm fra hverandre og sender ut bølger med samme frekvens. På linja 2 som er parallell med 1 og ligger i avstand 40 cm fra denne oppstår maksima og minima av interferens. Avstanden fra det sentrale intensitetsmaksimum til det første utenfor måles til 8.0 cm. Fra dette kan bølgelengden bestemmes. Hva blir den (mm)?

A	B	C	D	E
0.8	3.25	6.5	12.95	42.0

4. En streng som er fiksert i begge ender har lengde 1.2 m og masse 5.3 g. Hva blir fundamentalfrekvensen (Hz) med en strekkspenning på 500 N?
8. En skål av kopper (Cu) med volum 1500 cm<sup>3</sup> fylles helt opp med vann. De termiske volum-ekspansjonskoeffisientene er  $5.1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  for Cu og  $2.07 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  for vann. Hvor mye vann (cm<sup>3</sup>) vil renne over når systemet varmes opp fra 20 til 50 °C?

A	B	C	D	E
70	104	140	280	440

A	B	C	D	E
0	1.5	3.5	7	21

9. I en beholder er en ideell gass med trykk 120 atm. og temperatur  $-10^{\circ}\text{C}$ . Halvparten av gassen tappes ut og restgassen varmes opp til  $60^{\circ}\text{C}$ . Hva blir det nye gasstrykket (atm.) i beholderen?

A	B	C	D	E
12	60	76	118	240

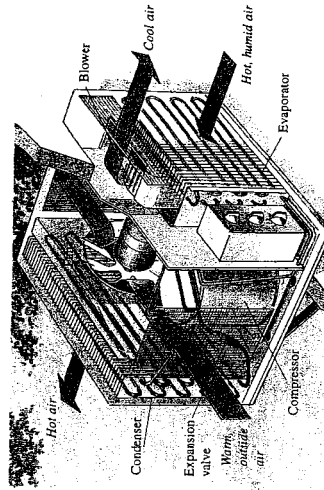
10. Under en adiabatisk transformasjon av en ideell gass øker trykket med en faktor 5 mens volumet avtar med en faktor 3.5. Hva er forholdet  $C_v/C_p$ ?

A	B	C	D	E
0.778	1.285	1.400	3.890	8.314

11. Hvor stor forandring i indre energi får gassen i pkt. 10 under kompresjonen? Uttrykk svaret ved trykk og volum i starttilstanden,  $p_1$  og  $V_1$

A	B	C	D	E
$1.50 p_1 V_1$	$2.50 p_1 V_1$	$3.50 p_1 V_1$	$4.186 p_1 V_1$	$15.0 p_1 V_1$

12. Et luftkondisjoneringsanlegg tar varme fra (kaldere) inneluft og transporterer den ut til (varmere) uteluft. Viktige komponenter i anlegget er en kompressor og en ekspansjonsventil. Forklar virkemåten av et slikt anlegg med referanse til figuren.

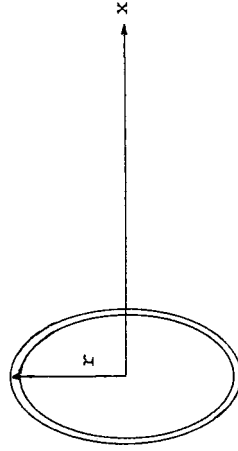


13. Smelting av is til vann representerer en økning av entropien. Forklar hvorfor.

Hva blir entropiøkningen  $\Delta S$  (J/K) når tilstrekkelig varme tilføres for å smelte 40 g is ved  $0^{\circ}\text{C}$  til vann ved  $0^{\circ}\text{C}$ . Latent smeltevarme for is er  $334 \text{ kJ/kg}$ .

A	B	C	D	E
13360	3192	319.2	49	0.41

14. En ring med radius  $r$  har en ladning  $Q$  som er homogent fordelt. I hvilket punkt på symmetriaksen (positiv retning) er det elektriske feltet et maksimum?



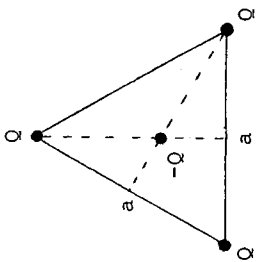
A	B	C	D	E
$x = 0$	$x = r/2$	$x = 2r$	$x = r\sqrt{2}$	$x = r/\sqrt{2}$

15. En punktladning ligger inni ei kuleflate med radius  $r$ . Kuleflata erstattes av en terring med sidekant  $2r$ . Fluksen  $\Phi_E$  gjennom terringflatene:

A	B	C
Øker som $6 : \pi$	Avtar som $\pi : 6$	Blir uforandret

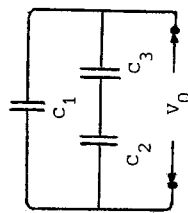
16. Tre ladninger Q ligger i hjørnene av en likesidet trekant med side a. En ladning -Q ligger i trekantens tyngdepunkt.

Hva er den samlede potensielle energien for dette systemet relativt U = 0 for a = ∞.



A	B	C	D	E
$\frac{Q^2 \sqrt{3}}{4\pi\epsilon_0 a}$	$\frac{3Q^2}{4\pi\epsilon_0 a} (1 + \sqrt{3})$	$\frac{3Q^2}{4\pi\epsilon_0 a} (1 - \sqrt{3})$	$-\frac{Q^2 3\sqrt{3}}{4\pi\epsilon_0 a}$	0

17. I kondensatormettet i figuren er C<sub>1</sub> = C/2, C<sub>2</sub> = 3/4 C, og C<sub>3</sub> = C. Spenningen over hele nettet er V<sub>0</sub>. En ønsker å uttrykke spenningen over C<sub>2</sub> (V<sub>2</sub>) og C<sub>3</sub> (V<sub>3</sub>) ved V<sub>0</sub>. Hvilket av forslagene under er riktig?

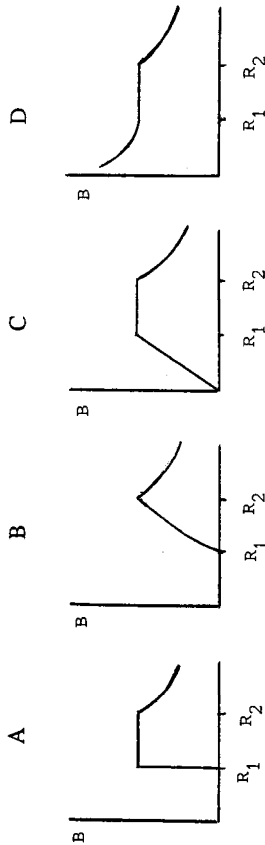
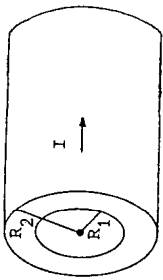


A	B	C	D	E
V <sub>2</sub> = V <sub>3</sub> = V <sub>0</sub>	V <sub>2</sub> = 3/4 V <sub>0</sub> V <sub>3</sub> = V <sub>0</sub>	V <sub>2</sub> = 4/7 V <sub>0</sub> V <sub>3</sub> = 3/7 V <sub>0</sub>	V <sub>2</sub> = 6/7 V <sub>0</sub> V <sub>3</sub> = 8/7 V <sub>0</sub>	V <sub>2</sub> = 3/8 V <sub>0</sub> V <sub>3</sub> = 5/8 V <sub>0</sub>

18. Gjennom en metalltråd med lengde 5.00 m og diameter 2.0 mm går en strøm på 750 mA når en 20 mV spenning legges på. Hva er resistiviteten (Ω · m) for materialet?

A	B	C	D	E
1.68 · 10 <sup>-8</sup>	2.35 · 10 <sup>-8</sup>	6.17 · 10 <sup>-5</sup>	3.71 · 10 <sup>-5</sup>	4.18 · 10 <sup>-2</sup>

19. En lang, hul sylinder av et ledende materiale med indre radius R<sub>1</sub> og ytre radius R<sub>2</sub> (= 2R<sub>1</sub>) leder en strøm I med uniform tetthet. Hvilken graf viser kvalitativt riktig forløp av magnetfelt B sfa. avstanden r fra sylinderaksen?



20. En masse av metall i bevegelse kan bremses opp svært effektivt vha. et lokalt magnetfelt. I figuren er vist et eksempel et roterende hjul med et magnetfelt rettet normalt ut fra tegneplanet. Forklar bremsseffekten ved skisse i figuren og tekst.

