

Fag SIF4006 Fysikk 1
Datateknikk og Komm. teknologi
Kont. eksamen 01.08.01
Løsningsforslag

Oppgave 1

- a) Trinn 1 \rightarrow 2 isochor
Tilstandslign. $pV = nRT$, her: n og V konst.
 $\Rightarrow P_1/T_1 = P_2/T_2$

$$\therefore \underline{P_2 = P_1 (T_2/T_1)}$$

Trinn 2 \rightarrow 3 adiabat

Har: $pV^\gamma = \text{konst.}$ og $p^{1-\gamma} T^\gamma = \text{konst.}$

$$\Rightarrow P_2^{1-\gamma} T_2^\gamma = P_3^{1-\gamma} T_3^\gamma = P_1^{1-\gamma} T_3^\gamma$$

$$\therefore T_3^\gamma = T_2^\gamma (P_2/P_1)^{1-\gamma} = T_2^\gamma (T_2/T_1)^{1-\gamma} \quad \text{fra a)}$$

$$\Rightarrow T_3^\gamma = T_2 \cdot T_1^{\gamma-1}$$

$$\underline{T_3 = T_2^{1/\gamma} \cdot T_1^{(\gamma-1)/\gamma} = T_1 (T_2/T_1)^{1/\gamma}}$$

- b) Trinn 1 \rightarrow 2 Varmestrøm ved konst. volum

$$\underline{Q_H = n c_v' (T_2 - T_1)}$$

Trinn 3 \rightarrow 1 Varmestrøm ved konst. trykk

$$Q_C = n c_p' (T_1 - T_3) = n \gamma c_v' (T_1 - T_1 (T_2/T_1)^{1/\gamma})$$

$$\underline{Q_C = n \gamma c_v' T_1 (1 - (T_2/T_1)^{1/\gamma})}$$

c) Numeriske beregninger

$$\text{I } Q_H = 2.0 \text{ mol} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} (750 - 300) \text{ K}$$

$$\underline{Q_H \approx 18707 \text{ J}}$$

$$Q_C = 2.0 \text{ mol} \cdot 1.4 \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 300 \text{ K} \left(1 - \left(\frac{750}{300}\right)^{\frac{1}{1.4}}\right)$$

$$Q_C = -16135 \text{ J} \quad \Rightarrow \quad \underline{|Q_C| = 16135 \text{ J}}$$

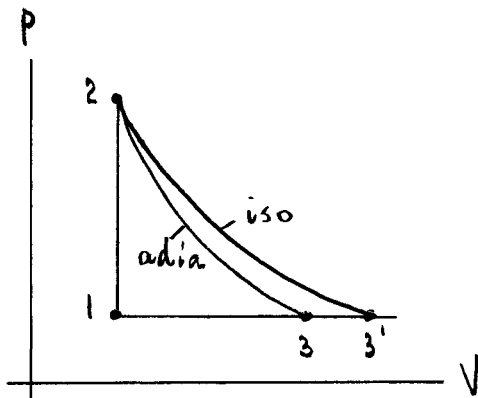
ii 1. lov for prosessen : $\Delta U = -W + Q$

Syklisk prosess : $\Delta U = 0 \Rightarrow W = Q$

$$\underline{W_{\text{net}} = Q_H + Q_C = 2572 \text{ J}}$$

$$\text{iii Virkningsgrad } \underline{\eta = \frac{W_{\text{net}}}{Q_H} = \frac{2572 \text{ J}}{18707 \text{ J}} = 0.137}$$

d)



Isoterm $pV = \text{konst.} \Rightarrow p \propto \frac{1}{V}$

Adiabat $pV^\gamma = \text{konst.} \Rightarrow p \propto \frac{1}{V^\gamma}$

\Rightarrow Isotermen faller langsommere med V fra pkt. 2 enn adiabaten.

Tilstand $3'$ har samme trykk som 3 og 1 . Det betyr at isotropt areal $1-2-3'-1 >$ adiabatisk areal $1-2-3-1$

$$\Rightarrow \underline{W_{\text{iso}} > W_{\text{adia}}}$$

e) Adiabatisk : $\underline{W_{net}} = Q_H + Q_C = \underline{nc'_v(T_2 - T_1) + nc'_p(T_1 - T_3)}$

Isoterm :

$1 \rightarrow 2$ $W = 0$ $Q = \Delta U = nc'_v(T_2 - T_1)$ som adiab. process

$2 \rightarrow 3'$ $\Delta U = 0$ $Q = W = \int_{V_2=V_1}^{V_3'} p dV = nRT_2 \ln(V_3'/V_1)$

$3' \rightarrow 1$ $\Delta U = nc'_v(T_1 - T_{3'}) = -W + nc'_p(T_1 - T_{3'})$
 $\Rightarrow W = n(c'_p - c'_v)(T_1 - T_{3'})$

Har : $T_{3'} = T_2$ (isoterm) og

$$p_2 V_2 \equiv p_2 V_1 = p_1 V_{3'} \Rightarrow V_{3'} = V_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)$$

$$V_{3'} = V_1 \left(\frac{p_1 (T_2/T_1)}{p_1} \right) = V_1 \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

$$\begin{aligned} \underline{W_{net iso}} &= n(c'_p - c'_v)(T_1 - T_{3'}) + nRT_2 \ln(V_{3'}/V_1) \\ &= \underline{n(c'_p - c'_v)(T_1 - T_2) + nRT_2 \ln(T_2/T_1)} \end{aligned}$$

$$W_{net iso} - W_{net adia} = \Delta W =$$

$$\begin{aligned} &n(c'_p - c'_v)(T_1 - T_2) + nRT_2 \ln(T_2/T_1) - [nc'_v(T_2 - T_1) \\ &\quad + nc'_p(T_1 - T_1 (T_2/T_1)^{1/\gamma})] \end{aligned}$$

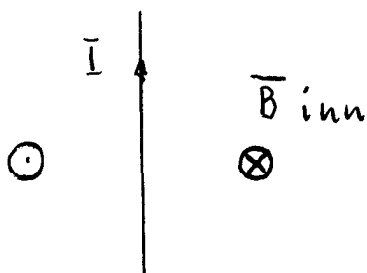
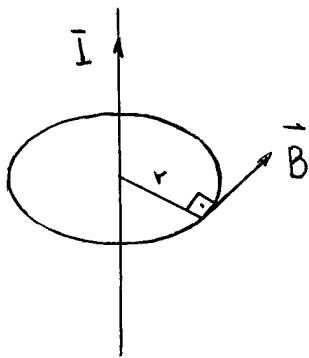
$$\begin{aligned} \Delta W &= nc'_p(T_1 - T_2) - nc'_v(T_1 - T_2) + nRT_2 \ln(T_2/T_1) \\ &\quad + nc'_v(T_1 - T_2) - nc'_p(T_1 - T_1 (T_2/T_1)^{1/\gamma}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta W &= n c_p' (T_1 (T_2/T_1)^{1/8} - T_2) + n R T_2 \ln(T_2/T_1) \\ &= n \cdot \frac{7}{2} R T_2 \left((T_2/T_1)^{1/8} - 1 \right) + n R T_2 \ln(T_2/T_1) \\ \Delta W &= n R T_2 \left[\underbrace{\frac{7}{2} \left((T_2/T_1)^{1/8} - 1 \right)}_A + \underbrace{\ln(T_2/T_1)}_B \right]\end{aligned}$$

For $(T_2/T_1) > 1$: $B > 0$ alltid
 $A < 0$ og $|A| < B$

$\Rightarrow \Delta W > 0$

Oppgave 2

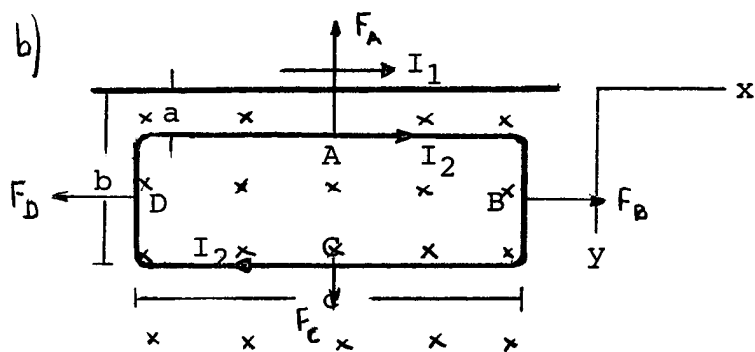


- a) For uendelig lang leder har B-feltet sylindersymmetri \Rightarrow symmetrikrav oppfylt for enkel integrasjon i Ampères lov : $\oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 I_{\text{omsl.}}$

Integrasjonsløyfe : sirkel med vilkårlig valgt radius r
 $\Rightarrow \vec{B} \parallel d\vec{\ell} \Rightarrow \oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = B \oint dl$
 $= B \cdot 2\pi r = \mu_0 I$

$$\Rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Retn. fra H. hands regelen



Kraftvirkning mellom to strømførende ledere i xy -planet, $I_1 \parallel \vec{x}$

$$d\vec{F} = I_2 d\vec{l} \times \vec{B}_1 \quad (1)$$

$$\text{der } B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi y} \quad (2)$$

Fra likn. 2 sees at kreftene på de fire sløyfedelene pga. \vec{B}_1 alle peker ut fra sløyfa

Pga. symmetri er \vec{F}_B og \vec{F}_D like og motsatt rettet
 $\therefore \vec{F}_B + \vec{F}_D = 0 \Rightarrow$ bare \vec{F}_A og \vec{F}_C bidrar.

For konst. avstand y fra I_1 : $F(y) = I_2 c \cdot B_1(y)$

$$\text{Kant A: } B_1(a) = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A} \left(\frac{15 \text{ A}}{0.03 \text{ m}} \right) = 10^{-4} \text{ T}$$

$$\underline{F_A = 5.0 \text{ A} \cdot 0.40 \text{ m} \cdot 10^{-4} \text{ T} = 2.0 \cdot 10^{-4} \text{ N}}$$

$$\text{Kant C: } B_1(b) = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A} \left(\frac{15 \text{ A}}{0.12 \text{ m}} \right) = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$\underline{F_C = 5.0 \text{ A} \cdot 0.40 \text{ m} \cdot 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ T} = 5.0 \cdot 10^{-5} \text{ N}}$$

$$\text{Resultantkraft: } \vec{F}_{\text{res}} = \vec{F}_A + \vec{F}_C$$

$$\text{I } y\text{-retning: } \vec{F}_A \cdot (-\vec{j}) + \vec{F}_C \cdot \vec{j} = -F_A + F_C$$

$$\underline{F_{\text{res}}} = -2.0 \cdot 10^{-4} \text{ N} + 0.5 \cdot 10^{-4} \text{ N} = \underline{-1.5 \cdot 10^{-4} \text{ N}}$$

rettet langs $-\vec{y}$

c) Har $\Phi_B = \int_{\text{overfl.}} \vec{B} \cdot d\vec{A}$

Def. $d\vec{A}$ inn i sløyfeplanet $\therefore d\vec{A} \parallel \vec{B}$ og $dA = x dy$
 da $B \propto 1/y$.

$$\underline{\Phi_B} = \int_a^b \frac{\mu_0 I}{2\pi y} x dy = \underline{\frac{\mu_0 I x}{2\pi} \ln(b/a)}$$

d) Indusert ems i staven

$$\begin{aligned} \varepsilon &= - \frac{d\Phi_B}{dt} = - \frac{d\Phi_B}{dx} \frac{dx}{dt} = - \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln(b/a) \cdot v \\ &= - (2 \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}) 100 \text{ A} \ln(12/3) \cdot 0.5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\varepsilon = -1.39 \cdot 10^{-5} \text{ V}$$

Den induserte strømmen i sløyfa vil motvirke økningen i fluks inne i sløyfa (Lenz lov) \Rightarrow I_{ind} vil gå i retning mot urviseren

$$\underline{I_{\text{ind}}} = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{1.39 \cdot 10^{-5} \text{ V}}{0.25 \Omega} = \underline{5.55 \cdot 10^{-5} \text{ A} = 55.5 \mu\text{A}}$$

e) Staven påvirkes av ei kraft $\vec{F}_B = I_{\text{ind}} \int d\vec{l} \times \vec{B} = I_{\text{ind}} (b-a) B$ mot bev. retningen. For å overvinne denne krafta må det til en like stor og motsatt rettet kraft \vec{F}_e som motsvarer en effekt $P_e = \vec{F}_e \cdot \vec{v}$. Effekten (energi/tid) går tapt som varmeeffekt $P = I_{\text{ind}}^2 R$ gjennom den ohmske resistansen R i kretsen.

Oppgave 3

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

1. Ei fjær henger fra et feste i taket. Et lodd med masse 25 g henges opp i fjæra som da tøyser seg 14 cm. Hva vil perioden (s) bli for fri, udeampete oscillasjoner av dette systemet?

A	B	C	D	E
52.6	1.33	0.75	0.53	0.02

2. Systemet i pkt. 1) svinger med amplitude A. Amplituden blir så fordoblet. Anta at svingeperioden for amplitude A var T. Hva blir den nye svingeperioden T'?

A	B	C	D	E
2T	T√2	T	T√1/2	T/2

3. En streng med masse 35 g er festet i begge ender, lengden er 1.25 m. Strekkspenningen er 290 N. Hva blir fundamentalfrekvensen (Hz) for strengen?

A	B	C	D	E
1.14	40.7	81.4	280.5	440

4. En lydkilde med effekt 10 W stråler ut lyd i alle retninger. Hvor langt unna kilden (m) vil lydintensiteten være 80 dB? Lydintensitet $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$, der $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

A	B	C	D	E
5	21	89	137	1330

5. To stemmegaffer, den ene med svingefrekvens $f_1 = 440 \text{ Hz}$, den andre med svingefrekvens $f_2 = 444 \text{ Hz}$ gir en hørbar svevning med pulsfrekvens $f_{\text{puls}} = |f_1 - f_2| = 4 \text{ Hz}$. Ved å utnytte Dopplereffekten er det mulig å lage et arrangement slik at en lytter vil høre en identisk tone fra de to stemmegaffene. Beskriv et enkelt skjema for hvordan dette kan gjøres.

Belgebilde - mottaker mot hverandre => høyere frek.
fra - - - - - => lavere
 To praktiske arrangementer for å oppheve svevning:
A. stemmegaffel 2 i ro hos observatør
1 i bev. mot - - - - -
B. stemmegaffel 1 i ro hos observatør
2 i bev. fra - - - - -

6. En mann trekker stramt et tau som er festet i den ene enden og gir det en enkelt puls som vandrer bortover tauet. Pulsen har Gaussisk form: $z(x,t) = z_0 \exp[-(x-vt)^2/\alpha^2]$. Sett $v = 5 \text{ m/s}$ og $\alpha = 0.1 \text{ m}$. Hvor ligger maksimum i pulsen etter 2 s, regnet i m fra startposisjonen?

A	B	C	D	E
500	50	25	10	0.5

7. En sylinder med et tett, bevegelig stempel inneholder en viss mengde gass ved $p = 1 \text{ atm}$. og $T = 20^\circ \text{ C}$. Det tilføres varme inntil volumet har økt med 70%, trykket er konstant = 1 atm. Hva er den nye temperaturen i $^\circ \text{ C}$?

A	B	C	D	E
450	225	112	68	34

8. Isbiter som tas ut av fryseren og oppbevares ved romtemperatur vil holde seg frosne lenger hvis de pakkes inn i en fuktig klut. Forklar hvorfor.

Vannet i kluten vil fordamppe ytterhvert.
Fordampingsvarmen tas fra de nærmeste omgivelsene, dvs. luften omkring og isbitene.
Varmetapet fra isbitene vil forsinke smelteprosessen. Vannet vil dessuten være kjøligere enn luften omkring. Det reduserer også varmeflytningen.
10 l O₂ oppbevares ved NTP (T = 273.15 K, p = 1.013 · 10⁵ Pa). O₂ har molar varmekapasitet c_v = 4.97 cal/mol·K. Hvor stor varmenegde (J) må tilføres for å få en fordobling av trykket når volumet holdes konstant?

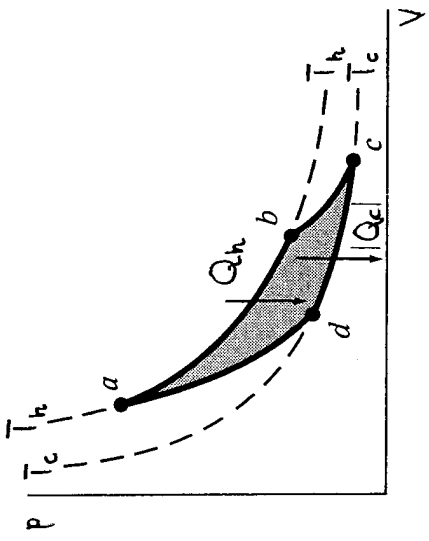
A	B	C	D	E
20.8	250	605	2.5 · 10 ⁵	1.8 · 10 ⁵

10. Gjør rede for ekvipartisjonsprinsippet for energi.

Hver frihetsgrad hos et molekyl bidrar i middelt bilst og med beløpet ½ kT til midlere total energi <E_{tot}> = f · ½ kT der f = # frihetsgrader.

11. 1 mol N_2 -gass oppbevares ved $T = 295$ K. Hva er indre energi (U) for gassen?
- | | | | | |
|------------------|------------------|------|------|------|
| A | B | C | D | E |
| $8.3 \cdot 10^5$ | $3.7 \cdot 10^4$ | 8300 | 6130 | 3680 |

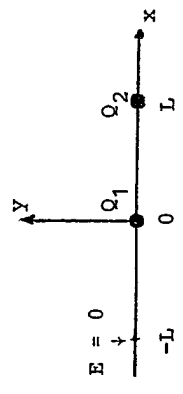
12. En Carnot-maskin opereres mellom to termiske reservoarer med temperatuene T_h og T_c . Vis Carnot-prosessen i et pV -plott og angi spesielt varmestrømmen Q (med retning) i de forskjellige trinn av prosessen.



13. En ideell diatomær gass brukes som fluid i en Carnot-maskin med $T_h = 405$ K og $T_c = 150$ K. Under den isoterme ekspansjonen faller trykket med en faktor 2. Hva er forholdet mellom maksimalt og minimalt volum (V_{\max}/V_{\min})?

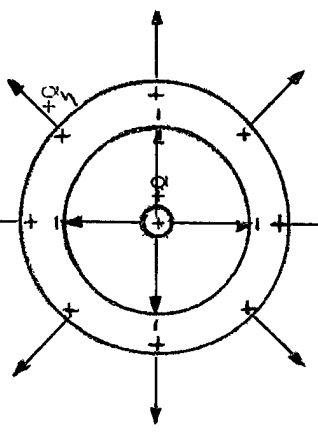
A	B	C	D	E
60	24	12	2.7	0.5

14. To punktladninger Q_1 og Q_2 ligger på x -aksen fiksert i en avstand L fra hverandre. Koordinatene er som vist i figuren. I punktet $x = -L$ er elektrisk felt $E = 0$. Hvilken relasjon er det mellom Q_1 og Q_2 ?

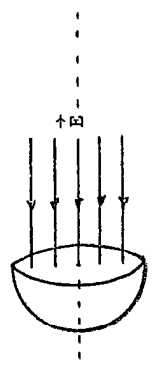


A	B	C	D	E
$Q_1 = \frac{Q_2}{2}$	$Q_1 = \frac{Q_2}{4}$	$Q_1 = -4Q_2$	$Q_1 = -\frac{Q_2}{4}$	$Q_1 = -2Q_2$

15. Vis i figuren de elektriske feltlinjene for tilfellet en punktladning $+Q$ plassert i sentrum av en hul sfærisk leder som også har ladning $+Q$.

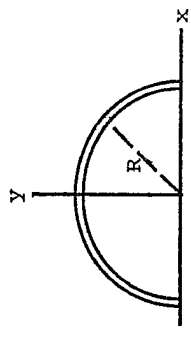


16. Et uniformt felt faller inn mot et halvkuleformet skall langs symmetriaksen, som vist. Kuleradius er r . Fluksen Φ_E gjennom halvkuleflata er:



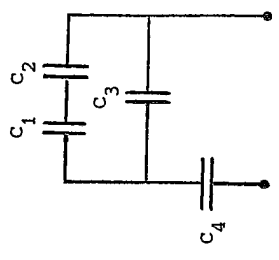
A	B	C	D	E
πr^2	$E(4/6)\pi r^3$	$E 4\pi r^2$	$E 2\pi r^2$	$E 2\pi r^2$

17. En halvsirkel med radius R har en homogen ladningstetthet λ . Halvsirkelen har sitt sentrum i origo i et koordinatsystem. Hva er potensialet i origo?



A	B	C	D	E
$\lambda/4\epsilon_0$	$\lambda/2\epsilon_0$	$(\lambda/4\pi\epsilon_0)\ln R$	0	λ/R

18. I kondensatornettet i figuren er $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C$.



Hva er resultantkapasitansen C_e ?

A	B	C	D	E
C	$3C/5$	$5C/3$	$8C/3$	$4C$

19. En strøm av partikler med ladning q og masse m faller normalt inn på gjensidig ortogonale E og B -felter, og går videre uten å bli avbøyd.

Hvilken hastighet har partiklene?

A	B	C	D	E
EB/q	qB^2/m	B/E	E/B	EB/m

20. En lang, hul sylinder av et ledende materiale med indre radius R_1 og ytre radius R_2 ($= 2R_1$) leder en strøm I med uniform tetthet i lederen. Hvilken graf viser kvalitativt riktig forløp av magnetfelt B sfa. avstanden r fra sylinderaksen?

