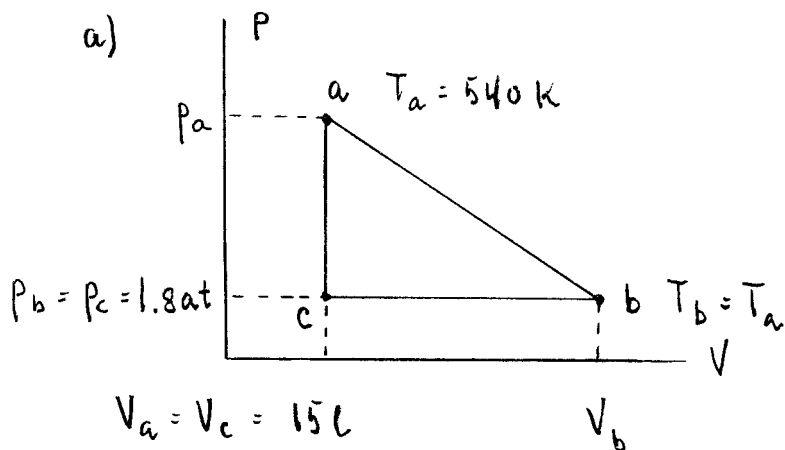


Fag SIF4006 Fysikk 1
Datateknikk og Komm. teknologi
Eksamen 13. des. 2000
Løsningsforslag

Oppgave 1

Gitt : $c_v' = 5R/2$, $n = 2.4 \text{ mol}$

$T_b = T_a = 540 \text{ K}$, $p_c = p_b = 1.8 \text{ atm}$, $V_a = V_c = 15 \text{ l}$



b) p_a av ideell gasslov $pV = nRT$

$$p_a V_a = nRT_a \Rightarrow p_a = \frac{nRT_a}{V_a}$$

$$p_a = \frac{2.4 \text{ mol} \cdot 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K} \cdot 540 \text{ K}}{15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$\underline{p_a = 7.18 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 7.18 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

$$= \frac{7.18 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa/atm}} = \underline{7.1 \text{ atm}}$$

For tilstandene a og b :

$$p_a V_a = nRT_a = p_b V_b \quad \text{da } T_b = T_a$$

$$\Rightarrow V_b = \left(\frac{p_a}{p_b}\right) V_a = \frac{7.1 \text{ atm.}}{1.8 \text{ atm.}} 15 \text{ l}$$

$$\underline{V_b = 59.1 \text{ l} = 5.91 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

For tilstandene b og c :

$$p_b V_b = n R T_b \quad p_c V_c = n R T_c$$

$$\text{da } p_b = p_c \Rightarrow \frac{T_c}{V_c} = \frac{T_b}{V_b}$$

$$T_c = \left(\frac{V_c}{V_b}\right) T_b = \frac{15.0 \text{ l}}{59.1 \text{ l}} 540 \text{ K}$$

$$\underline{T_c = 137 \text{ K}}$$

c) Forandring i indre energi $\Delta U_{12} = n c'_V (T_2 - T_1)$

$$a \rightarrow b : \Delta U_{ab} = 2.4 \text{ mol} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K} (T_b - T_a) = \underline{0}$$

$$b \rightarrow c : \Delta U_{bc} = 2.4 \text{ mol} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K} (137 - 540) \text{ K} = \underline{-20103 \text{ J}}$$

$$c \rightarrow a : \Delta U_{ca} = 2.4 \text{ mol} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K} (540 - 137) \text{ K} = \underline{20103 \text{ J}}$$

$$\Delta U_{\text{tot}} = \sum_i \Delta U_i = \underline{0}$$

Resultatene for prosessen $a \rightarrow b$ og for den sykliske totalprosessen kan forutsies fordi $\Delta U = \Delta U(T)$, en tilstandsvariabel avhengig av T .

d) Arbeid $W = p \Delta V$ evt. $\int p dV$

$$a \rightarrow b : W = \int_a^b p dV = \frac{1}{2} (p_a + p_b) (V_b - V_a)$$

rettlinjett

$$W_{ab} = \frac{1}{2} (7.18 + 1.8 \cdot 1.013) \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 (59.1 - 15) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\underline{W_{ab} = 19853 \text{ Nm} = 19853 \text{ J}}$$

$W > 0$: arbeid utført av gassen

$$b \rightarrow c : W = \int_b^c p dV = p_b (V_c - V_b)$$

isobar

$$W_{bc} = 1.8 \cdot 1.013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 (15 - 59.1) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\underline{W_{bc} = -8041 \text{ J}}$$

$W < 0$: arbeid utført på gassen

$$c \rightarrow a : \underline{W} = \int_c^a p dV = \underline{0} \text{ fordi } \Delta V = 0$$

isochor

e) I Netto arbeid utført av gassen

$$W_{\text{net}} = W_{ab} + W_{bc} = 19853 \text{ J} - 8041 \text{ J}$$

$$\underline{W_{\text{net}} = 11812 \text{ J}}$$

II Q_{net} av 2. lov for hele prosessen

$$\Delta U = 0 = -W + Q \Rightarrow Q = W$$

$$\underline{Q_{\text{net}} = W_{\text{net}} = 11812 \text{ J}}$$

$Q > 0$: varme tilført prosessen

f) Antar $a \rightarrow b$ isoterm. Den rette linje i pV-plottet skjærer gjennom isoterme i disse to punktene

siden $T_a = T_b$. Mellom a og b ligger isotermin under den rette linja

Det medfører at : $W_{ab \text{ iso}} < W_{ab \text{ rettl.}}$

Da $\Delta U_{ab} = 0 \Rightarrow Q_{ab} = W_{ab} \Rightarrow$ også $Q_{ab \text{ iso}} < Q_{ab \text{ rettl.}}$

De to andre delprosessene er ikke berørt : ΔU , W og Q er uforandret for dem.

Resultat : $W_{\text{net iso}} < W_{\text{net rettl.}}$

$Q_{\text{net iso}} < Q_{\text{net rettl.}}$

ΔU er uforandret (bare avh. av T)

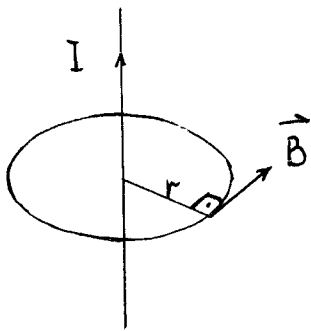
$$\text{Ber. av } W_{ab \text{ iso}} = nRT_a \int_{V_a}^{V_b} \frac{dV}{V} = nRT_a \ln(V_b/V_a)$$

$$W_{ab \text{ iso}} = 2.4 \text{ mol} \cdot 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K} \cdot 540 \text{ K} \ln\left(\frac{59.1}{15}\right)$$

$$= 14774 \text{ J} \quad \text{sml. } 19853 \text{ J} \text{ for } W_{ab \text{ rettl.}}$$

Oppgave 2

a)



Ampères lov kan brukes i dette tilfellet : uendelig lang leder

$\rightarrow \vec{B}$ i plan $\perp \vec{I}$

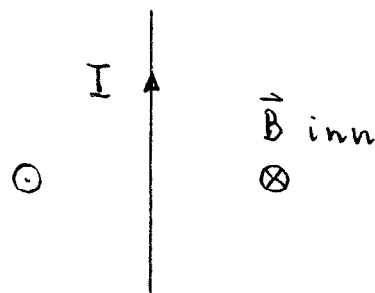
Ampères lov : $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{omsl}}$

Integrasjonsløype : sirkel med

vilkårlig valgt radius $r \Rightarrow \vec{B} \parallel d\vec{l}$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \oint dl = B \cdot 2\pi r = \mu_0 I$$

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

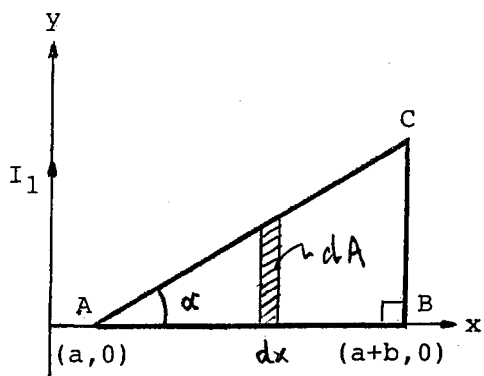


Retning av H . hands regelen

b) Magnetisk fluks : $\Phi_B = \int_{\text{overfl.}} \vec{B} \cdot d\vec{A}$

Fra a) har B sfa. r ($= x$ her). Må uttrykke A sfa. x

Har $dA = y dx = (x-a) \tan 30^\circ dx = \frac{1}{\sqrt{3}} (x-a) dx$



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

Def. $d\vec{A}$ inn i tegneplan
 $\therefore \vec{B} \parallel d\vec{A}$

\Rightarrow pos. integrasjonsretn.: $A \rightarrow C \rightarrow B$

$$\Phi_B = \int_a^{a+b} \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} \frac{1}{\sqrt{3}} (x-a) dx = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi \sqrt{3}} \Big|_a^{a+b} [x - a \ln x]$$

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

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

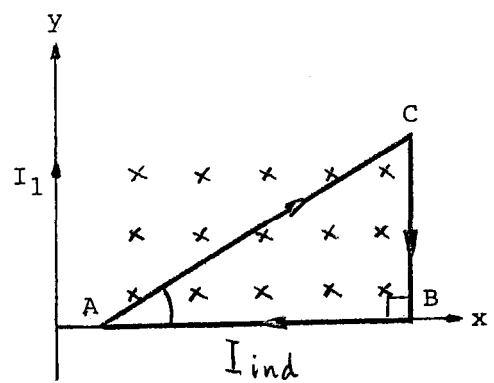
c) Indusert ems $\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$ der $I_1 = I_1(t) = I_0 e^{-t/\tau_0}$

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dI_1} \frac{dI_1}{dt} = - \frac{\mu_0}{2\pi \sqrt{3}} \left[b - a \ln \left(\frac{a+b}{a} \right) \right] \frac{dI_1}{dt}$$

$$\frac{dI_1}{dt} = I_0 \cdot e^{-t/\tau_0} \cdot -\frac{1}{\tau_0}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{\epsilon = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi\sqrt{3}\tau_0} [b - a \ln(\frac{a+b}{a})] \cdot e^{-t/\tau_0}}}$$

II $I_1 = I_0 e^{-t/\tau_0}$; I_1 avtar med $t \Rightarrow \Phi_B$ rettet inn i tegneplanet avtar \Rightarrow induisert strøm i sløyfa I_{ind} har en retning som vil motvirke reduksjonen i Φ_B (Lenz lov)
 ; \vec{B}_{ind} har samme retning som \vec{B}_1



\Rightarrow retning av I_{ind} : $A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$

d) I sløyfa beveger seg langs \vec{x}
 ; pkt. A har var. avstand x fra ledningen, B har avstand $x+b$. Magnetisk flux:
 $\Phi_B(x) = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi\sqrt{3}} [b - x \ln(\frac{x+b}{x})]$

x endres $\Rightarrow B(x)$ endres \Rightarrow induisert emf ϵ

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

$$= - \frac{\mu_0 I_1}{2\pi\sqrt{3}} \left[- \left(1 \ln\left(\frac{x+b}{x}\right) + x \frac{1}{\left(\frac{x+b}{x}\right)} \left(\frac{x - (x+b)}{x^2} \right) \right) \right] \frac{dx}{dt}$$

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

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

$\varepsilon > 0$ da $\ln\left(\frac{x}{x+b}\right) < 0$ og $\left|\ln\left(\frac{x}{x+b}\right)\right| > \frac{b}{x+b}$ for alle x

II Når $x \rightarrow \infty$ vil innholdet i parentesen $[] \rightarrow 0$
 $\Rightarrow \underline{\varepsilon \rightarrow 0}$

e) I retning langs lederen er det ingen forandring i fluks for et gitt punkt på lederløyfa

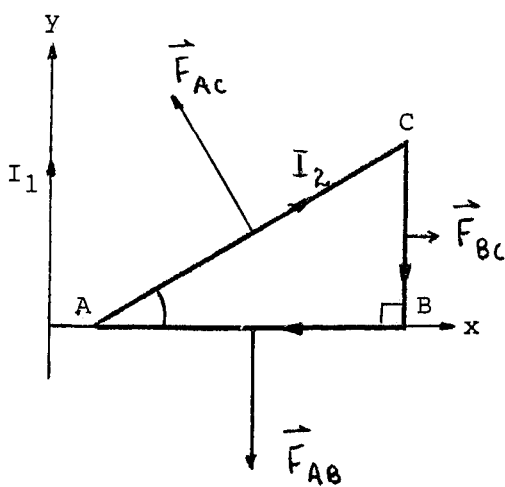
$$\therefore \underline{\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = 0}$$

Alternativt: Indusert ems i lengdene AB og AC legger punkt A på et konstant høyere potensial enn punktene B og C som vil ha likt (og lavere) potensial. Det gir ingen netto ems for strømvandring i løyfa

II Da $\varepsilon = 0 \Rightarrow \underline{I_{ind} = 0}$

f) Kraftvirkning av magnetfelt satt opp av I_1 på strømførende leder

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} \quad \text{og} \quad d\vec{F} = I_2 d\vec{l} \times \vec{B}_1$$



I langs AB: $dl = dx$

$$F_{AB} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \int_a^{a+b} \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right)$$

$$= \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A} \cdot 20\text{A} \cdot 10\text{A}}{2\pi} \ln 10$$

$$\underline{F_{AB} = 9.2 \cdot 10^{-5} \text{ TmA} = 9.2 \cdot 10^{-5} \text{ N}}$$

Retning som vist i fig.

$\rightarrow F_{AB}/\cos\alpha$

Langs AC: $dl = dx/\cos\alpha$

$$F_{AC} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi \cos\alpha} \int_a^{a+b} \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi \cos\alpha} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right) \Rightarrow \underline{F_{AC} = 10.6 \cdot 10^{-5} \text{ N}}$$

Langs BC : $d\vec{l} \parallel -\vec{y}$

$$F_{BC} = I_2 \ell B_1 = I_2 \cdot b \tan \alpha \cdot \frac{\mu_0 I}{2\pi(a+b)} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \frac{b \tan \alpha}{a+b}$$

$$\underline{F_{BC} = 2.1 \cdot 10^{-5} \text{ N}}$$

- II Kvalitativt argument: Hjørnene B og C ligger i samme avstand fra lederen, dvs. har det samme feltet, og krafta F_{AB} er like stor som og motsatt rettet y-komponenten av F_{AC} ($= \frac{F_{AB}}{\cos \alpha} \cdot \cos \alpha$). y-komponenten av kanten AC er lik BC, men den første ligger i middel nærmere lederen \Rightarrow x-komponenten av krafta $F_{AC} > F_{BC}$
 \Rightarrow netto kraft inn mot lederen

Beregninger av resultantkraft \vec{F}_{res}

$$\vec{F}_{res} = \vec{F}_{AB} + \vec{F}_{AC} + \vec{F}_{BC}$$

I y-retning:

$$\vec{F}_{AB} \cdot \vec{j} + \vec{F}_{AC} \cdot \vec{j} = -F_{AB} + F_{AC} \cos \alpha = -F_{AB} + \frac{F_{AB}}{\cos \alpha} \cos \alpha = 0$$

I x-retning:

$$\begin{aligned} \vec{F}_{AC} \cdot (-\vec{i}) + \vec{F}_{BC} \cdot \vec{i} &= -F_{AC} \sin \alpha + F_{BC} \\ &= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \left[-\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right) + \frac{b \tan \alpha}{a+b} \right] \\ &= \frac{\mu_0 I_1 I_2 \tan \alpha}{2\pi} \left[\frac{b}{a+b} - \ln\left(\frac{a+b}{a}\right) \right] = F_{res} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \underline{F_{res} = -3.2 \cdot 10^{-5} \text{ N}} \quad \text{- rettet inn mot lederen}$$

Oppgave 3

Svar korr. 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	<input checked="" type="radio"/> 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	<input checked="" type="radio"/> 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.

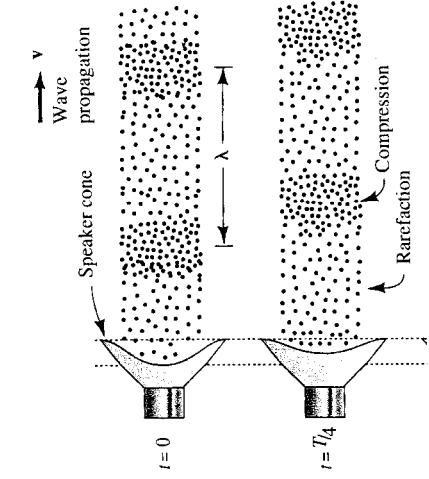
En harm. oscill. med egenfrekvens ω_0 kan settes i tvungne svingninger med frekvens ω . Amplituden av de tvungne svingningene (energi-overføring) øker når differansen $|\omega - \omega_0|$ avtar og øker også med avtakende demping (liten demp.koeff. b.). Den har et max. når $\omega = \omega_0$. Dette er resonans.

Eks.: svingende ligener på målestokk, eks. pendel huske, hengesbra flytende dupp i bøldeangreide På nanoskala: vibr. molekyl ill. molekylfragmenter (IR: spinn.)

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?

A	B	<input checked="" type="radio"/> C	D	E
70	104	140	280	440

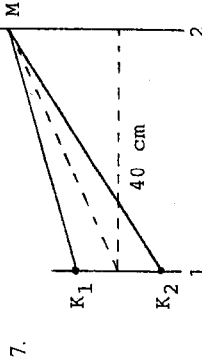
5. Forklar vha. figur og tekst hvordan lydølger i luft kan oppstå ved en bølgekilde og bevege seg i rommet. Angi hvilken type av bølger dette er og marker bølgelengden.



Den svingende membranen (kildens) overfører energi til de nærmeste luftmolekylene. Avhengig av svingretningen skapes regelmessige fortetninger og fortynninger av molekylene med samme frekvens som membranen. Disse pulsene forplanter seg som longitudinale bølger i rommet.

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	<input checked="" type="radio"/> 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	<input checked="" type="radio"/> C	D	E
0.8	3.25	6.5	12.95	42.0

8. En skål av kopper (Cu) med volum 1500 cm³ 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 (cm³) vil renne over når systemet varmes opp fra 20 til 50 °C?

A	B	C	<input checked="" type="radio"/> D	E
0	1.5	3.5	7	21

som kjøles ned og væske fordampes. Ny syklus starter i kompressoren der arbeidet vil bli gjort på midiet.

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

A	B	C	D	E
12	60	76	118	240

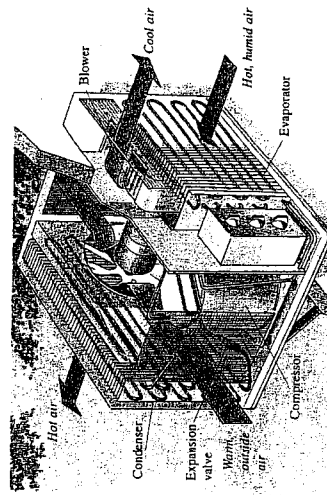
10. Under en adiabatisk transformasjon av en ideell gass øker trykket med en faktor 5 mens volumet avtar med en faktor 3.5. Hva er forholdet C_v/C_p ?

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.



Arbeidsmedium: kjølevæske/damp, likevekt. I kompressoren skjer en adiabatisk kompresjon \Rightarrow p og T øker, midt i tar opp varme og fordampes delvis. I kondensoren (utendørs) skjer en adiabatisk ekspansjon \Rightarrow p og T avtar, midt i kjøles og går inn i fordampereolen (innendørs). Der tas opp varme Q_{el} fra luften i rommet. Det går så til ekspansjonsventilen der det skjer en adiabatisk ekspansjon \Rightarrow p og T avtar, midt i kjøles og går inn i fordampereolen (innendørs). Der tas opp varme Q_{el} fra luften i rommet.

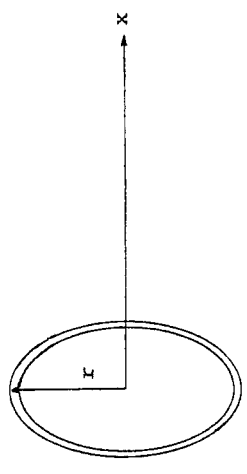
13. Smelting av is til vann representerer en økning av entropien. Forklar hvorfor.

Entropi uttrykker grad av uorden i et system. Når is smelter går molekylene av H_2O over fra å tilhøre en ordnet 3-dim struktur til å være i relativt vilkårlig bevegelse. Grad av uorden øker.

Hva blir entropiøkningen ΔS (J/K) når tilstrekkelig varme tilføres for å smelte 40 g is ved 0°C til vann ved 0°C . Latent smeltevarme for is er 334 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 terning med sidekant $2r$. Fluksen Φ_E gjennom terningflatene:

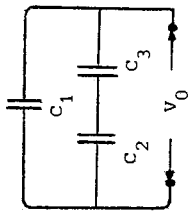
A	B	C	Blir uforandret
Øker som $6:\pi$	Avtar som $\pi:6$		

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 $a = \infty$.

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 kondensatortett i figuren er $C_1 = C/2$, $C_2 = 3/4 C$, og $C_3 = C$. Spenningen over hele nettet er V_0 . En ønsker å uttrykke spenningen over C_2 (V_2) og C_3 (V_3) ved V_0 . Hvilket av forslagene under er riktig?

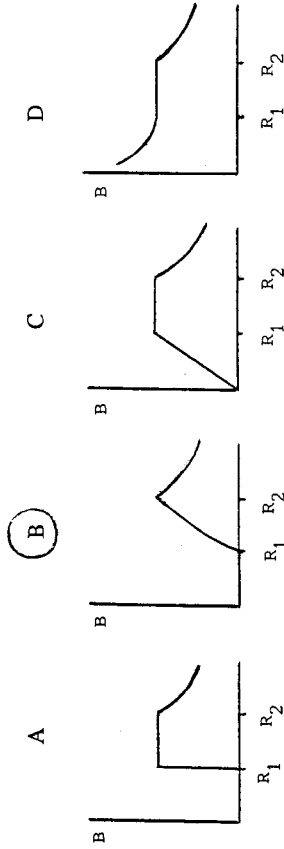
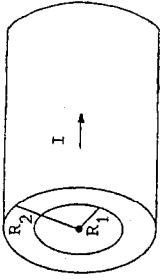


A	B	C	D	E
$V_2 = V_3 = V_0$	$V_2 = 3/4 V_0$ $V_3 = V_0$	$V_2 = 4/7 V_0$ $V_3 = 3/7 V_0$	$V_2 = 6/7 V_0$ $V_3 = 8/7 V_0$	$V_2 = 3/8 V_0$ $V_3 = 5/8 V_0$

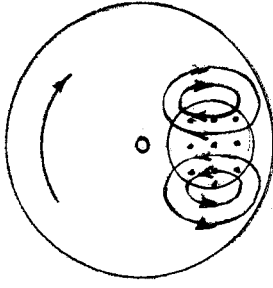
A	B	C	D	E
$1.68 \cdot 10^{-8}$	$2.35 \cdot 10^{-8}$	$6.17 \cdot 10^{-5}$	$3.71 \cdot 10^{-5}$	$4.18 \cdot 10^{-2}$

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 ($\Omega \cdot m$) for materialet?

19. 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. 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 som eksempel et roterende hjul med et magnetfelt rettet normalt ut fra tegneplanet. Forklar bremseeffekten ved skisse i figuren og tekst.



Når sliwa med elektroner

roterer gjennom B -feltet viser H.øands regelen at det blir en konvergensjonnell strøm rettet oppover innenfor B -feltet: $\vec{F}_i = q\vec{v} \times \vec{B}$ (er nedover utenfor feltet). B -feltet og induiserte strøm resulterer også i ei kraft: $\vec{F}_2 = I\vec{L} \times \vec{B}$, og denne krafta er rettet mot rotasjonen: \therefore bremsekraft