Fag SIF4006/4009 Fysikk
Datateknikk og Komm.teknologi
Eksamen 12.des.2001
Løsningsforslag

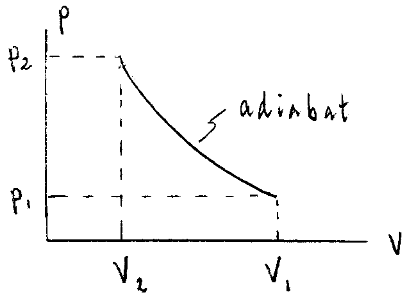
Oppgave 1

a) Antall mol n av ideell gasslov $pV = nRT$

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{1.013 \cdot 10^5 \, N/m^2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \, m^3}{8.314 \, J/mol \cdot K \cdot 293 K}$$

$\underline{n = 0.208 \text{ mol}}$

b)



Ukjent sluttrykk p_2 av adiabatlikn. $pV^\gamma = \text{konst}.$

$V_1 = 5.0 \, l$, $V_2 = 3.0 \, l$, $p_1 = 1 \text{ atm.}$, $p_2 = ?$

$$\gamma = c_p'/c_v' = \frac{5R/2 + R}{5R/2} = 7/5 \quad (\text{oppgitt})$$

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \quad \Rightarrow \quad p_2 = p_1 \left(V_1/V_2 \right)^\gamma$$

$$p_2 = 1 \text{ atm.} \left(\frac{5.0}{3.0} \right)^{1.4} \quad \Rightarrow \quad \underline{p_2 = 2.04 \text{ atm}}$$

Sluttemp. T_2 av adiabatlikn.: $TV^{\gamma-1} = \text{konst}$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \quad \Rightarrow \quad T_2 = T_1 \left(V_1/V_2 \right)^{\gamma-1}$$

$$\underline{T_2} = 293 K \left(\frac{5.0}{3.0} \right)^{0.4} = \underline{359.4 \text{ K}} \quad \text{d.v.s.: } \underline{t_2 = 86.3 \, °C}$$

c) Utført arbeid ved kompresjonen W_{12} av termodyn. 1. lov: $\Delta U = -W + Q$

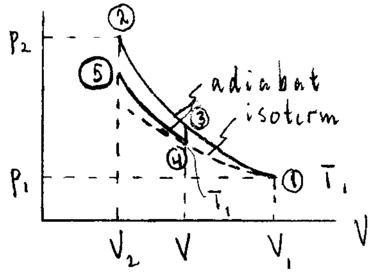
Adiabatisk prosess: $Q = 0 \quad \Rightarrow \quad W = -\Delta U$

$$W = -\Delta U = -n c_v' (T_2 - T_1) = -n c_v' T_1 \left(\left(V_1/V_2 \right)^{\gamma-1} - 1 \right)$$

$$= -0.208 \text{ mol} \cdot 5/2 \cdot 8.314 \, J/mol \cdot K \cdot 293 K \left(\left(\frac{5.0}{3.0} \right)^{0.4} - 1 \right)$$

$\underline{W = -287 \text{ J}}$ (utført på gassen)

d)



1-2 : adiabat

Tre-trinns prosess

1-3 : adiabat
3-4 : isochor og $T_4 = T_1$
4-5 : adiabat til vol. $= V_2$

$p_5 < p_2$

e) Totalt arbeid i tre-trinns prosessen:

$$W_{tot3} = W_{13} + W_{34} + W_{45}$$

$$W_{13} = -\Delta U_{13} = -nc_v'(T_3 - T_1)$$
$$W_{34} = 0 \quad (\Delta V = 0)$$
$$W_{45} = -\Delta U_{45} = -nc_v'(T_5 - T_4) = -nc_v'(T_5 - T_1)$$

Temp. T_3 og T_5 fra adiabatlikn. $TV^{\gamma-1}$ = konst.

$$T_1V_1^{\gamma-1} = T_3V^{\gamma-1} \quad \Rightarrow \quad T_3 = T_1\left(V_1/V\right)^{\gamma-1}$$

$$T_1V^{\gamma-1} = T_5V_2^{\gamma-1} \quad \Rightarrow \quad T_5 = T_1\left(V/V_2\right)^{\gamma-1}$$

$$W_{tot3} = W_{13} + W_{45} = -nc_v'\left[(T_3 - T_1) + (T_5 - T_1)\right]$$
$$= -nc_v'\left[T_1\left(\left(V_1/V\right)^{\gamma-1} - 1\right) + T_1\left(\left(V/V_2\right)^{\gamma-1} - 1\right)\right]$$

$$\underline{W_{tot3}} = \underline{-nc_v'T_1\left[\left(V_1/V\right)^{\gamma-1} + \left(V/V_2\right)^{\gamma-1} - 2\right]}$$

f) I Minimum av W_{tot} ved å sette $\frac{dW_{tot3}}{dV} = 0$

eller $d[\ldots]/dV = 0$

$$d[\ldots]/dV = \left[V_1^{\gamma-1}\cdot(1-\gamma)V^{-\gamma} + V_2^{1-\gamma}\cdot(\gamma-1)V^{\gamma-2}\right] = 0$$

Mult. med V^{γ} =>

$$\left[V_1^{\gamma-1}(1-\gamma) + V_2^{1-\gamma}(\gamma-1)V^{2\gamma-2}\right] = 0$$

$$V^{2\gamma-2}(\gamma-1)V_2^{1-\gamma} = -(1-\gamma)V_1^{\gamma-1} = (\gamma-1)V_1^{\gamma-1}$$

$$V^{2\gamma-2} = \frac{V_1^{\gamma-1}}{V_2^{1-\gamma}} = (V_1V_2)^{\gamma-1}$$

$$V^2 = V_1V_2 \quad ɔ: \; V = \sqrt{V_1V_2}$$

$$\underline{V} = \sqrt{5\cdot 3}\; l = \underline{3.87\; l}$$

$$\frac{d^2[\ldots]}{dV^2} < 0 \text{ for } V = \sqrt{15}$$

ɔ: <u>$V = 3{,}87\; l$ tilsv. et minimum i W</u>

II Fra c) $W_{tot1} = -nc_v'T_1\left[\left(V_1/V_2\right)^{\gamma-1} - 1\right]$

For å finne rel. forandring i W kan vi se på innholdet i [ ] i uttrykkene for W i de to tilfellene og sette inn for $V = \sqrt{15}\; l$

1-trinn: $[\;] = \left(5.0/3.0\right)^{0.4} - 1 = 0.22670$

3-trinn: $[\;] = \left(5.0/\sqrt{15}\right)^{0.4} + \left(\sqrt{15}/3.0\right)^{0.4} - 2 = 0.21513$

$W_{tot3}/W_{tot1} = 0{,}949$ ɔ: <u>5% reduksjon av arbeid</u>

Oppgave 2

strømtetthet i rørlederen ($R_2 \le r \le R_1$) :

$$\vec{J}(r) = \frac{2 I_0}{\pi (R_3^4 - R_2^4)} r^2 \hat{i}$$

a) I Total strøm i røret I_{tot}

$$I_{tot} = \int_{overfl} \vec{J} \cdot d\vec{A} = \int_{r=R_2}^{r=R_3} \frac{2 I_0 r^2}{\pi (R_3^4 - R_2^4)} \cdot 2\pi r \, dr = \frac{4 I_0}{(R_3^4 - R_2^4)} \int_{R_2}^{R_3} r^3 dr$$

$$= \frac{4 I_0}{(R_3^4 - R_2^4)} \Big|_{R_2}^{R_3} \frac{r^4}{4} = I_0 \frac{(R_3^4 - R_2^4)}{(R_3^4 - R_2^4)} = I_0$$

$\underline{I_{tot} = I_0}$ qed

II Sylinder som transporterer halve strømmen $I_0/2$ har begrensende radier $R_2 - r_c$ (eller $r_c - R_3$)
Får samme integral som under I :

$$I' = \int_{R_2}^{r_c} \frac{2 I_0 r^2}{\pi (R_3^4 - R_2^4)} \cdot 2\pi r \, dr = I_0/2$$

$$\Rightarrow \frac{4 I_0}{(R_3^4 - R_2^4)} \Big|_{R_2}^{r_c} \frac{r^4}{4} = I_0 \frac{(r_c^4 - R_2^4)}{(R_3^4 - R_2^4)} = I_0/2$$

$$r_c^4 = 0.5 (R_3^4 - R_2^4) + R_2^4 = 0.5 (R_3^4 + R_2^4)$$

$$\underline{r_c = [0.5 (R_3^4 + R_2^4)]^{1/4}}$$

Innsatt for $R_2 = 3$ mm, $R_3 = 4$ mm

$$r_c = [0.5 (4^4 + 3^4)]^{1/4} = 168.5^{1/4} \text{ mm}$$

$$\underline{r_c = 3.60 \text{ mm}}$$

b) I Ampères lov : $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{omsl}$

Linjeintegralet omslutter total strøm som gir opphav til feltet $\vec{B}$. Her er naturlig integrasjonsvei en sirkel med sentrum i sylinderaksen og radius r

Da $\vec{B} \parallel d\vec{s} \Rightarrow \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = B \int_0^{2\pi r} ds = B \cdot 2\pi r$

$\underline{r < R_2}$

$I_{omsl} = 0 \Rightarrow \underline{B = 0}$

$\underline{R_2 \le r \le R_3}$

$$\mu_0 I_{omsl} = \mu_0 \int_{R_2}^{r} \frac{2 I_0}{\pi (R_3^4 - R_2^4)} 2\pi r \, dr = \mu_0 I_0 \frac{(r^4 - R_2^4)}{(R_3^4 - R_2^4)}$$

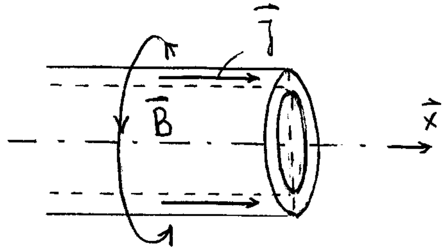
$$\Rightarrow \underline{B = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi r} \frac{(r^4 - R_2^4)}{(R_3^4 - R_2^4)}}$$

$\underline{r > R_3}$

$\mu_0 I_{omsl} = \mu_0 I_0 \Rightarrow \underline{B = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi r}}$

./. se bakside

II



$\vec{B}(r)$ er rettet tangentielt til en sirkulær bane med radius r om sylinder-aksen og slik at $\vec{J}$ og $\vec{B}$ danner et H-hånds system.

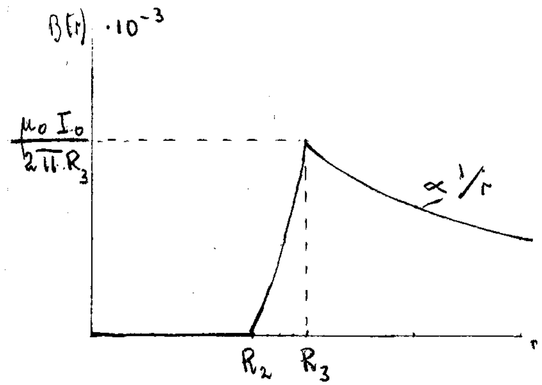
forts. på s. 7

Innsatt for $r = 3.6$ mm, $I_0 = 10.0$ A

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\frac{(r^4 - R_2^4)}{(R_3^4 - R_2^4)} = \frac{4\pi\cdot 10^{-7}\,\mathrm{Tm/A}\cdot 10.0\,\mathrm{A}}{2\pi\cdot 3.6\cdot 10^{-3}\,\mathrm{m}}\frac{(3.6^4 - 3^4)}{(4^4 - 3^4)}$$

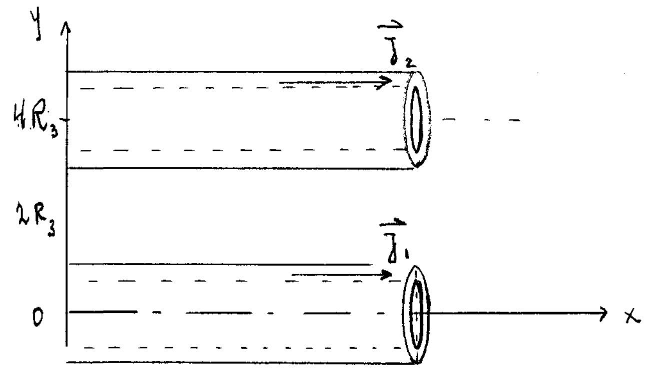
$$\underline{B = 2.76\cdot 10^{-4}\ \mathrm{T}}$$

III



r	$\frac{\mu_0 I}{2\pi}\cdot\frac{1}{r}$ [—]
3.25	0.054
3.5	0.113
3.75	0.178
4.0	0.25

c)



Felt i $y = 2R_3$ av $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R_3}$ $r = y = 2R_3$

I Parallelle strømmer $\vec{J}_2 \parallel \vec{J}_1 \parallel \vec{x}$
H.hånds-regel!

$\vec{B}_1 = +\frac{\mu_0 I}{4\pi R_3}\hat{k}$; $\vec{B}_2 = -\frac{\mu_0 I}{4\pi R_3}\hat{k}$

Totalt felt i $y = 2R_3$: $\underline{\vec{B}_{tot}} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \underline{0}$

II Antiparallelle strømmer $\vec{J}_1 \parallel \vec{x}$ $\vec{J}_2 \parallel -\vec{x}$

$$\vec{B}_1 = +\frac{\mu_0 I_0}{4\pi R_3}\hat{k} \quad ; \quad \vec{B}_2 = +\frac{\mu_0 I_0}{4\pi R_3}\hat{k}$$

Totalt felt: $\underline{\vec{B}_{tot}} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 2\cdot\frac{\mu_0 I_0}{4\pi R_3}\hat{k} = \underline{\frac{\mu_0 I_0}{2\pi R_3}\hat{k}}$

Innsatt for: $\mu_0 = 4\pi\cdot 10^{-7}\ \mathrm{Tm/A}$, $I_0 = 10.0\ \mathrm{A}$
$R_3 = 4\cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}$

For tilf. II: $$B = \frac{\overset{2}{4\pi}\cdot 10^{-7}\ \mathrm{Tm/A}\cdot 10.0\ \mathrm{A}}{2\pi\cdot 4\cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}}$$

$$\underline{B = 5.0\cdot 10^{-4}\ \mathrm{T}}$$

d) I Koaksialkabel.
$B(r) = 0$ for $r > R_3$. Det betyr at $I_{omsl} = 0$ i Ampères likn. $\oint \vec{B}\cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{omsl}$. Altså må det gå <u>en like stor strøm I_0 i motsatt retning ($\parallel -\vec{x}$) i den indre sylinderen.</u>

II $$\underline{\vec{J}_{indre}} = -\frac{I_0}{A}\hat{i} = -\frac{I_0}{\pi R_1^2}\hat{i}$$

$$= -\frac{10.0\ \mathrm{A}}{\pi(1.5\cdot 10^{-3})^2\ \mathrm{m}^2} = \underline{-1.41\cdot 10^6\ \hat{i}\ \mathrm{A/m^2}}$$

e) I Statisk ladning
Elektrisk felt av Gauss lov $\oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{omsl}}{\varepsilon_0}$

Legger Gauss-flata som en lukket sylinderflate med radius suksessivt i hvert av områdene: $r < R_1$, $R_1 < r < R_2$, $R_2 < r < R_3$, $r > R_3$, og med lengde $l \ll L$ der L = lengde av koaksialkabel, slik at en kan anta bare radielt rettet felt innenfor lengden l

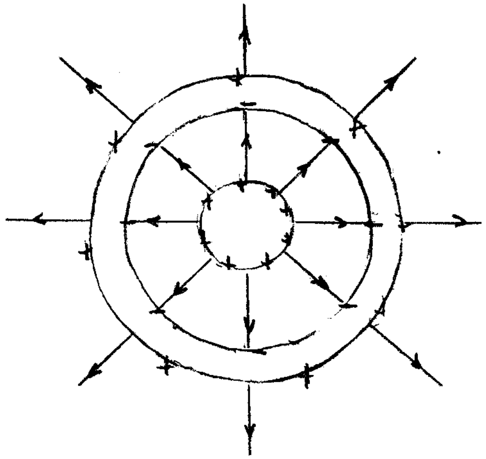
Def. $d\vec{A} \parallel \vec{E}$ $\Rightarrow \oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = E(r)\cdot 2\pi r l = \frac{Q_{omsl}}{\varepsilon_0} = \frac{\lambda\cdot l}{\varepsilon_0}$

$$E(r) = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

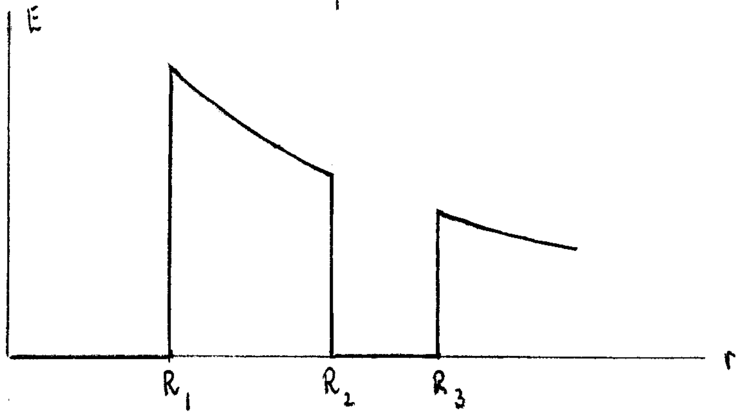
1) $r < R_1$ $\quad Q_{omsl} = 0$ $\quad\Rightarrow E(r) = 0$
2) $R_1 < r < R_2$ $\quad Q_{omsl} = \lambda\cdot l$ $\quad\Rightarrow E(r) = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$
3) $R_2 < r < R_3$ $\quad Q_{omsl} = 0$ $\quad\Rightarrow E(r) = 0$
4) $r > R_3$ $\quad Q_{omsl} = \lambda\cdot l$ $\quad\Rightarrow E(r) = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

I område 1) ligger Gauss-flata inni en leder. Ladningen vil her ligge på overflata (ekvipotensialflate), dvs. $Q_{omsl} = 0$. Område 3): Det ytre sylindriske røret er nøytralt. Den positive ladningen på senterstaven vil indusere en like stor ladning med negativt fortegn, $-\lambda l$, på den indre overflata av røret. På den ytre overflata vil det være en like stor positiv ladning $+\lambda l$, tilsvarende nøytralitet.
En Gauss-sylinder med radius r i område 3) omslutter derfor totalt null ladning, $\lambda l - \lambda l$.
Område 4): Fra argumentasjonen ovenfor

vil Gauss-sylinderen her omslutte netto ladning λl.



II

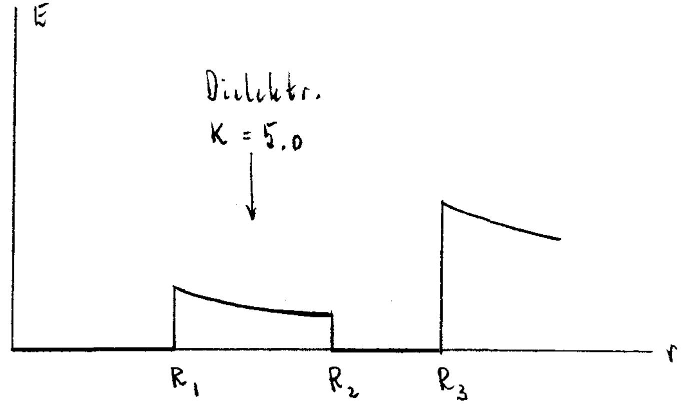


f) For områdene $r < R_1$, $R_2 < r < R_3$ og $r > R_3$ blir feltet som i pkt. e). For området $R_1 < r < R_2$ gjelder Gauss lov for et dielektrikum

$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{omsl}}{K\varepsilon_0}$$

$$\Rightarrow E(r)\cdot 2\pi r = \frac{\lambda \cdot l}{K\varepsilon_0} \quad \Rightarrow E(r) = \frac{\lambda}{2\pi(K\varepsilon_0)r}$$

I forhold til plottet under c) er denne delen <u>redusert med faktoren $K = 5.0$</u>



Oppgave 3

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

1. En partikkel beveger seg som en harmonisk oscillator. Den passerer gjennom likevektsposisjonen med hastigheten v. Partikkelen stoppes og bevegelsen startes igjen men slik at hastigheten gjennom likevektsposisjonen nå blir 2v. Dette medfører at frekvensen av oscillasjonene forandres med faktoren

A	B	C	D	E
4	√8	2	√2	1 uforandret

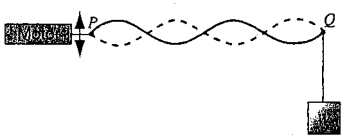
2. Etter fordobling av hastigheten (pkt. 1) vil maksimal aksellerasjon forandres med en faktor

A	B	C	D	E
4	√8	2	√2	1 uforandret

3. Resonansfrekvensen for en tvunget dempet harmonisk oscillator når stabil tilstand er oppnådd vil være lik frekvensen av

A	B	C	D
Ytre påtvunget kraft	Dempet oscillator	Udempet fri oscillator	Hvilken som helst av A, B og C fordi disse frekvensene er like

4. En tråd er strukket fra en frekvensgenerator P (motor med justerbar frekvens) over ei friksjonsfri trinse Q vha. et lodd W. Motoren gir tråden en konstant vertikal vibrasjonsfrekvens på 120 Hz. Med et lodd på 240 g oppstår en stående bølge med to mellomliggende noder. Hva er fundamentalfrekvensen (Hz) for systemet med dette loddet?



A	B	C	D	E
30	40	60	80	180

5. Hvor stor masse (g) må loddet i pkt. 4 ha for å gi en stående bølge med tre mellomliggende noder som i figuren?

A	B	C	D	E
480	360	280	135	67.5

6. Det blir generert transversale vandrende bølger i en streng strukket med konstant kraft og med en gitt masse. For å fordoble både bølgelengde og amplitude må tilført effekt forandres med en faktor

A	B	C	D	E
4√2	4	√2	1	1/√2

7. Stemmen til en person som først puster inn helium (He) vil få en tydelig forhøyd frekvens (Donald Duck stemme). Kan du forklare hvorfor?

$\sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$

Lydhastigheten i en gass er $v = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}}$ der γ = konst. ~1; p og ρ er hhv. trykk og tetthet av gassen. Da $\rho_{He} < \rho_{luft}$ vil $v_{He} > v_{luft}$. Bølgelengden λ er bestemt av fysiske dimensjoner i strupen, stramming av muskler osv. altså uforandret. Da ser vi av relasjonen $v = \lambda \cdot f$ at frekvensen $f \propto v$ altså $f_{He} > f_{luft}$

8. En instrumentmaker borer et senterhull med diameter 20.0 mm i ei sirkulær plate av aluminium ved 25 °C. Hva er diameteren av hullet (mm) når plata har en temperatur på 180 °C? Lineær termisk ekspansjonskoeffisient for Al: $\alpha_{Al} = 2.30 \cdot 10^{-5}\ K^{-1}$

A	B	C	D	E
19.93	20.00	20.07	20.53	19.47

9. Foran kalde høstnetter hender det at fruktdyrkere sprayer frukta på trærne med vann for å beskytte den mot frost. Forklar hvordan dette henger sammen.

Vann avgir en stor varmemengde når det fryser til is. Den avgitte varmen er med å beskytte frukta mot frysing ved temp. litt under 0°C. Denne prosessen fortsetter inntil alt vann på frukta er frosset til et islag som i seg selv vil isolere mot varmetap til lufta.

10. I starten på kompresjonsslaget i en forbrenningsmotor inneholder en sylinder et volum på 1 ℓ luft ved atmosfæretrykk og temperatur 30 °C. På slutten av slaget er volumet 60 cm^3 og trykket er 35 atm. Hva er temperaturen (°C) av den komprimerte lufta?

A	B	C	D	E
63	163	280	363	450

11. Et mol av en ideell gass med $\gamma = 5/3$ har T = 273 K og p = 1 atm. En varmemengde på 500 J tilføres gassen under konstant trykk. Hvor stor forandring gir det i indre energi (J)?

A	B	C	D	E
0	200	300	450	500

12. Anta så at gassen i pkt. 11 får tilført samme varmemengde 500 J ved konstant volum. Hvordan vil ΔU bli i forhold til resultatet i pkt. 11. Svaret skal begrunnes.

A	B	C
Større	Mindre	Like stor

Begrunnelse:

$\Delta U = n c_v \Delta T = Q = 500 J$

Innses direkte av 1. lov : $\Delta U = -W + Q$

og $W = 0$ her

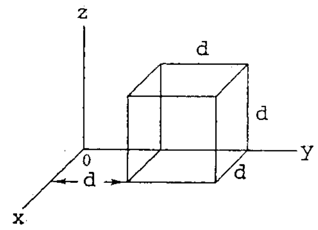
13. Et mol av en ideell monoatomær gass med tilstandsparametrene (p_1, V_1) får ekspandere under trykkfall til (0.2 p_1, 6 V_2). Hva er forandringen i entropi (J/K) ved denne prosessen?

A	B	C	D	E
35.4	17.2	8.314	4.82	0

14. To identiske små kuler av ledende materiale henger i avstanden 1 m fra hverandre. Kulene har like stor positiv ladning q og krafta mellom dem er F. Halvparten av ladningen på den ene kula blir overført til den andre. Krafta mellom de to kulene blir da

A	B	C	D	E
F/4	F/2	3F/4	3F/2	3F

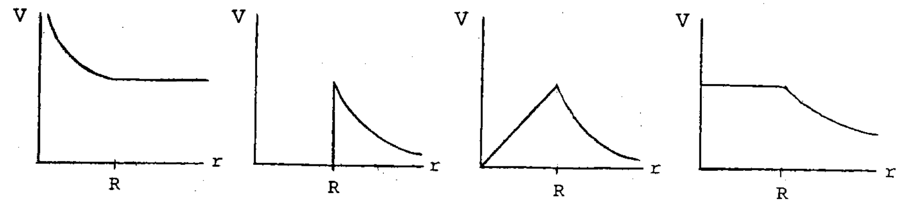
15. Et terningformet volum ligger i et koordinatsystem som vist. De elektriske feltkomponentene er: $E_y = b\sqrt{y}$, $E_x = E_z = 0$. Hvor stor elektrisk fluks Φ_E går gjennom terningen? Vis i figuren flukslinjene.



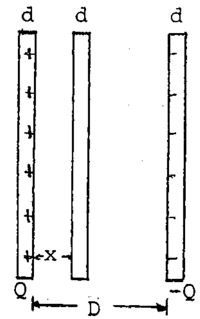
A	B	C	D	E
0	bd^2	$2bd^{5/2}$	$bd^2\sqrt{2}$	$bd^{5/2}(\sqrt{2} - 1)$

16. Et kuleskall av godt ledende materiale har ladning +q. Kuleradius er R. Hvilken graf av elektrisk potensiale V sfa. avstanden r fra kulesentrum er riktig?

A B C D

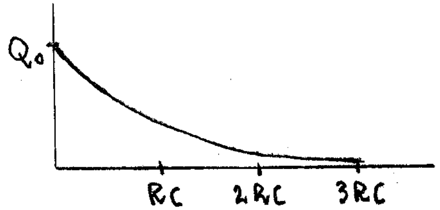


17. To store metallplater med plateareal A og tykkelse d står i avstand D fra hverandre. De to platene har ladning hhv. +Q og −Q. Ei uladet metallplate med identisk areal og tykkelse føres inn i gapet mellom de to slik at avstanden mellom uladet og positivt ladet plate er x. Hva er kapasitansen av dette systemet av plater?



A	B	C	D	E
$\frac{\varepsilon_0 A}{D-d}$	$\frac{\varepsilon_0 A}{D-(d+x)}$	$\frac{\varepsilon_0 A}{D/2}$	$\frac{\varepsilon_0 A(D-d)}{D-(d+x)x}$	$\frac{\varepsilon_0 A}{D}$

18. En fullt oppladet kondensator med kapasitans C lades ut gjennom en resistans R. Vis i et diagram forløpet sfa. tid og gi det analytiske uttrykket for sammenhengen mellom utgående ladning q og tid t. Sett symboler på aksene og forklar størrelsene. Hvor lang tid, målt i tidskonstanter RC for kretsen, tar det før lagret energi i kondensatoren er halvert i forhold til startverdien?



$q = Q_0 \cdot e^{-t/RC}$

Q_0 = initial ladn. på kond.

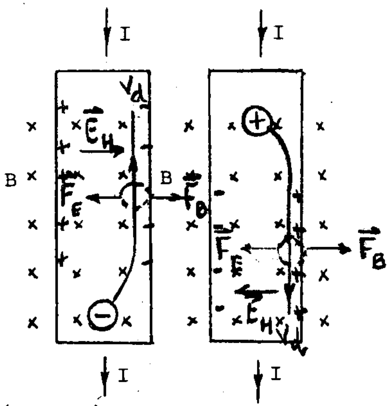
$RC = \tau$ = tidskonst., R[Ω] C[F]

Lagret energi: $U(t) = \frac{1}{2}Ce^2 = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$

$U_{start} = \frac{1}{2}\frac{Q_0^2}{C}$. Vilkår $U(t) = \frac{1}{2}U_{start} \Rightarrow q^2 = \frac{1}{2}Q_0^2$

$\Rightarrow q = \frac{1}{\sqrt{2}}Q_0 = Q_0 \cdot e^{-t/RC}$;: $\ln\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = -t/RC \Rightarrow \underline{t = 0{,}347\,RC}$

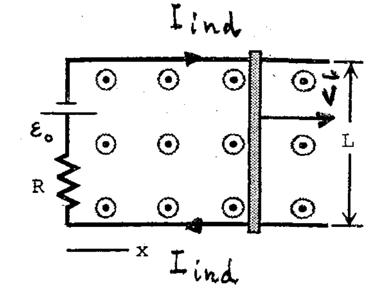
19. Forklar Hall-effekten. Bruk som utgangspunkt figuren som viser to strømførende strips av et halvledermateriale liggende i et ytre magnetfelt **B** med retning inn i papirplanet. Tegn inn og forklar for de to tilfellene
a) negativ ladningsbærer (elektron)
b) positiv ladningsbærer (hull)
Konvensjonell strømretning i figuren er ovenfra og ned.



a) Neg. ladning −e. Kraft pga. magnetfeltet $\vec{B}$:
$\vec{F}_B = -e\vec{v}_d \times \vec{B} \Rightarrow$ neg. partikkel avbøyes som vist inntil pot. forskjellen mellom de to sidekantene gir en motkraft $\vec{F}_E = -e \cdot \vec{E}_H$ som balanserer $\vec{F}_B$. Hall-feltet $\vec{E}_H$ får retning som vist.

b) Pos. ladning +e. Analog argumentasjon men her vil $\vec{E}_H$ bli motsatt rettet til $\vec{E}_H$ i a)
Ved å måle pot. forskjellen mellom de to sidekantene og retningen av den kan en bl.a. bestemme om majoritets ladningsbærer er − (elektron) eller + (hull).

20. Et batteri som gir en konstant ems ε_0 kan koples til to strømførende ledere som vist. Et magnetfelt **B** står normalt på planet gjennom de to lederne som har innbyrdes avstand L. En ledende stav med masse m kan forskyves friksjonsfritt langs lederne, normalt både på disse to og på magnetfeltet. Når batteriet koples til vil staven først aksellerere i en bestemt retning inntil den får en konstant terminal hastighet v. Forklar hva som skjer her. Argumenter kvalitativt for at v blir konstant. Gi retning både av v og evt. indusert strøm i kretsen.



Kraftvirkning på staven $\vec{F}_B = m\,dv/dt = i(t)\vec{L}\times\vec{B}$ der $i(t)$ er momentane strøm i positiv strøm retning (mot urviseren). $\vec{v}$ fra vektorproduktet $\vec{L}\times\vec{B}$, dvs. $\vec{v} \parallel \vec{x}$ som vist. Bevegelsen induserer en ems som vil motvirke batteriets ems, og $\varepsilon_{net} = \varepsilon_0 - \varepsilon_{ind}(t) = i(t)R$. ε_{ind} setter opp ei kraft som er motsatt rettet $\vec{F}_B = I\vec{L}\times\vec{B}$, der I = initial strøm fra batteriet $\Rightarrow I_{ind}(t)$ og $I - I_{ind}(t) = i(t) \to 0$ når $t \to \infty$. Det vil medføre en konstant terminal hastighet v_{term} (ser bort fra friksjon). Bevegelsen $\parallel \vec{x}$ øker fluksen gjennom den lukkete sløyfa. ε_{ind} vil gi en I_{ind} som vil motvirke økningen i Φ_B, dvs. I_{ind} går i retning med urviseren.