Fasit for FYS1120-oppgaver H2010.

OPPGAVESETT 1

1a) $9.88 \cdot 10^{-7}$ C

1b) 891

PS: Spørsmål 1a) og 1b) har ingenting med hverandre å gjøre. 1b) refererer til to nøytrale kuler, ikke kulene i 1a)

2a) $7.25 \cdot 10^{24}$

2b) $5.27 \cdot 10^{15}$

2c) $7.23 \cdot 10^{-10}$

3b) $-1.74 \cdot 10^{5}$ V/m

3c) -3.27 m i forhold til origo

3d) $q_3 = 0.875$ µC

4a) 0

4b) $E = 1.311 \cdot 10^{17}$ N/m rettet mot den nærmeste positive ladningen.

4c) $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{3qa}{r^4}$

4d) 0 pga symmetri.

5b) $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{x\sqrt{x^2+\left(L/2\right)^2}}$ normalt ut fra staven, da transverskomponenten kansellerer ut.

5c) For L>>r, er *x* tilnærmet lik *r* og uttrykket under roten blir 2/L, hvorav formelen i 5c følger.

Resultatet i 5c er som vi skulle forvente for synlindersymmetri, en 1/r avhengighet og proposjonalitet med ladningstettheten. Det kan fåes fra Gauss lov ved å legge en sylinderflate rundt linjen (feltet er rent radielt for L>>r) også: $E \cdot A = E \cdot L \cdot 2\pi r = \lambda L/\varepsilon_0 = Q/\varepsilon_0$,som gir $E = \lambda/2\pi r\, \varepsilon_0$

OPPGAVESETT 2

1a) Komponenten på tvers av aksen kansellerer ut pga symmetri.

1b) Hint: Uttrykk $1/r^2$ og sinus til vinkelen med z og b.

1e) Utenfor kulen så er feltet definert som om all massen skulle være i et punkt i sentrum. Kan også finnes med Gauss lov.

2b) Hint: Tangentvektoren til en kurve er gitt ved dy/dx.

Man finner frem til differensiallikningen

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{1}{2}\frac{x}{y}$$

som har løsninger i form av ellipser (C er en integrasjonskonstant).

$$y^2 + \frac{x^2}{2} = C$$

2c)

Her skal man finne likningen

$$\frac{dy}{dx} = 2\frac{y}{x}$$

hvis løsning er

$$y = Cx^2$$

2d) Siden $\vec{\mathrm{E}} = -\nabla V$ kan vi partiellintegrere opp hver av komponentene E_x og E_y. Integrasjonskonstanten kan settes lik null og vi får da:

$$V = \frac{4x^2}{y}$$

2e)

$$\nabla \times \vec{E} = \left(\frac{\partial}{\partial \mathrm{x}}\mathrm{E_y} - \frac{\partial}{\partial \mathrm{y}}\mathrm{E_x}\right)\vec{\mathrm{e}}_\mathrm{z} = \frac{8\mathrm{x}}{\mathrm{y}^2} - \frac{8\mathrm{x}}{\mathrm{y}^2} = 0$$

3a) $W=6\cdot 10^{-10}$ J

3b) Du skal få samme svar som i 3a), da feltet er konservativt, dvs integrasjonsveien er uten betydning, svaret er definert av potensialet i hvert endepunkt.

4a)

$$V(\vec{r}) = kq\left(\frac{1}{|\vec{r}-\vec{d}/2|} - \frac{1}{|\vec{r}+\vec{d}/2|}\right) \approx \frac{kq\vec{d}\cdot\vec{r}}{r^3} = \frac{kq\vec{d}\cdot\hat{\vec{r}}}{r^2}$$

Det første uttrykket er det eksakte, det siste tilnærmingen for r>>d. Husk at enhetsvektoren er definert $\hat{\vec{r}} = \vec{r}/r$.

4b)

$$\vec{E} = k\frac{3}{r^3}(\vec{p}\cdot\hat{\vec{r}})\hat{\vec{r}} - k\frac{\vec{p}}{r^3}$$

4c) Svarene er identiske med de i vektoranalysenotat 1.

OPPGAVESETT 3

1a) Feltet fra en uendelig stor flate med ladning er generelt gitt ved

$$\mathrm{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

Oppgaveteksten kan dessverre tolkes på to måter: 1) som om det ligger σ=0.4μC på begge sider av metallet eller at σ=0.4μC er fordelt på begge sidene. Her velger vi å regne med det første.

$$\mathrm{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{2\cdot 0.4\mu\mathrm{C}}{2\varepsilon_0} = 4.52\cdot 10^4\ V/m$$

Inne i en leder er det ikke noe felt i statiske situasjoner, dvs når det ikke flyter en strøm.

2a)

$$Q = \int_0^a \rho(r)dV = \int_0^a \rho(r)4\pi r^2 dr = \rho_0\int_0^a\left(1-\frac{r^2}{a^2}\right)4\pi r^2 dr = \frac{8\pi}{15}\rho_0 a^3$$

2b) Utenfor kula er feltet som for en punktladning.

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\frac{8\pi}{15}\rho_0 a^3 = \frac{2\rho_0}{15\varepsilon_0}\frac{a^3}{r^2}$$

Inne i kula er feltet i en radius r gitt av ladningen innenfor kuleflaten med radius r.

$$Q = \int_0^r \rho(r)dV = \int_0^r \rho(r)4\pi r^2 dr = 4\pi\rho_0\left[\frac{r^3}{3} - \frac{r^5}{5a^2}\right]$$

Dette kan så settes inn i uttrykket for E-feltet

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\cdot 4\pi\rho_0\left[\frac{r^3}{3} - \frac{r^5}{5a^2}\right] = \frac{\rho_0}{\varepsilon_0}\left[\frac{r}{3} - \frac{r^3}{5a^2}\right]$$

Maksimalverdien til E ligger inne i kula og r kan finnes ved å derivere. $r = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{3}}$a

2c) Innenfor:

$$V(r) = \frac{2\rho_0}{15\varepsilon_0}\frac{a^2}{r}$$

Utenfor:

$$V(r) = \frac{\rho_0 a^2}{12\varepsilon_0}\left[3 - 2\frac{r^2}{a^2} + \frac{3}{5}\frac{r^4}{a^4}\right]$$

3a) Ved bruk av Gauss lov på alle seks sideflater så skal man komme frem til et uttrykk på formen for fluksen φ:

$$\varphi = \left[\frac{2}{a}(z_1^3 - z_2^3) + 2a(y_1 - y_2) + 3(x_1^2 - x_2^2)\right] = 1.23 \cdot 10^{-9}\ Vm$$

$$Q = \varphi\varepsilon_0 = 1.09 \cdot 10^{-20} C$$

3b)

$$\rho = \varepsilon_0 \nabla \cdot \vec{E} = \frac{2\varepsilon_0}{a}\left[1 + \frac{3x}{a} + \frac{3z^2}{z^2}\right]$$

Et trippelintegral over ρ gir så:

$$Q = 2\varepsilon_0 a^2\left[1 + \frac{3}{2a}(x_1 + x_0) + \frac{1}{a^2}(z_1^2 + z_0^2 + z_1 z_0)\right] = 1.09 \cdot 10^{-20} C$$

Merk: Dette eksempelet er litt kunstig og ufysikalsk, fordi vi får en ladning mindre enn elementærladningen…

Oppgavesett 4

1a) Hint: Betrakt staven som en positiv stav og en negativ stav og bruk superposisjon. Den ene komponenten kansellerer ut.

$$E = k\frac{2\lambda}{d}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{L^2}{4d^2}}}\right)$$

=115 V/m, rettet parallelt med staven fra den positive til den negative delen. d er avstanden fra stavens midtpunkt vinkelrett på staven.

1b)

Finner dipolmomentet fra definisjonen

$$\vec{p} = \int \rho(\vec{r})\vec{r}d^3\vec{r} = \int_{-L/2}^{L/2}\lambda(x)xdx = -\int_{-L/2}^{0}\lambda xdx + \int_0^{L/2}\lambda xdx = \frac{\lambda}{4}L^2$$

$$\vec{p} = 9 \cdot 10^{-10} C/m$$

Ikke forvirr dipolmomentet med bevegelsesmengde, selv om begge er en vektor ved navn p. Det er vanligvis klart fra sammenhengen hvilken det er snakk om.

1c)

For kraftmomentet har vi vektorlikningen

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$

Absoluttverdien til kraftmomentet er $\tau = pEsin\alpha = 7.39 \cdot 10^{-6} Nm$

Den potensielle energien er gitt som

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E} = -pEcos\alpha = -2.03 \cdot 10^{-5} J$$

2a)

Bruk at feltet fra en flate med ladning: $|E|=\sigma/2\varepsilon_0$

Feltet fra flate 1, 2 og 3 er da hhv $|E_1|$=169.6 V/m, $|E_2|$=339 V/m, $|E_3|$=452 V/m

Disse skal så legges sammen med korrekt fortegn og retning etter hvor man befinner seg.

E(z=6cm) = 56.4 V/m

E(z=-6cm) = -56.4 V/m

2b)

E(z=-3cm) = 283 V/m

E(z=2cm) = 960 V/m

3a) Inne i den innerste sylinderen samt i metallet mellom b og c er E=0, mellom a og b og utenfor c er $\mathrm{E} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r}$

3b) Bruk Gauss lov. Ladningstettheten pr lengdenhet er konstant og motsatt på flaten b i forhold til på a og c. Ladningstettheten pr overflateareal faller såklart av med 1/r.

3c) Kapasitans pr lengde er gitt ved

$$\frac{C}{L} = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln(b/a)}$$

4a) Inne i kula stiger feltet linjært med r, siden innelukket ladning i en kuleflate rundt r=0 øker proposjonalt med r^3 og vi kan regne som all ladningen er konsentrert i et punkt r=0 (hvor vi får en

$1/r^2$ avhengighet), samt at ladning utenfor r er irrelevant for feltet i en avstand E når vi har kulesymmetri. Disse resultatene stammer fra oppgave 1 i oppgavesett 1.

Bruk av Gauss lov gir:

$$E_{in} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qr}{R^3}$$

Utenfor kula har vi det vanlige feltet fra en punktladning. Dette kan også lett vises med Gauss lov.

$$E_{out} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}$$

OPPGAVESETT 5

1a) $\varepsilon = \kappa\, \varepsilon_0 = 2.3 \cdot 10^{-11}$ F/m

1b) $V_{max} = E_{max} \cdot d = 40$ kV

1c) $E = \sigma/\varepsilon$ $\quad\sigma_{max} = E_{max} \cdot \varepsilon = 4.6 \cdot 10^{-4}$ C/m^2

1d)

Vi kan sette opp to uttrykk for E-feltet mellom platene og sette dem lik hverandre.

$$E = \frac{\sigma - \sigma_i}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\kappa\,\varepsilon}$$

Deretter løser vi for den induserte ladningstettheten σ_i

$$\sigma_i = \sigma\left(1 - \frac{1}{\kappa}\right) = 2.83 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{C/m^2}$$

2a)

Vi har energien i en kondensator

$$U = \frac{Q^2}{2C}$$

Kapasitansen for en platekondensator er

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{x}$$

Disse uttrykkene kan kombineres til

$$U = \frac{xQ^2}{2A\varepsilon_0}$$

2b)

$$dU = \frac{(x + dx)Q^2}{2A\varepsilon_0} - \frac{xQ^2}{2A\varepsilon_0} = \frac{Q^2}{2A\varepsilon_0}dx$$

2c) Kraften er den deriverte av den potensielle energien.

$$F = \frac{d}{dx}\left[\frac{xQ^2}{2A\varepsilon_0}\right] = \frac{Q^2}{2A\varepsilon_0}$$

2d) Feltet i kondensatoren, E, er satt opp av TO plater, og den ene platen kan kun ”føle” halvparten av dette.

3a)

$$J = \frac{I}{a^2} = 6.81 \cdot 10^5\ A/m^2$$

3b)

$$E = \rho J = 1.16 \cdot 10^{-2}\ V/m$$

3c)

v = 0.05 mm/s

t = $7.994 \cdot 10^4$ s

4a) R_{vann} = 5.97 kΩ, R_{kobber} = 8.12 mΩ ≈ R_{total}

4b) 0.816 mA går i vannet, resten går i kobberet.

4c) U = 4.87 V

Oppgavesett 6

1a)

Feltet er gitt ved feltet i en parallellplatekondensator ganger dielektrisitetskonstanten for mediet.

$$E_1 = \frac{E_0}{\kappa_1} = \frac{Q}{\kappa_1 \varepsilon_0 A}$$

$$E_2 = \frac{E_0}{\kappa_2} = \frac{Q}{\kappa_2 \varepsilon_0 A}$$

Potensialet til platene er gitt ved *V=Ed*

$$V_1 = \frac{Qd}{2\kappa_1 \varepsilon_0 A}$$

$$V_2 = \frac{Qd}{2\kappa_2 \varepsilon_0 A}$$

1b)

Den ene platen er positiv og den andre negativ, så potensialforskjellen blir

$$V = V_1 + V_2 = \frac{Qd}{2\kappa_1 \varepsilon_0 A} + \frac{Qd}{2\kappa_2 \varepsilon_0 A}$$

$$C = \frac{Q}{V_1 + V_2} = \frac{Q}{\frac{Qd}{2\kappa_1 \varepsilon_0 A} + \frac{Qd}{2\kappa_2 \varepsilon_0 A}} = \frac{2A\varepsilon_0}{d} \frac{\kappa_1 \kappa_2}{\kappa_1 + \kappa_2}$$

Svaret kan også finnes ved at situasjonen er ekvivalent med seriekobling av to kondensatorer med areal A/2, lengde mellom platene d og dielektrisitetskonstanter κ_1 og κ_2. C = 2 $\varepsilon_0\kappa A/d$ gir

$$C_{tot} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\frac{2\varepsilon_0 \kappa_1 A}{d} \cdot \frac{2\varepsilon_0 \kappa_2 A}{d}}{\frac{2\varepsilon_0 \kappa_1 A}{d} + \frac{2\varepsilon_0 \kappa_2 A}{d}} = \frac{2\varepsilon_0 A}{d} \frac{\kappa_1 \kappa_2}{\kappa_1 + \kappa_2}$$

1c) Dette er ekvivalent med en parallellkobling av to kondensatorer med areal A og lengde mellom platene d/2. C = $\kappa A\varepsilon_0/2d$ gir

$$C_{tot} = C_1 + C_2 = \frac{\varepsilon_0 \kappa_1 A}{2d} + \frac{\varepsilon_0 \kappa_2 A}{2d} = \frac{\varepsilon_0 A}{2d}(\kappa_1 + \kappa_2)$$

2a)

$$dR = \rho \frac{dx}{A} = \rho \frac{dx}{A_0(1 + \alpha x)}$$

$$R = \int_0^L dR = \frac{\rho}{A_0} \int_0^L \frac{dx}{(1 + \alpha x)} = \frac{\rho}{\alpha A_0} [\ln(1 + \alpha x)]_0^L = \frac{\rho}{\alpha A_0} \ln(1 + \alpha L)$$

2b)

For $x \to 0$ har vi at $\ln(1 + x) \approx x$

Vi bruker dette i svaret over:

$$R = \frac{\rho}{\alpha A_0} \ln(1 + \alpha L) = \frac{\rho}{\alpha A_0} \alpha L = \frac{\rho L}{A_0}$$

Vi får det forventede svaret for motstanden i en ledning: Proposjonal med resitiviteten og lengden, omvendt proposjonal med tversnittarealet.

3a)

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = 4\pi r^2 E = \frac{Q}{\kappa \varepsilon_0} = \frac{4\pi a^2 \sigma}{\kappa \varepsilon_0}$$

$$E = \frac{a^2\sigma}{\kappa\varepsilon_0 r^2}$$

3b)

$$V_{ab} = V_a - V_b = \frac{Q}{4\pi\kappa\varepsilon_0 a} - \frac{Q}{4\pi\kappa\varepsilon_0 b} = \frac{Q}{4\pi\kappa\varepsilon_0}\frac{b-a}{ab}$$

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = 4\pi\kappa\varepsilon_0\frac{ab}{b-a}$$

3c)

$$\sigma_{out} = \sigma\frac{a^2}{b^2}$$

$$Q_{out} = \sigma\frac{a^2}{b^2}4\pi b^2 = 4\pi a^2\sigma$$

3d)

$$\sigma_{in} = -\sigma(1-\frac{1}{\kappa})$$

$$\sigma_{out} = \sigma\frac{a^2}{b^2}(1-\frac{1}{\kappa})$$

4a)

Kirchoffs lov for strømmer:

$$I_{R_1} = I_{R_2} + I_{R_3}$$

Kirchoffs lov for spenningsfall i høyre sløyfe:

$$0 = R_2 I_{R_2} - R_3 I_{R_3}$$

Kirchoffs lov for spenningsfall i ytre sløyfe:

$$\varepsilon - R_1 I_{R_1} - R_3 I_{R_3} = 0$$

Settet har løsning

$$I_{R_1} = \frac{\varepsilon - R_3 I_{R_3}}{R_1}$$

$$I_{R_2} = I_{R_3}\frac{R_3}{R_2}$$

$$I_{R_3} = I_{R_1} - I_{R_2} = \frac{\varepsilon - R_3 I_{R_3}}{R_1} - I_{R_3}\frac{R_3}{R_2} = \frac{\varepsilon}{R_1} - I_{R_3}\left[\frac{R_3}{R_1} + \frac{R_3}{R_2}\right]$$

$$I_{R_3}\left[1+\frac{R_3}{R_1}+\frac{R_3}{R_2}\right]=\frac{\varepsilon}{R_1}$$

$$I_{R_3}=\frac{\varepsilon}{R_1\left[1+\frac{R_3}{R_1}+\frac{R_3}{R_2}\right]}=\frac{\varepsilon}{R_1+R_3+R_1\frac{R_3}{R_2}}=\frac{\varepsilon R_2}{R_1R_2+R_3R_2+R_1R_3}$$

Som gir

$$I_{R_3}=\frac{8\cdot 2}{6\cdot 2+4\cdot 2+6\cdot 4}=0.364\ A$$

$$I_{R_2}=\frac{4}{2}I_{R_3}=0.727\ A$$

$$I_{R_1}=0.727\ A+0.364\ A=1.091\ A$$

4b)

Batteriet leverer:

$$P=\varepsilon I_{R_1}=8.73\ W$$

4c)

$$P_{R_3}=R_3{I_{R_3}}^2=0.53\ W$$

$$P_{R_2}=R_2{I_{R_2}}^2=1.05\ W$$

$$P_{R_1}=R_1{I_{R_1}}^2=\ 7.14\ W$$

Summen av disse er effekten fra 4b), da energien er bevart.

Oppgavesett 7

1a)

I_1 = 3.67 A

I_2 = -1.33 A

I_3 = -2.33 A

1b)

$P_{\varepsilon 1}$ = 44 W

1c)

P = 41.33 W. Noe av effekten i 1b) går til å lade det andre batteriet.

2a)

$$I_{t=0} = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

$$I_{t\to\infty} = 0$$

2b)

$$I_{t=0} = \frac{\varepsilon}{r}$$

$$I_{t\to\infty} = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

3a)

$$\tau = RC = 0.1\ \mu s$$

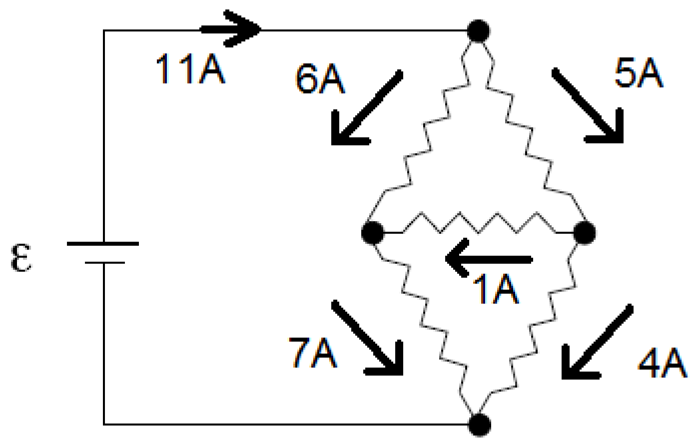
3b)

$$Q = 12\ pC$$

Merk: I eksempelet over er t>>τ og derfor er Q≈εC, men kondensatorer blir aldri "fulladet" før uendelig lang tid er gått.

3c) 0 A

4a)



4b) 1.182 Ω

Oppgavesett 9

1a) $4.38 \cdot 10^{-4}$ T, inn i planet.

1b) Coloumbkraften er 3.75 N. Den magnetiske kraften er 1.688 mN. Begge er frastøtende. Forholdstallet mellom dem er $2.22 \cdot 10^{3}$

1c) Hvis den ene partikkelen reverseres, vil størrelsen på magnetfeltet være den samme, men retningen også reverseres.

2a) $B = 2.91 \cdot 10^5$ T mot øst.

2b) Magnetfeltet i en avstand av 50 m er kun 11% av det jordmagnetiske feltet, så neppe.

2c) Ja.

3a) Bruk Amperes lov $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \cdot 2\pi r = \mu_0 I_{encl}$

For r<a

$$B = \frac{\mu_0 J \pi r^2}{2\pi r} = \frac{\mu_0 J r}{2}$$

For r>a

$$B = \frac{\mu_0 J \pi a^2}{2\pi r} = \frac{\mu_0 J a^2}{2r}$$

4a) $F = 4ILB_0 = 0.04$ N. De to rette linjesegmentene bidrar med 0.01 N hver, halvsirkelen med 0.02 N. Pga symmetri kunne vi her betraktet ledningen som en rett leder med lengde 4L.

4b)

$$B = \frac{\mu_0 I}{4L} = 3.14 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{T}$$

Oppgavesett 10

1a) $B_0 = 1.2$ T

1b) $B \approx 12.57$ mT

1c) $H_{core} = \frac{B_r d}{\mu_0 2\pi R}$

2c) Venstre sidekant: $\vec{F} = (\frac{1}{2} I B_0 L, 0,0)$

Øvre sidekant: $\vec{F} = (0, -I B_0 L, 0)$

Høyre sidekant: $\vec{F} = (-\frac{1}{2} I B_0 L, 0,0)$

Nedre sidekant: $\vec{F} = (0, 0,0)$

Summen av disse gir samme svar som fremgangsmåten i 2d, som forventet.

2d) $\vec{F} = (0, -IB_0L, 0)$

3a) $B_x=\mu_0Jd/2$, $B_y=B_z=0$

3b) Mellom platene: $B=\mu_0Jd$

Utenfor platene: B=0

3c) $P=\mu_0J^2d^2/2$. Motsatt rettede strømmer frastøter hverandre.

4c) F=0.06N

Oppgavesett 11

1a)

$$I_D = \frac{I_0\varepsilon_0}{\sigma}\omega\cos(\omega t)$$

1b)

For

$$\frac{\varepsilon_0}{\sigma}\omega \ll 1$$

kan vi neglisjere forskyvningsstrømmen. σ gir $\omega \ll 6.55\cdot10^{17}s^{-1}$. Dette er en ekstremt høy frekvens, svarende til røntgenstråler, dvs for et ledende metall er forskyvningsstrømmen irrelevant.

2a, 2b)

$$\varepsilon = 2B_0Lvsin(\frac{\pi}{L}x)$$

3a)

$$E_L = 78.5\ V/m$$

3b)

$$\varepsilon = \pi fBL^2 = 19.63\ V$$

3c)

$$E_L = 39.3\ V/m$$

4a)

$$\vec{E} = (0,0, yB_0ae^{-at})$$

Oppgavesett 12

1a) dI_2/dt = 200 A/s

1b) I_2 = 1.5 A

1c) Begge er 2A, da solenoiden ikke påvirker likestrøm.

2a) $B = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{Ir}{a^2}$

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

Sett inn r=a i 2a), så får du svaret i 2b).

2c) 7.8 µJ

3a) 305 Hz

3b) $Q = I_0\sqrt{LC} = 4.43 \cdot 10^{-7}C$

3c) Q=3.58$\cdot$ 10^{-7}C

4a)

Knuteregel: $I_C - I_R - I_L = 0$

Venstre sløyfe: $V_C - V_R = Q/C - V_R = 0$

Høyre sløyfe: $V_L - V_R = -LdI_L/dt - I_RR = 0$

4b)

$$\frac{d^2I_L}{dt^2} + \frac{1}{RC}\frac{dI_L}{dt} + \frac{1}{LC}I_L = 0$$

Tips: Dette er en 2. ordens differensialligning med underdempede, kritisk dempede og overdempede løsninger. Kort oppsummering: Finn den karakteristiske annengradsligningen og se om du har to reelle røtter (overdempet), en reell rot (kritisk dempet) eller komplekskonjugerte røtter (underdempet = svingende løsninger). Hvis røttene er rent imaginære (R = uendelig), så har vi rent imaginære røtter og rene udempede svingninger, siden førsteordensleddet i svingeligninger representerer dissipasjon av energi, her varme i motstanden R. Du trenger to initialbetingelser for en annenordens differensialligning, her er de $I_L(t=0) = 0$ og $LdI_L/dt = V$.

Sjekk en matematikkbok for generell fremgangsmåte.