NORGES TEKNISK-
NATURVITSKAPLEGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Fagleg kontakt under eksamen:
Professor Kristian Fossheim
Tlf.: 93638

EKSAMEN I SIF 4007 OG FYSIKK 74135

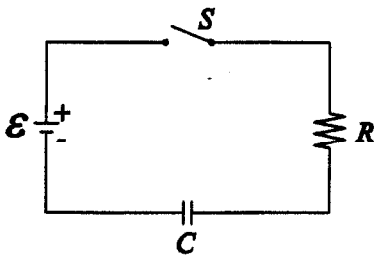
Onsdag 3. mai 2000
Tid: kl. 0900 – 1500

NYNORSK

Tilletne hjelpemiddel: Rottmann: Mathematische Formelsammlung
Barnett and Cronin: Mathematical Formulae
Typegodkjend kalkulator: B2
Vedlagd formelliste og data.

Sensuren fell i veke 21.

Oppgåve 1.



Figuren til venstre viser ein krets for opplading av ein kondensator. Oppladinga startar ved at brytaren S blir lukka ved t = 0.

a) - Vis at straumen i kretsen har eit forløp $i = I_0\, e^{-t/\tau}$ der $I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$; $\tau = RC$

b) - Finn effekten P_b som batteriet leverer, uttrykt ved ε, R, C og t.
(Hint: Kondensatoren forbrukar ikkje energi. Kvifor?)

- Finn uttrykket for effekten P_R som blir forbrukt i R.

- Vis at energien blir lagra i kondensatoren med ein rate:

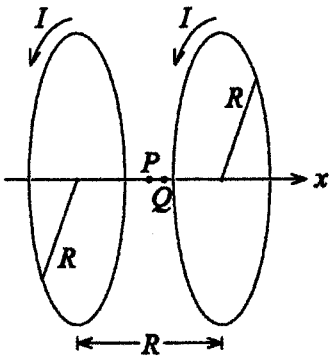
$$dU_c/dt = (\varepsilon^2/R)\,(e^{-t/RC} - e^{-2t/RC})$$

c) - Vis at tidspunktet for maksimum i oppladningsraten er t = RCln2 ved $dU_c/dt = \varepsilon^2/4R$.

- Skisser resultata frå b) og c) i ein figur. Du tar her R = 100Ω, C = 5 nF, ε = 2V.

- Kva samanheng ventar du det skal vere mellom P_b, P_R og dU_c/dt?

Oppgåve 2.



Figuren til venstre viser to sirkulære, parallelle spolar med radius R som ligg i avstand R i plan normalt til x-aksen. Punktet P ligg i x = 0 midt mellom spolane. Kvar spole har N vindingar og fører ein straum I.

a) - Vis at feltet frå høgre spole i punktet Q på x-aksen til høgre for P er:

$$B_h(x) = \frac{N\mu_0 I R^2}{2\left(\left(\frac{R}{2}-x\right)^2 + R^2\right)^{3/2}}$$

- Skisser $B_h(x)$ for $-R \leq x \leq R$

b) - Finn tilsvarande uttrykk for feltet frå venstre spole i punktet Q.

- Finn det totale feltet B(x).

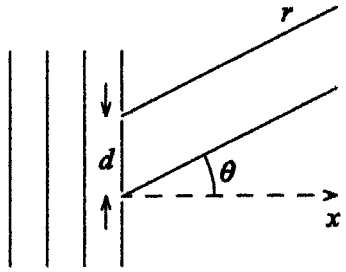
- Finn B i punktet P.

c) - Skisser det totale feltet B(x) for $-R \leq x \leq R$.

- Rekn ut feltet B i P når N = 100, I = 10 A, R = 10 cm.

- Kva eigenskap ved dette spolearrangementet er av spesiell praktisk interesse?

Oppgåve 3.



Figuren til venstre viser to smale spalter med spaltebreidde << avstanden d mellom spaltene. Frå venstre fell det inn lys med plan bølgjefront, bølgjelengde λ og bølgjevektor $k = \frac{2\pi}{\lambda}$. Vi adderer lyset frå dei to spaltene på ein skjerm i avstand r >> d (Fraunhofer).

a) - Kva er gangforskjellen ΔL mellom dei to strålane i retning θ uttrykt ved d og θ?

- Gje betingelsane for konstruktiv og destruktiv interferens.

- Kva er faseforskjellen φ mellom strålane uttrykt ved d, λ og θ?

- Vis at det totale elektriske feltet i avstand r er

$$E(t,\theta) = 2E_0\cos\frac{\varphi}{2}\cos(\omega t - kr - \frac{\varphi}{2})$$

der E_0 er amplituden i feltstyrken til lyset i spaltene.

b) Momentan effekt pr m^2 i avstand r er $S = \frac{1}{2}\varepsilon_0 c E^2(t,\theta)$, og momentan effekt pr m^2 i foroverretning, $\theta = 0$, er $S_0 = \frac{1}{2}\varepsilon_0 c(2E_0)^2\cos^2(\omega t)$. Vi definerer intensitet som tidsmiddelet av desse, dvs. $I(\theta) = \langle S\rangle$ og $I_0 = \langle S_0\rangle$.

- Vis at $\frac{I(\theta)}{I_0} = \cos^2\frac{\varphi}{2}$.

- Kva blir dette siste resultatet uttrykt ved d, λ og θ?

- Teikn opp $I(\theta)/I_0$ som funksjon av d sin θ, og merk av maksimumspunkta på x-aksen, uttrykt ved λ.

c) Ein situasjon som kan betraktast som ekvivalent med ovanståande får vi ved å plassere ei radioantenne i kvar av posisjonane som svarar til spalteopningane i figuren øverst. La d = 10 m; f = 60 MHz ; I_0 = 0.020 W/m^2. Vi betraktar nå intensiteten $I(\theta)$ i stor avstand frå antennene.

- Rekn ut intensiteten i retning $\theta = 4.0°$.

- Finn retningen (dvs θ) der $I = \frac{I_0}{2}$ for $\theta < 10°$.

- Bestem retningane (dvs θ) der I = 0.

Oppgåve 4.

I dei følgjande oppgåvene blir det gitt 5 svaralternativ, a til e. Du skal bestemme kva som er rett alternativ i kvart tilfelle, og krysse dette av i vedlagt skjema. Skjemaet er alt du skal levere i denne oppgåva.

a1) Ein streng med masse $2.4 \cdot 10^{-3}$ kg og lengde 0.6 m vibrerer med fundamental frekvens 100 Hz. Strekket i strengen på dermed vere ca:

a: 0.16 N d: 26 N
b: 0.32 N e: 58 N
c: 13 N

a2) To ulike lydbølgjer har eit intensitetsforhold på 30 dB. Forholdet mellom intensiteten i den mest intense bølgja I_L og den svakare I_S er då:

a: 1000 ; b: 30 ; c: 9 ; d: 100 ; e: 300.

a3) Stående bølgjer i ei luftpipe med lengde L som er open i ein ende og stengd i den andre, har lydfart v. Frekvensane til dei tre lågaste harmoniske er då:

a: v/4L, v/2L og 3v/4L ; b: v/4L, v/L og 3v/2L
c: $\lambda/4$, $\lambda/2$ $3\lambda/4$; d: v/4L, 3v/4L, 5v/4L; e: $\lambda/3$, $2\lambda/3$; $3\lambda/3$

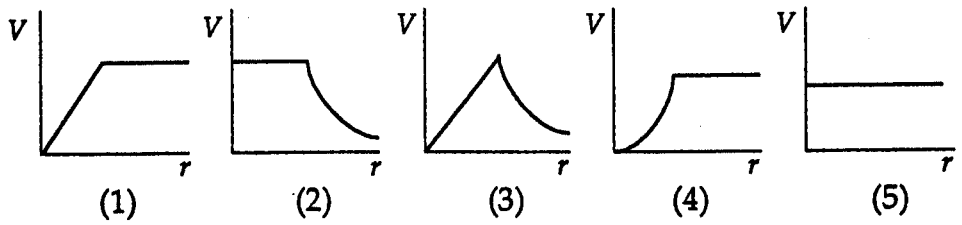
b1) Ei uendeleg lang stang har ladning λ pr lengde. Med Gauss-loven finn ein lett at det elektriske feltet i avstand r er (i det følgjande er $k = (4\pi\,\varepsilon_0)^{-1}$):

a: $k\lambda/r^2$; b: $k\lambda/r$; c: $4k\lambda/r$; d: $2k\lambda/r$; e: null

b2) To plan med uendeleg utstrekning ligg i yz-planet i x = 0 med ladning $\sigma = +8\text{nC/m}^2$ og i x = 4m med ladning $\sigma = -8\ \text{nC/m}^2$. Det elektriske feltet i x = 5 m er då (tilnærma):

a: 226 N/C ; b: 339 N/C ; c: 904 N/C ; d: 452 N/C ; e: null

b3) Grafen som best representerer det elektriske potensialet for eit uniformt lada kuleskal er

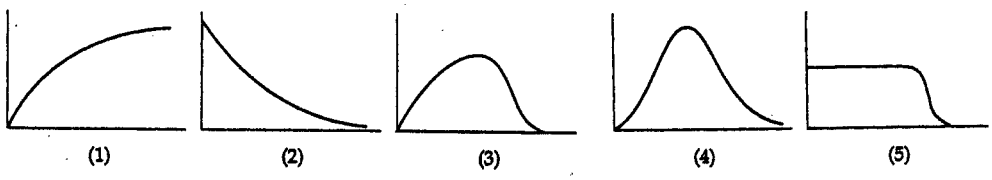


a: 1 ; b: 2 ; c: 3 ; d: 4 ; e: 5

c1) Du har ein kopartråd som er 2 mm i diameter og du vil lage ein motstand som er 1.00 Ω. Kor lang tråd treng du når resistiviteten til kopar er $1.7 \cdot 10^{-8}$ Ωm?

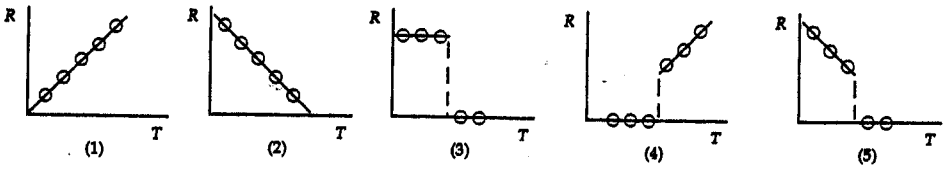
a: 19.6 m ; b: 49.1 m ; c: 185 m ; d: 317 m ; c: 542 m

c2) Funksjonsformen som best representerer Fermi-Dirac fordelinga i ein elektrongass er



a: 1 ; b: 2 ; c: 3 ; d: 4 ; e: 5

c3) Grafen som viser korleis motstanden varierer med temperaturen i superleiar er



a: 1 ; b: 2 ; c: 3 ; d: 4 ; e: 5

SIF 4007 og Fysikk 74135 **Student nr.** _____

Oppgåve 4

SVARSKJEMA. SET KRYSS I RUTE FOR RETT SVAR.

		SVARALTERNATIV				
		a	b	c	d	e
O	a1					
P	a2					
P	a3					
G	b1					
Å	b2					
V	b3					
E	c1					
R	c2					
	c3					

Formelliste og data

Ved eksamen i SIF 4007 og Fysikk 74135
03.05.2000

Oppsatte formler og konstanter

Coulomb: $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$; $\vec{E}$ – felt: $\vec{E} = \vec{F}/q$;

Gauss: $\oint_S d\vec{A}\cdot\vec{E} = Q/\varepsilon_0$ (Q: nettoladning innenfor lukket flate S) ;

Elektrostatisk potensial: $\vec{E} = -\nabla V$;

Kapasitans: $C = \frac{Q}{V}$; Energi i kondensator: $U_c = \frac{1}{2}CV^2$;

Elektrisk feltenergi pr. volumenhet: $u_E = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$ (i vakuum)

I dielektrisk medium: $\varepsilon_0 \rightarrow K\varepsilon_0 = \varepsilon$ (K: relativ dielektrisitetskonstant) ;

Kraft på ladning i bevegelse: $\vec{F} = q(\vec{v}x\vec{B})$;

Kraft på leder: $d\vec{F} = Id\vec{l}x\vec{B}$

Magnetiske monopoler finnes ikke: $\oint_S d\vec{A}\cdot\vec{B} = 0$;

Biot-Savart: $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}x\hat{r}}{r^2}$;

Ampère: $\oint d\vec{l}\cdot\vec{B} = \mu_0 I$ (I: strøm omsluttet av integrasjonsvegen) ;

Faraday: $\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ (Φ_B: magnetisk fluks gjennom sløyfe) ;

Selvinduktans: $L = \frac{N\Phi_B}{I}$ ($N\Phi_B$: magnetisk fluks gjennom spole med N viklinger);

Magnetisk energi i spole: $U_L = \frac{1}{2}LI^2$;

Magnetisk feltenergi pr. volumenhet: $u_B = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0}$ (i vakuum) ;

I materielt medium: $\mu_0 \rightarrow K_m\mu_0 = \mu$ (K_m: relativ permeabilitet) ;
Resistans: $R = \rho\ell/A$ (ρ : resistivitet; ℓ : lengde; A: tverrsnitt) ;

Vekselspenning: $\mathrm{v}(t) = V\cos(\omega t + \varphi)$ (φ : fase relativt til $i(t)$) ;

Vekselstrøm: $i(t) = I\cos\omega t$;

Impedans (vekselstrømsmotstand): $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$; $\tan\varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$;

Bølgeligning: $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{1}{\mathrm{v}^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0$;

Bølgehastighet på streng: $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$

Bølgelengde/frekvens ved lineær dispersjonsrelasjon: $\lambda f = \mathrm{v}$; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$; $\omega = 2\pi f$; $\omega = \mathrm{v}k$;

Elektromagnetiske bølger: $\mathrm{v} = c = 1/\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}$; (i vakuum)

Interferens fra N parallelle spalter med naboavstand d: $I(\theta) = I_1(0)\frac{\sin^2\frac{N\varphi}{2}}{\sin^2\frac{\varphi}{2}}$

Diffraksjon fra én spalt med bredde a: $I(\theta) = I(0)\frac{\sin^2\frac{\psi}{2}}{(\psi/2)^2}$

Plancks strålingslov: $I(\lambda) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5(e^{hc/\lambda k_B T} - 1)}$;

Fotoners energi og bevegelsesmengde: $E = hf = \hbar\omega$; $p = \frac{h}{\lambda} = \hbar k$;

Partiklers de Broglie bølgelengde: $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\mathrm{v}}$;

Heisenbergs usikkerhetsrelasjon: $\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$.

Schrödingerlikningen: $$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2}\psi + V(x)\psi = E_n\psi$$

Energinivåer for hydrogenatomet: $$E_n = -\frac{\hbar^2}{2ma_0^2}\frac{1}{n^2}$$

<u>Konstanter</u>: $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8{,}99\cdot 10^9\, Nm^2C^{-2}$; $k_B = 1{,}38\cdot 10^{-23}\,\frac{J}{K}$;

$\frac{\mu_0}{4\pi} = 1{,}00\cdot 10^{-7}\,\frac{H}{m}$; $c = 2{,}998\cdot 10^8\,\frac{m}{s}$ (lyshastigheten) ;

$h = 6{,}63\cdot 10^{-34}\,Js$ $m_e = 9{,}1\cdot 10^{-31}\,kg$ (elektronmassen);

$\hbar \equiv \frac{h}{2\pi}$

$e = 1{,}6\cdot 10^{-19}\,C$; 1eV = 1,60 10^{-19} J

$a_0 = \varepsilon_0\frac{h^2}{\pi m e^2} = 0.5292\cdot 10^{-10}$ m (Bohr - radius)

Trigonometri:

cosa + cosb = 2cos((a-b)/2)cos((a+b)/2)
cosa - cosb = 2sin((b-a)/2)sin((a+b)/2)

Eulers formel:

$e^{j\varphi} = j\sin\varphi + \cos\varphi$

<u>Prefikser</u>

T	Tera	10^{12}
G	Giga	10^{9}
M	Mega	10^{6}
m	milli	10^{-3}
μ	mikro	10^{-6}
n	nano	10^{-9}
p	piko	10^{-12}