LØSNINGSFORSLAG EKSAMEN TFY 4120 HØST 2007
(alle side henvisninger er til Tipler & Mosca 5. utgave)

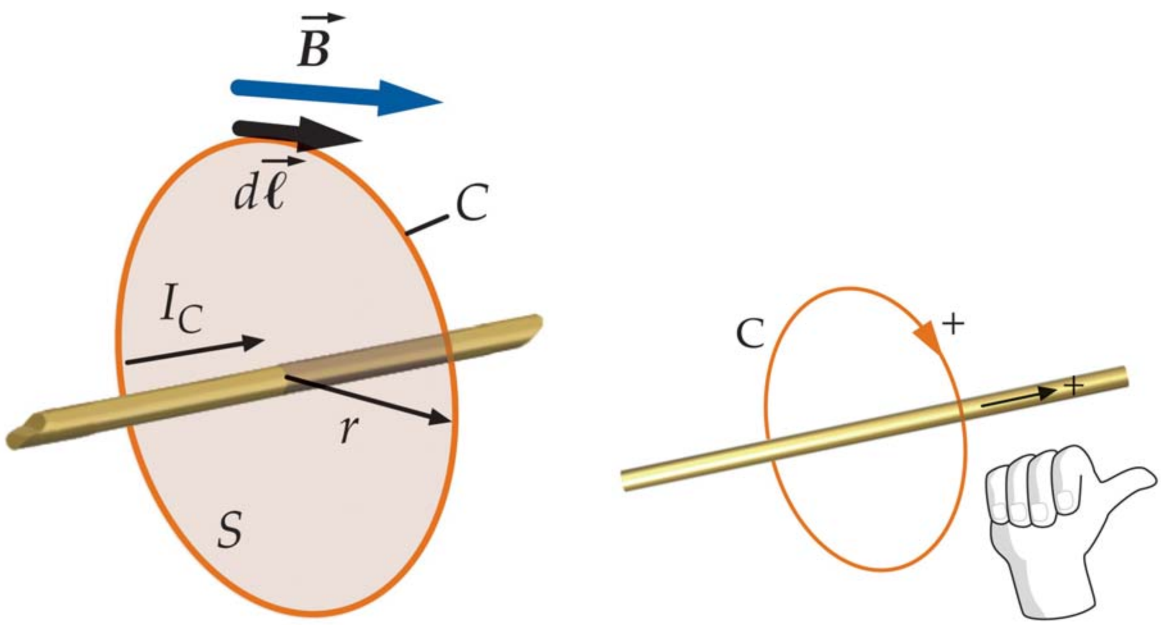
Oppgave 1: Magnetfelt

a) Bruk Amperes lov og vis at magnetfeltet for en lang rett leder som fører en strøm I er gitt ved: $B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$*, hvor r er avstanden vinklerett ut fra lederen.*

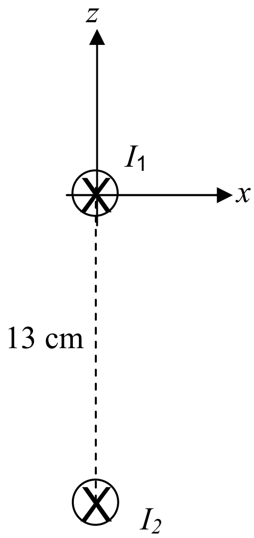
Svar:

Figuren under viser en sirkulær kurve rundt en lang ledning med sentrum i ledningen. Magnetfeltet er tangent til denne sirkelen og har samme retning som $d\vec{l}$. Magnetfeltet har samme størrelse *B* på hvert punkt langs sirkelen. Amperes lov $\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I_C$ gir da:

$B\oint_C dl = \mu_0 I_C$ hvor B kan settes utfor integraltegnet fordi B har samme verdi allesteder på sirkelen og siden $\vec{B}$ og $d\vec{l}$ har samme retning (overalt på sirkelen) blir resultatet av prikkproduktet som vist. $\oint_C dl$ blir $2\pi r$. Strømmen I_C er strømmen som penetrerer flaten kurven C danner, og er *I*. Dermed får vi $B2\pi r = \mu_0 I$, som resulterer i: $\underline{\underline{B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}}}$

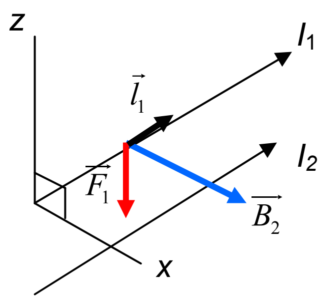


b) *To lange, rette og parallelle ledere fører strøm i samme retning (positiv y-retning, se figur). Leder 1 fører strøm I_1 =3 A og leder 2 fører strøm I_2 =3 A. Avstanden mellom lederne er 13 cm. Regn ut størrelsen av den magnetiske kraften* $|\vec{F}_1|$ *på leder 1 grunnet magnetfelt* $\vec{B}_2$ *fra leder 2. Bruk l_1= 1 m.*
Bruk standard enhetsvektorer ($\hat{i}$, $\hat{j}$, $\hat{k}$*) og skriv kraften* $\vec{F}_1$ *som et vektoruttrykk.*



Vi regner først ut størrelesen av magnetfeltet $|\vec{B}_2|$(eller skriver det opp) ved leder 1:
$\left|\vec{B}_2\right| = \dfrac{\mu_0 I_2}{2\pi R}$ hvor $R = 13\times10^{-2}$ m og $I_2 = 3,0$ A . Vi bruker så uttrykket for magnetisk kraft på et strømførende lederelement: $d\vec{F} = Id\vec{l}\times\vec{B}$. Lederstykket er oppgitt som l_1 = 1 m.
Størrelsen av den magnetiske kraften på dette lederstykket blir da:

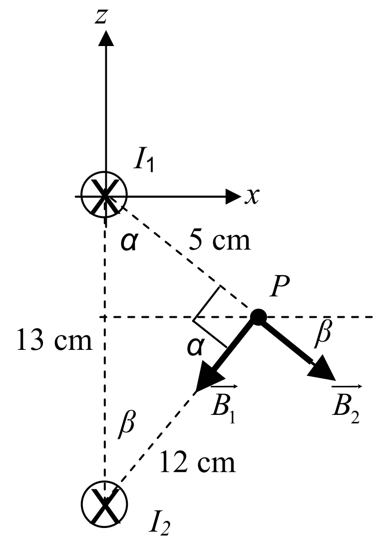
$$\left|\vec{F}_1\right| = I_1 l_1 B_2 = I_1 l_1 \frac{\mu_0 I_2}{2\pi R} = (3,0\ \text{A})(1,0\ \text{m})\frac{\left(4\pi\times10^{-7}\ \text{N/A}^2\right)(3,0\ \text{A})}{2\pi\left(13\times10^{-2}\ \text{m}\right)} = \underline{\underline{1,38\times10^{-5}\ \text{N}}}.$$



Figuren viser retningen på $\vec{F}_1$ som kan finnes ved kryssproduktregel. Eventuelt kan man regne retningen ut ved: $\vec{F}_1 = I_1 \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & l_1 & 0 \\ B_2 & 0 & 0 \end{vmatrix} = -I_1 l_1 B_2 \hat{k}$.

Svaret skrives altså som: $\underline{\underline{\vec{F}_1 = -1,38\times10^{-5}\ \text{N}\ \hat{k}}}$

c) *Bestem størrelse og retning for det totale magnetfeltet i et punkt P, som er i avstand 5 cm fra I_1 og 12 cm fra I_2. (Svar Størrelse: B = 13 μT, retning: $-\hat{k}$)*



I figuren er tegnet B-felt grunnet hver av de to lederne i punktet P. Den inntegnede rette vinkelen viser at $\vec{B}_1$ må stå vinklerett på linjestykket som er 5 cm og at $\vec{B}_2$ må stå vinkelrett på linjestykket som er 12 cm. Det totale magnetfelt i P blir vektorsummen av $\vec{B}_1$ og $\vec{B}_2$.

$$\left|\vec{B}_1\right| \equiv B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi\left(12\times10^{-2}\ \text{m}\right)} = 5\ \mu\text{T} \quad \text{og} \quad \left|\vec{B}_2\right| \equiv B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi\left(5\times10^{-2}\ \text{m}\right)} = 12\ \mu\text{T}$$

Sammenlikner vi med trekanten i figuren ser vi at B_1 og B_2 er kateter i en rettvinklet trekant hvor størrelsen på det totale feltet B er hypotenusen og gitt ved (Pytagoras):

$\left|\vec{B}\right| \equiv B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(5\ \mu\text{T})^2 + (12\ \mu\text{T})^2} = \underline{\underline{13\ \mu\text{T}}}$. Fra geometrien ser vi da at B må være parallell med z-aksen og vil peke i negativ z-retning = $\underline{\underline{-\hat{k}}}$.

Alternativt løsningsforslag:

Vinklene α og β er også vist. Størrelsen på $\vec{B}_1$ og $\vec{B}_2$ er henholdsvis $B_1 = \dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi\left(12\times10^{-2}\ \text{m}\right)}$ og $B_2 = \dfrac{\mu_0 I_2}{2\pi\left(5\times10^{-2}\ \text{m}\right)}$. x- og y-komponentene av vektorsummen er:

$$x: \quad -B_1\cos\alpha\hat{i} + B_2\cos\beta\hat{i} = -B_1\frac{5}{13}\hat{i} + B_2\frac{12}{13}\hat{i} = -\frac{\mu_0 I_1}{2\pi\left(5\times10^{-2}\ \text{m}\right)}\frac{5}{13}\hat{i} + \frac{\mu_0 I_2}{2\pi\left(12\times10^{-2}\ \text{m}\right)}\frac{12}{13}\hat{i} = 0$$

$$y: \quad -B_1\sin\alpha\hat{k} - B_2\sin\beta\hat{k} = -B_1\frac{12}{13}\hat{k} - B_2\frac{5}{13}\hat{k} = -\frac{\mu_0 I_1}{2\pi\left(5\times10^{-2}\ \text{m}\right)}\frac{12}{13}\hat{k} - \frac{\mu_0 I_2}{2\pi\left(12\times10^{-2}\ \text{m}\right)}\frac{5}{13}\hat{k} =$$

$\underline{\underline{-13\ \mu\text{T}\ \hat{k}}}$. x-komponenten faller bort og det totale B-feltet i punkt P er gitt ved utregningen for y-komponenten. Størrelsen er altså 13 μT og retningen er $-\hat{k}$.

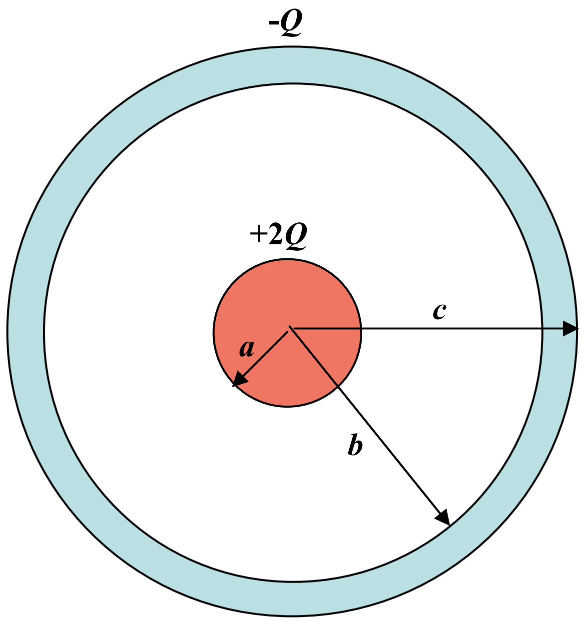
d) *Hvilke forskjeller er det mellom magnetiske feltlinjer og elektriske feltlinjer?*

1. Elektriske feltlinjer er i samme retning som den elektriske kraft på en positiv ladning, mens magnetiske feltlinjer er vinkelrett på den magnetiske kraften på en ladning i bevegelse.
2. Elektriske feltlinjer begynner på positive ladninger og ender på negative ladninger; magnetiske feltlinjer verken begynner eller slutter.

(s.832 i Tipler)

Oppgave 2: Elektrisk felt

En ledende kule med radius a har en netto positiv ladning 2Q (se figur). Et ledende kuleskall med indre radius b og ytre radius c er konsentrisk med den ledende kula og har en netto negativ ladning $-Q$.



a) *Bruk Gauss lov til å finne det elektriske felt i områdene r<a, a<r<b, b<r<c og r>c.*

Gauss lov sier: $\oint_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \frac{Q_{inside}}{\varepsilon_0}$.

Vi bruker Gaussflate som overflaten på en kule i alle områder pga symmetrien.

I området $r<a$ har vi: $\oint_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA = 0$ da all overkuddsladning på en leder sitter på overflaten.

Dermed er $\underline{\underline{E = 0 \text{ for } r < a}}$.

I området $a<r<b$ har vi $\oint_S \vec{E}\cdot\hat{n}dA = \frac{2Q}{\varepsilon_0}$. På Gaussflaten er E feltet konstant og kan settes utenfor integralet. Dermed: $E\oint_S dA = E4\pi r^2 = \frac{2Q}{\varepsilon_0} \Rightarrow \underline{\underline{E = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 r^2}}}$.

I området $b<r<c$ er vi inne i en leder i elektrostatisk likevekt og kan ikke ha noe E felt her (ellers ville frie ladninger, som det er massevis av i en leder, begynne å bevege seg og vi ville få strøm og ikke en situasjon med elektrostatisk likevekt som var forutsetningen).
Vi får: $\underline{\underline{E = 0 \text{ for } b < r < c}}$.

I området $r>c$ har vi: $\oint_S \vec{E}\cdot\hat{n}dA = \frac{Q_{inside}}{\varepsilon_0} = \frac{2Q+(-Q)}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_0} \Rightarrow \underline{\underline{E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}}}$.

b) *Hva er ladningen på den* ***indre*** *overflaten av det ledende kuleskallet. Hva er ladningen på den* ***ytre*** *overflaten av det ledende kuleskallet*

En Gaussflate med radius r, $b<r<c$ gir (siden $\vec{E}$ er null i dette område):
$Q_{inside} = 0 = +2Q + Q_{indre\ overflate} \Rightarrow \underline{\underline{Q_{indre\ overflate} = -2Q}}$
Har vi nå funnet ladning på indre overflate og kjenner netto ladning på det ledende kulskall (oppgitt) finner vi:
$Q_{netto} = -Q = Q_{indre\ overflate} + Q_{ytre\ overflate} = -2Q + Q_{ytre\ overflate} \Rightarrow \underline{\underline{Q_{ytre\ overflate} = Q}}$

c) *Bestem det elektriske potensial V for områdene* $r \ge c,\ b \le r \le c,\ a \le r \le b$ og $r \le a$. *Anta* $V = 0$ ved $r = \infty$.

Vi bruker uttrykket $V_r - V_\infty = -\int_\infty^r \vec{E}\cdot d\vec{l}$.

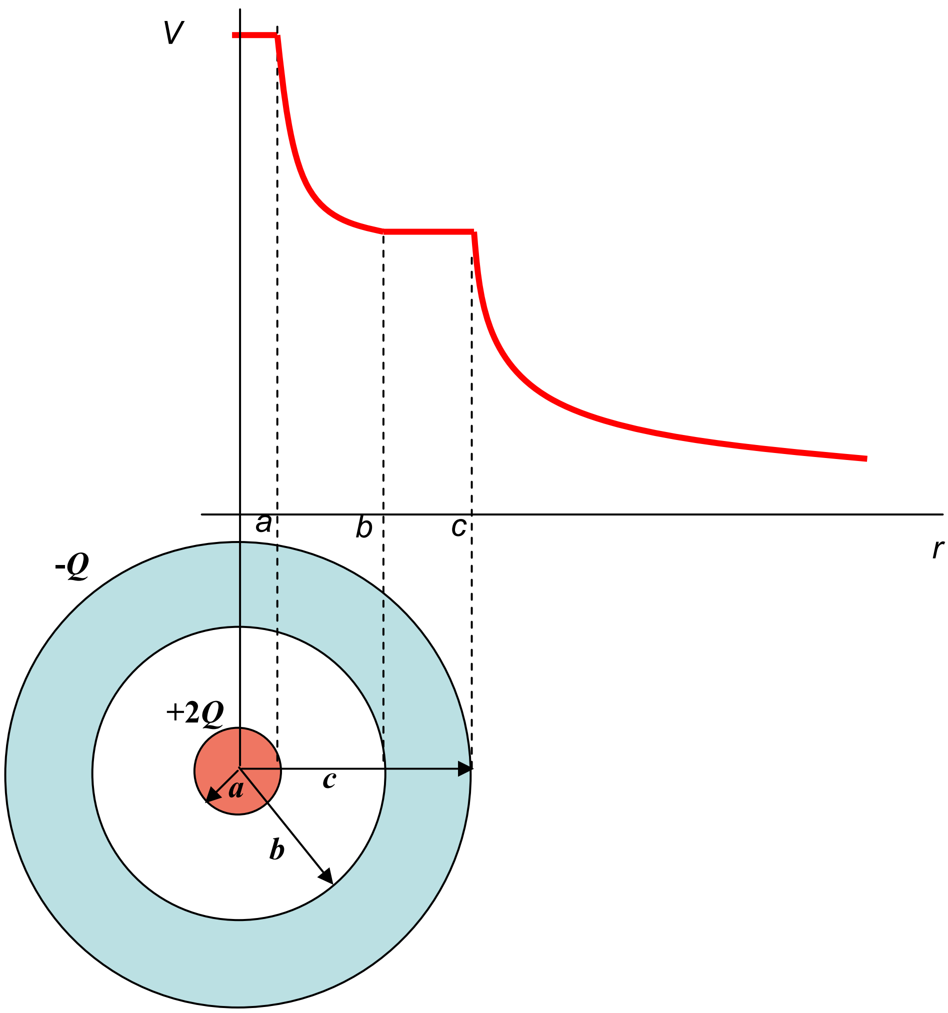
$$r \ge c: \ V_r = -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\int_\infty^r \frac{1}{r^2}dr = \underline{\underline{\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}}}$$

$$b \le r \le c: \ V_r = -\int_\infty^r \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\int_\infty^c \vec{E}\cdot d\vec{l} - \int_c^r \vec{E}\cdot d\vec{l} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 c} - 0 = \underline{\underline{\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 c}}}$$

$$a \le r \le b: \begin{aligned} V_r &= -\int_\infty^r \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\int_\infty^c \vec{E}\cdot d\vec{l} - \int_c^b \vec{E}\cdot d\vec{l} - \int_b^r \vec{E}\cdot d\vec{l} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 c} - 0 - \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\int_b^r \frac{1}{r^2}dr \\ V_r &= \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 c} + \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{b}\right) = \underline{\underline{\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{2}{r} + \frac{1}{c} - \frac{2}{b}\right)}} \end{aligned}$$

$$r \le a \ : \quad \begin{aligned} V_r &= -\int_{\infty}^{r} \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\int_{\infty}^{c} \vec{E}\cdot d\vec{l} - \int_{c}^{b} \vec{E}\cdot d\vec{l} - \int_{b}^{a} \vec{E}\cdot d\vec{l} - \int_{a}^{r} \vec{E}\cdot d\vec{l} \\ V_r &= \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 c} - 0 + \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{b}\right) - 0 = \underline{\underline{\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{c}+\frac{2}{a}-\frac{2}{b}\right)}} \end{aligned}$$

d) *Skisser en graf av det elektriske potensial som funksjon av avstanden r fra sentrum (r = 0) av den ledende kula. Er det elektrisk felt kontinuerlig for r = a? Er det elektriske potensial kontinuerlig for r = a?*



Undersøker kontinuitet:

$r \le a \Rightarrow E = 0$

$r \ge a \Rightarrow E = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 a^2}$ Dette viser at det elektriske felt er <u>ikke</u> kontinuerlig for $r = a$.

$$r \underset{\rightharpoondown}{\le} a \Rightarrow V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{c}+\frac{2}{a}-\frac{2}{b}\right)$$

$$r \underset{\rightharpoondown}{\ge} a \Rightarrow V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{c}+\frac{2}{a}-\frac{2}{b}\right)$$

Dette viser at det elektriske potensial <u>er</u> kontinerlig for r=a.

Oppgave 3: Svingninger

En masse m = 2,0 kg henger i en fjær med fjærstivheten k = 50 N/m. Vi ser bort fra fjærens masse. Systemet settes i svingninger og er dempet. Når massens hastighet er 0,5 m/s er den dempende kraften, $\left|\vec{F}\right| = b\left|\vec{v}\right|$, *8,0 N.*

a) *Hva er systemets naturlige svingefrekvens, f_0 (dvs.hvis ikke demping var tilstede)?*

Fra utdelt formelark finner vi:

$$\omega = \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = 2\pi f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{(50\ \text{Nm}^{-1})}{(2{,}0\ \text{kg})}} = \underline{\underline{0{,}80\ \text{Hz}}}$$

b) *Bestem frekvensen f' for de dempede svingningene.*

Fra utdelt formelark finner vi:

$$\omega' = \omega_0\sqrt{1-\left(\frac{b}{2m\omega_0}\right)^2} = 2\pi f' \Rightarrow f' = \frac{\omega_0}{2\pi}\sqrt{1-\left(\frac{b}{2m\omega_0}\right)^2} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\omega_0^2-\left(\frac{b}{2m}\right)^2} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}-\left(\frac{b}{2m}\right)^2}$$

Vi trenger å finne dempingskonstanten for systemet, b. Fra $\left|\vec{F}\right| = b\left|\vec{v}\right|$ =8,0 N, hvor v =0,5 m/s blir b = 16 kg/s.

Setter vi inn verdier i uttrykket over finner vi:

$$f' = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}-\left(\frac{b}{2m}\right)^2} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{(50\ \text{Nm}^{-1})}{(2{,}0\ \text{kg})}-\left(\frac{16\ \text{kgs}^{-1}}{2(2{,}0\ \text{kg})}\right)^2} = \frac{3}{2\pi}\ \text{Hz} = \underline{\underline{0{,}48\ \text{Hz}}}$$

c) *Hvor lang tid tar det før amplituden er redusert til 1 % av opprinnelig verdi (verdi ved t = 0)?*

Fra utdelt formelark finner vi:

$$x(t) = A_0 e^{-\left(\frac{b}{2m}\right)t}\cos(\omega' t + \delta)$$

hvor amplituden er: $A(t) = A_0 e^{-\left(\frac{b}{2m}\right)t}$ (se s.447 og s.455 (likn.14-38) i Tipler).

Ved t=0 er amplituden A_0 og 1% av denne er 0,01A_0.

Vi får:

$$0{,}01A_0 = A_0 e^{-\left(\frac{b}{2m}\right)t}$$

$$-\ln 100 = -\frac{b}{2m}t \Rightarrow t = \frac{2m}{b}\ln 100 = \frac{2(2{,}0\text{ kg})}{\left(16\text{ kgs}^{-1}\right)}\ln 100 = \underline{\underline{1{,}15\text{ s}}}$$

d) *Bevegleseslikningen for dempede mekaniske svingninger er gitt ved:*

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + b\frac{dx}{dt} + kx = 0.$$

Skriv ned den analoge likningen for en RLC krets og identifiser dempingsleddet (skriv det ned).

Den analoge likningen for en RLC krets kan skrives enten som $\underline{\underline{L\frac{dI}{dt} + IR + \frac{Q}{C} = 0}}$ eller som $\underline{\underline{L\frac{d^2Q}{dt^2} + R\frac{dQ}{dt} + \frac{1}{C}Q = 0}}$ (med andre ord begge svar er riktige) hvor i siste likning $I = \frac{dQ}{dt}$ er brukt. Dempingsleddet kan da skrives enten som $\underline{\underline{IR}}$ eller som $\underline{\underline{R\frac{dQ}{dt}}}$ (begge svar er riktige- analogt med bv og $b\frac{dx}{dt}$).

Vinkelfrekvensen for RLC kretsen ved underdemping (underdamped) kan skrives som

$$\omega' = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}.$$

Hva er den naturlige vinkelfrekvensen ω_0 for dette systmet?

Den naturlige frekvensen finnes når dempingen er lik null det vil si: $\underline{\underline{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}}}$

Finn et uttrykk for R når systemet er kritisk dempet.

Betinglesen for kritisk demping er når $\omega' = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = 0$. (se det analoge tilfelle s. 447 i Tipler)

Vi løser ut R og finner:

$$\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = 0$$

$$\frac{R^2}{4L^2} = \frac{1}{LC}$$

$$R^2 = \frac{4L^2}{LC}$$

$$\underline{\underline{R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}}}$$

En RLC krets har L = 0,285 H, $C = 4,60 \times 10^{-4}\ \mathrm{F}$*, og en vinkelfrekvens* $\omega' = \frac{1}{\sqrt{6LC}}$.

Finn motstanden R i kresten.

Vi har:

$$\omega' = \frac{1}{\sqrt{6LC}} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

$$\frac{1}{6LC} = \frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}$$

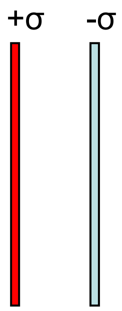
$$\frac{1}{6C} - \frac{1}{C} = -\frac{R^2}{4L}$$

$$\frac{4L - 24L}{6C} = -R^2$$

$$R^2 = \frac{10L}{3C} = \frac{10(0,285\ \mathrm{H})}{3(4,60 \times 10^{-4}\ \mathrm{F})} \Rightarrow \underline{\underline{R = 45,4\ \Omega}}$$

Oppgave 4: Flervalgsspørsmål

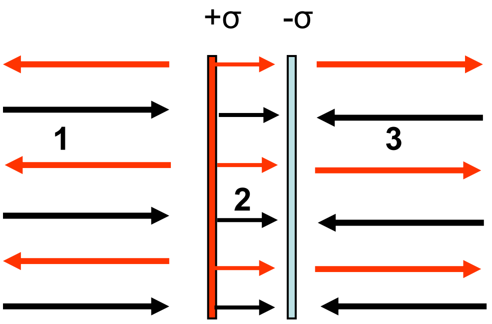
1. **Tema: Elektriske felt: kontinuerlige ladningsfordelinger**



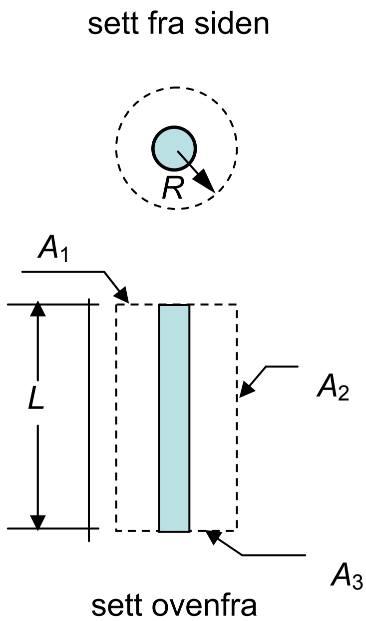
To uendelig store tynne plater som er isolatorer er vist i figuren over. En postiv ladningstetthet $+\sigma$ er på den venstre platen og en negativ ladningsstetthet $-\sigma$ er på den høyre platen. Det elektriske felt mellom platene er:

A) 0 **B) σ/ε_0** *C) $\sigma/2\varepsilon_0$* *D) $\varepsilon_0 A/d$* *E) ingen av svar alternativene er riktige*

Størrelsen på E-feltet utenfor en uendlig tynn plate er $\sigma/2\varepsilon_0$. I tilfellet vi har ser vi fra figuren under (svarte piler er E-felt fra negativ plate, røde piler er E-felt fra positiv plate) at E-feltene kansellerer i områdner 1 og 3, mens mellom platene, i område 2, blir E-feltet doblet.
Svar: B



2. Tema: Beregning av *E* fra Gauss' lov



Et stykke (lengde L) av en uendelig lang og tynn linjeladning med uniform ladningstetthet λ er tegnet sett fra siden og sett ovenfra i figuren. For å finne det elektriske felt alle steder kan en koaskial sylinderformet Gaussflate med lengde L og radius R brukes (stiplet). Beregningen vil gå som følger: (A_2 er areal av krum sylinderflate, A_1 og A_3 er areal av sylinderendestykkene)

$$\oint_S \vec{E}\cdot\hat{n}dA = \frac{Q_{inside}}{\varepsilon_0} \qquad (1)$$

$$\oint_S \vec{E}\cdot\hat{n}dA = \int_{A_1} \vec{E}\cdot\hat{n}dA + \int_{A_2} \vec{E}\cdot\hat{n}dA + \int_{A_3} \vec{E}\cdot\hat{n}dA \qquad (2)$$

$$\oint_S \vec{E}\cdot\hat{n}dA = \int_{A_2} \vec{E}\cdot\hat{n}dA \qquad (3)$$

Vi kan gå fra likning (2) til likning (3) fordi:

A) der er ingen ladning på flatene A_1 og A_3

B) $\vec{E}$ er lik null på A_1 og A_3

C) Bidragene fra integralene over A_1 og A_3 er like store med motsatt fortegn og kansellerer dermed

D) $\vec{E}$ er vinkelrett på $\hat{n}$ over A_1 og A_3

E) $\vec{E}$ er konstant over flatene.

Svar: **D** (se example 22-9 s. 700 i Tipler for utfyllende kommentarer)

3. **Tema: Enkel harmonisk svinging**

Hvilket av de følgende utsagn er sant for kraften som forårsaker enkel harmonisk bevegelse?

A) Dens størrelse er direkte proporsjonal med forflytningen
B) Dens størrelse er omvendt proporsjonal med forflytningen
C) Den følger en invers kvadratisk lov.
D) Den er en konstant kraft forårsaket av gravitasjonen.
E) Den er alltid vinkelrett på retningen til bevegelsen.

Svar: **A.** Dette kommer fra Hookes lov gitt ved (x-retning): $F_x = -kx$ (se s.426)

4. **Tema: Elektromagnetiske bølger**

Hva er den essensielle forskjellen mellom mikrobølger og blått lys?

A) En har elektrisk ladning, den andre ikke.
B) En kan brytes, den andre ikke.
C) En er en type stråling, den andre ikke.
D) Blått lys er en stråle med fotoner. Mikrobølger er ikke fotoner
E) Der er ikke noen essensiell forskjell mellom mikrobølger og blått lys annet enn en forskjell i frekvens og bølgelengde.

Svar: **E** Det elektromagnetiske spektrum s. 977 forteller at det kun er forskjell i frekvens og bølgelengde innenfor ”storfamilien” elektromagnetiske bølger.

5. **Tema: Interferens**

Dersom to identiske lysstråler skal interferere destruktivt må forskjellen i deres veilengder

A) være null
B) være et oddetalls halve bølgelengder
C) være et partalls halve bølgelengder
D) være et heltalls bølgelengder
E) ikke tilfredstille noen av alternativene A), B), C) eller D)

Svar: B Dersom veiforskjellen er et oddetalls halve bølgelengder vil maksimum på den ene bølgen falle sammen med minimum på den andre bølgen og interferensen er destruktiv.

6. **Tema: Refleksjon og bryting**

Lys som forplanter seg i et medium med brytingsindeks n_2 treffer en grenseflate til et annet medium med brytningsindeks n_1. Gitt at lyser faller inn ved en tilstrekkelig innfallsvinkel, hvilken av de følgende betingelser må være tilfredstilt for at totalrefleksjon skal skje?

A) $n_1 < n_2$
B) $n_1 > n_2$
C) $n_1 = n_2$
D) Alle kan være korrekte
E) Ingen er korrekte

Svar: A Vi har Snells lov: $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$. For totalrefleksjon blir $\theta_1 = 90^0$. Dermed får vi:

$n_1 = n_2 \sin\theta_2$

$\frac{n_1}{n_2} = \sin\theta_2 < 1$ ($\theta_2 < 90^0$). Av dette kan vi se betingelsen: $n_1 < n_2$.

7. **Tema: Magnetisk energi**

Et element som hovedsakelig brukes for å lagre energi i magnetiske felt er

A) en induktor B)en resistans C) en kondensator D)et galvanometer E)et dielektrikum

Svar: **A** En induktor lagrer magnetisk energi.

8. **Tema: Bølger**

Hva er perioden til bølgen beskrevet ved: $y(x,t) = (8,2 \text{ m})\sin\left(77 \text{ m}^{-1} x - 166 \text{ s}^{-1} t\right)$

A) 37,8 ms B) 81,6 ms C) 13,0 ms D) 0,492 ms E) 6,02 ms

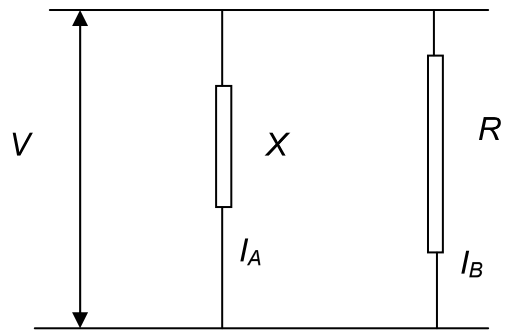
Svar: **A** Fra det generelle uttrykket for en harmonisk bølgefunksjon: $y(x,t) = A\sin(kx - \omega t)$

kan vi identsifisere at $\omega = \frac{2\pi}{T} = 166 \text{ s}^{-1} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{166} \text{ s} = 0,0378 \text{ s} = \underline{\underline{37,8 \text{ ms}}}$

9. Tema: Motstand og Ohms lov

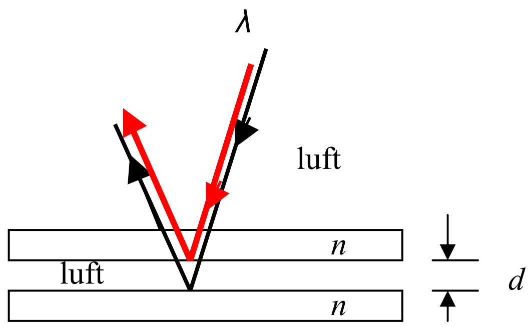
Samme potensialforskjell settes over to ledninger med hver sin motstand. Ledning A fører dobbelt så mye strøm som ledning B. Dersom motstanden i ledning B er R, hva er motstanden i ledning A?

A) R B) $2R$ **C) $R/2$** D) $4R$ E) $R/4$



Svar: **C** Vi har: $XI_A = RI_B$ og $I_A = 2I_B$. Dermed: $X = \frac{RI_B}{I_A} = \frac{RI_B}{2I_B} = \underline{\underline{\frac{R}{2}}}$

10. Tema: Interferens i tynne filmer (thin films)



To parallelle glassplater med brytningsindeks n har en luftfilm med tykkelse d mellom seg. Lys med bølgelengde λ i luft treffer platene tilnærmet vinkelrett. Dette lyset vil ved refleksjon interferere konstruktivt når

A) $2d = m\lambda$ B) $2d = m\lambda / n$ C) $2d = mn\lambda$ **D)** $2d = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$ E) $2nd = m\lambda / 2$

Tips: Når lys går fra medium 1 og treffer overflaten av medium 2, hvor $n_1 < n_2$, vil det reflekterte lyset få en faseendring π. Faseendring grunnet veiforskjell: $\delta = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta r$

Svar: **D** Betingelse for konstruktiv interferens: Når total faseforskjell er $m2\pi \quad (m = 0,1,2\cdots)$.

Total faseforskjell er: $\delta = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta r + \pi$ hvor gangforskjellen er $2d$.

Dermed: $\frac{2\pi}{\lambda}2d + \pi = m2\pi \Rightarrow \underline{\underline{2d = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda}}$

11. Tema: Linser

Når du står i vann opptil knærne, synes føttene å være

A) nærmere enn vanlig

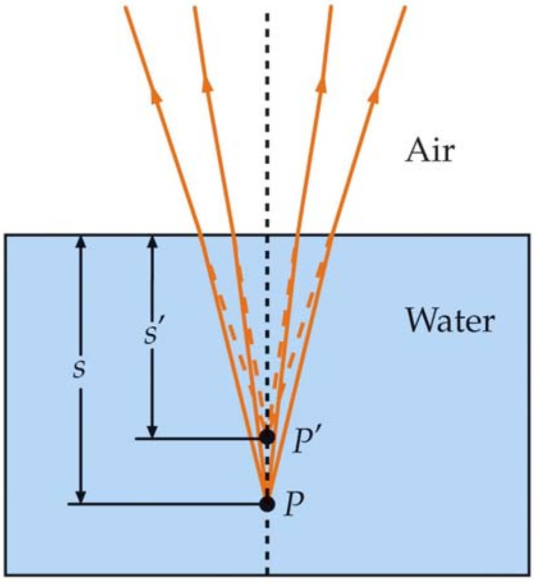
B) lenger borte enn vanlig

C) ved samme posisjon som vanlig.

D) For å svare på dette må du vite høyden og dybden av vannet.

E) For å svare på dette må du vite fokalavstanden.

Svar: **A** Figuren under viser bildet P' for et objekt i vann slik det vil fremtre når objektet sees direkte ovenfra altså nærmere enn P. På samme måte vil du se føttene dine – nærmere enn vanlig. (Se også example 32-6 s.1051-1052).



12. Tema: Lysets egenskaper, regnbuen

Primærregnbuen (primary bow) fremkommer på grunn av

A) Dobbeltbrytning (birefringence)

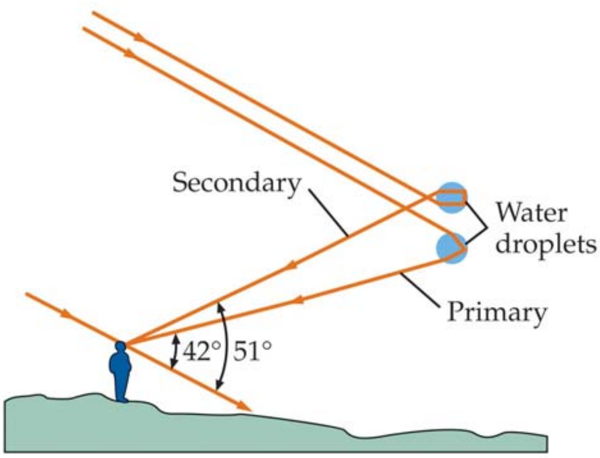
B) Aberrasjon

C) To brytninger, en refleksjon og dispersjon

D) En blanding av diffraksjon og interferens

E) Kun interferens

Svar: **C**



Fra figuren sees at for primærregnbuen er det to brytninger og en refleksjon. Fenomenet dispersjon gir oss fargene.

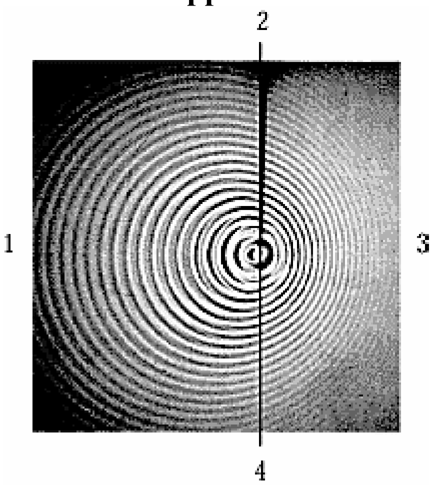
13. Tema: Superposisjon av bølger

To toner med samme amplitude men med en liten forskjell i frekvens blir sendt ut av en lydkilde. Dette gir opphav til

A) stående bølger B) destruktiv interferens C) konstuktiv interferens
D) sveving (beats) E) forsterking (amplification)

Svar: **D** Interferens av to lydbølger med en liten forskjell i frekvens produserer altså fenomenet sveving (beats).

14. Tema: Doppler effekten



Objektet vist i figuren beveger seg

A) fra 2 mot 4 B) fra 3 mot 1 **C) fra 1 mot 3** D) fra 4 mot 2
E) ikke

Svar: **C** Dette kan sees ved at bølgefrontene er tettere sammen foran objektet sammenlignet med bak objektet.

15. Tema: Kapasitans

Dersom arealet på platene til en parallell-plate kondensator dobles, vil kapasitansen

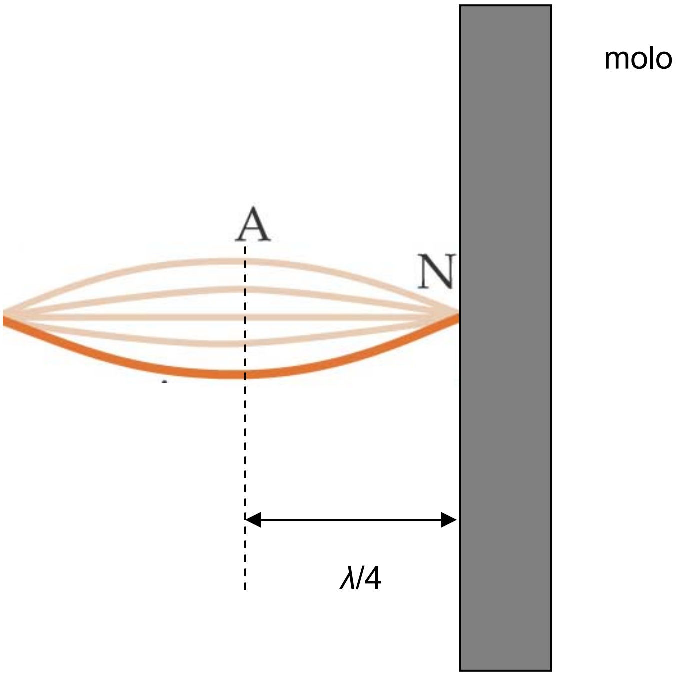
A) ikke endre seg **B) dobles** C) halveres
D) øke med en faktor 4 E) minke med en faktor ¼

Svar: **B** Fra utdelt formelark er uttrykket for kapasitansen til en parallell-plate kondensator gitt ved: $C = \varepsilon \frac{A}{d}$. Da sees det at når platearealene dobles så dobles kapasitansen.

16. Tema: Stående bølger

En havbølge treffer en molo vinkelrett på forplantningsretningen og reflekteres. Den innkommende bølgen har en hastighet 0,79 m/s og en periode på 4,8 s. Den reflekterte bølgen har samme hastighet og periode som den innkommende bølgen, men er snudd på hodet (fase-endring π). Det dannes en stående bølge med et knutepunkt (node) i veggen.
Hvor langt fra veggen er den nærmeste buk (antinode) i den stående bølgen?

A) 0,95 m B) 0,47 m C) 0,71 m D) 1,4 m E) 0,76 m



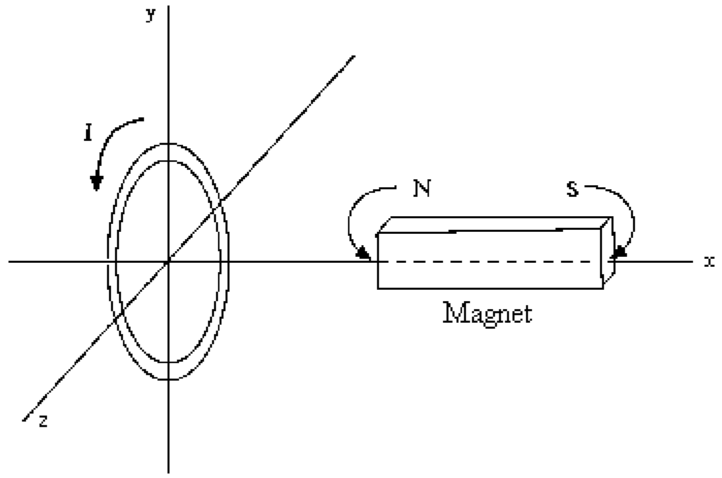
Svar: **A**

Situsjonen er vist i figuren hvor A = antinode =buk, og N= node = knutepunkt. Vi skal finne avstanden til den første buken fra veggen. Avstanden er en kvart bølgelengde og finnes fra:

$\lambda = vT$

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{vT}{4} = \left(\frac{\left(0,79\ \text{ms}^{-1}\right)\left(4,8\ \text{s}\right)}{4}\right) = \underline{\underline{0,95\ \text{m}}}$$

17. Tema: Lenz's lov



En kopperring ligger i yz-planet slik som vist i figuren. Magnetens akse ligger langs x-aksen. Indusert strøm går gjennom ringen slik som vist. Magneten må

A) bevege seg vekk fra ringen
B) bevege seg mot ringen
C) bevege seg enten vekk fra eller mot ringen
D) ikke nødvendigvis bevege seg, dvs. det spiller ingen rolle
E) holdes helt i ro for at strømmen skal gå gjennom ringen

Svar: **B** Ved høyrehåndsregel sees at *B*-felt som indusert strøm lager peker mot magneten. Dette feltet induseres for å motvirke den endring i magnetisk fluks gjennom ringen som bevegende magnet forårsaker. Den bevegende magnet må da bevege seg mot ringen.

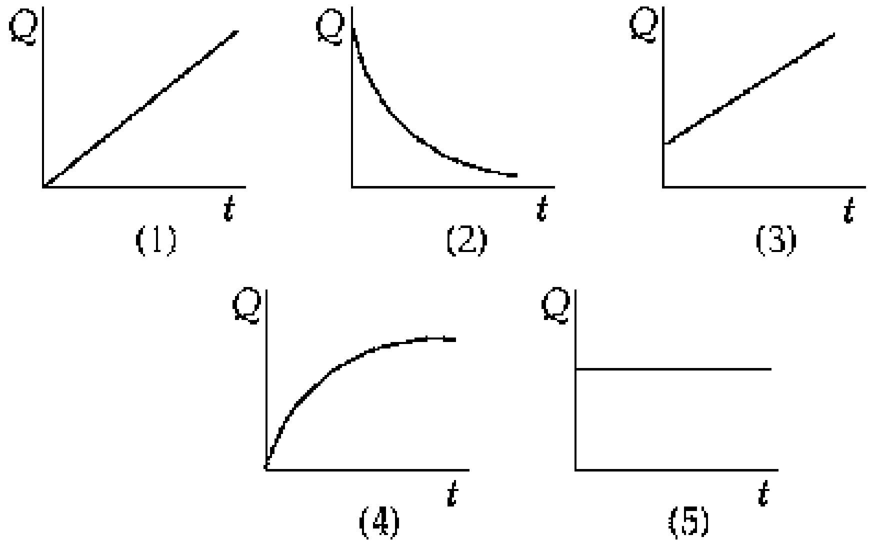
18. Tema: Kraft fra et magnetfelt på en ladd partikkel

Dersom magnetfeltvektoren har retning mot nord og en postivt ladet partikkel beveger seg mot øst, hva er retningen til den magnetiske kraften på partikkelen?

A) opp B) vest C) sør D) ned E) øst

Svar: **A** Dette sees fra kryssproduktet: $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$

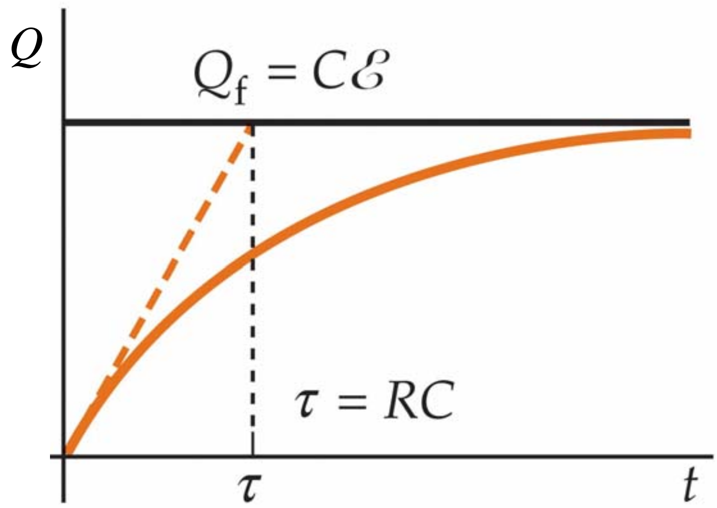
19. Tema: *RC* kretser



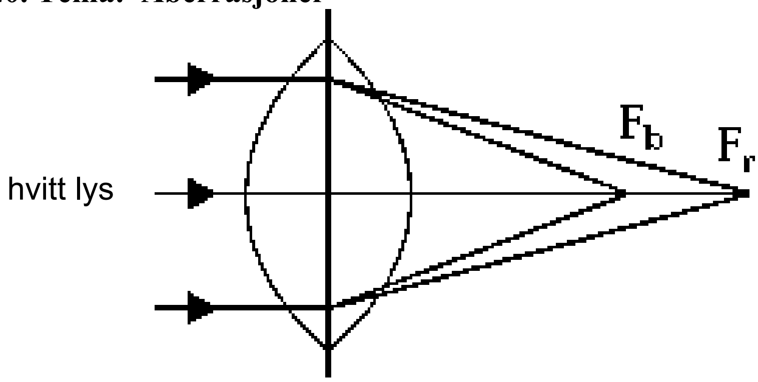
Ved opplading av en kondensator gjennom en motstand (RC-krets) vil kurven som på beste måte representerer ladning på en kondensator som funksjon av tid være

A) 1 B) 2 C) 3 **D) 4** E) 5

Svar: **D** Figuren under viser en graf av ladning Q på kondensatoren som funksjon av tid ved oppladning. Figuren er fra Tipler s.814



20. Tema: Aberrasjoner



Hvitt lys treffer en tykk linse: Rød bølgelengde og blå bølgelengde vil ha fokus i forskjellig avstand fra linseaksen (F_b er fokus for blå bølgelengde og F_r er fokus for rød bølgelengde). Linsen sies å fremvise

A) hypermetropia B) myopia C) astigmatisme
D) kromatisk aberrasjon E) sfærisk aberrasjon

Svar: **D**