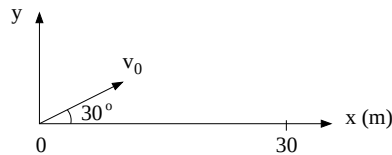


1) Med moderne nanoteknologi er det mulig å lage svært tynne metalltråder. Hvor mye sølv inneholder tråder av rent sølv med diameter 55 nm og total lengde $5.5 \cdot 10^8$ m? Sølv har massetetthet ca 10.5 g/cm^3 .

- A) 14 g B) 42 g C) 14 kg D) 42 kg E) 42 mg



2) En kanon skyter ut ei metallkule fra bakkenivå ($y_0 = 0$) med utgangsretning 30° over horisontalretningen. Kula lander 30 m unna. Hvor lenge var kula i lufta? Se bort fra luftmotstand.

- A) 1.6 s B) 1.9 s C) 2.2 s D) 2.5 s E) 2.8 s

3) En skiløper går i et pent kupert terreng med en hastighet $v(t)$ som kan beskrives med funksjonen

$$v(t) = v_0 \left(1 - \frac{1}{3} \sin \omega t \right).$$

Her er $v_0 = 4.5 \text{ m/s}$ og $\omega = 0.10 \text{ s}^{-1}$. Oppgavene 3 – 6 omhandler denne skiløperen. Hva er skiløperens maksimale hastighet?

- A) 3.0 m/s B) 4.5 m/s C) 6.0 m/s D) 7.5 m/s E) 9.0 m/s

4) Hva er skiløperens maksimale akselerasjon?

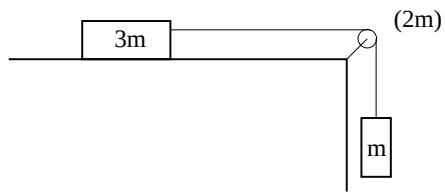
- A) 60 m/s^2 B) 18 m/s^2 C) 3.0 m/s^2 D) 0.15 m/s^2 E) 4.5 cm/s^2

5) I det vi antar at hastigheten varierer i takt med terrenget, hvor langt er det fra en bakketopp til den neste?

- A) 0.18 km B) 0.28 km C) 0.38 km D) 0.48 km E) 0.58 km

6) Skituren starter kl 10 og er 50 km lang. Omtrent når er skiløperen i mål?

- A) kl 13 B) kl 14 C) kl 15 D) kl 16 E) kl 17

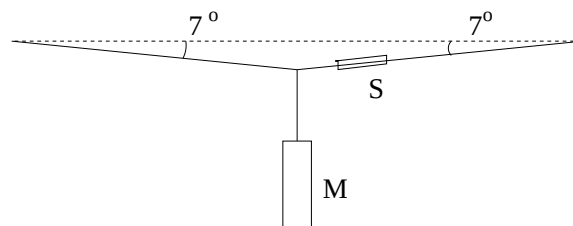


7) En masse m henger i ei snor. Snora går over ei masseløs trinse og er festet til en annen masse $3m$ som ligger på et horisontalt bord. Se bort fra all friksjon. Massen m holdes i ro og slippes. Når den har falt en distanse h vil den ha fått en fart v som kan uttrykkes ved formelen

- A) $v = \sqrt{gh/2}$ B) $v = \sqrt{gh/4}$ C) $v = \sqrt{gh}$ D) $v = \sqrt{4gh}$ E) $v = \sqrt{2gh}$

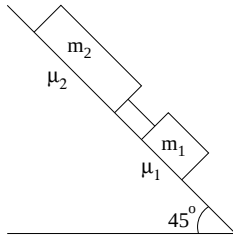
8) Hva blir farten v i oppgaven over hvis trinsa ikke er masseløs men har masse $2m$, radius R og treghetsmoment $I = mR^2$. Trinsa følger med snora uten å glippe.

- A) $v = \sqrt{2gh/9}$ B) $v = \sqrt{2gh/7}$ C) $v = \sqrt{2gh/5}$ D) $v = \sqrt{2gh/3}$ E) $v = \sqrt{2gh}$



9) Et lodd er festet i ei snor, som igjen er festet på midten av et tau. Ei fjærvekt viser at strekk-kraften i tauet nå er $S = 282$ N. Hva er loddets masse M ?

- A) 3 kg B) 4 kg C) 5 kg D) 6 kg E) 7 kg

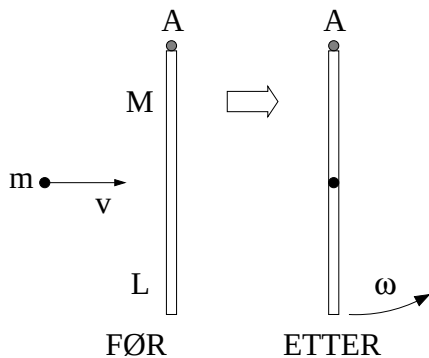


10) To klosser glir nedover et skråplan med helningsvinkel 45° og er forbundet med ei stiv og tilnærmet masseløs stang. Klossene har masse hhv m_1 og $m_2 = 2m_1$. Kinetiske friksjonskoeffisienter er $\mu_1 = \mu_2 = \mu$. Hva er klossenes akselerasjon a nedover skråplanet?

- A) $\sqrt{3}g/(1 + \mu)$ B) $g(2 - \mu/3)/\sqrt{5}$ C) $g\mu/3$ D) $g(1 - \mu)/\sqrt{2}$ E) $3g(1 - \mu/2)$

11) En liten kloss med masse m kan gli friksjonsfritt på en halvsirkelformet bane $y(x) = h - \sqrt{h^2 - x^2}$. Her er x horisontalt og y vertikalt, slik at tyngdens akselerasjon er $\mathbf{g} = -g\hat{y}$. Klossen slippes med null starthastighet i posisjon $(x, y) = (-h, h)$. Hva er klossens akselerasjon i posisjon $(0, 0)$?

- A) Null B) $g/2$ C) g D) $3g/2$ E) $2g$



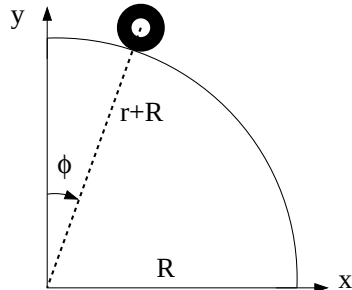
12) Ei tynn, jevntjukk stang har lengde $L = 1.0$ m og masse $M = 250$ g, og henger vertikalt i tyngdefeltet. Stanga kan svinge friksjonsfritt om en aksling i enden (A). Et prosjektil med masse $m = 2.5$ g skytes horisontalt med hastighet $v = 25.0$ m/s og treffer stanga på midten i en fullstendig uelastisk kollisjon. (Dvs prosjektilet sitter fast i stanga.) Hva blir vinkelhastigheten ω til stang med prosjektil umiddelbart etter kollisjonen? (Tips: Dreieimpulsbevarelse.)

- A) 0.17 s^{-1} B) 0.27 s^{-1} C) 0.37 s^{-1} D) 0.47 s^{-1} E) 0.57 s^{-1}

13) Anta nå at stanga med prosjektilet i forrige oppgave svinger harmonisk fram og tilbake med små utsving omkring likevekt. Hva er svingetiden (perioden) T for denne fysiske pendelen?

- A) 1.6 s B) 1.8 s C) 2.0 s D) 2.2 s E) 2.4 s

Tabellen til høyre viser posisjon (x, y) , målt i enheten centimeter (cm), og tid t , målt i enheten sekunder (s), for massesenteret til en taperull med masse $m = 70$ g, ytre radius $r = 3.75$ cm og indre radius 1.25 cm (dvs ei kompakt skive med et hull med diameter 2.50 cm i midten), som ruller på utsiden av en kvartsirkel med radius $R = 79.5$ cm. Oppgavene 14 – 17 er knyttet til denne figuren og tabellen.



t (s)	x (cm)	y (cm)
1.001	33.170	75.551
1.018	34.583	74.875
1.034	36.006	74.182
1.051	37.479	73.400
1.068	39.064	72.534
1.084	40.693	71.662
1.101	42.400	70.749
1.118	44.142	69.668
1.134	45.901	68.559
1.151	47.683	67.272
1.168	49.575	65.799
1.185	51.422	64.259
1.201	53.396	62.550
1.218	55.474	60.782
1.235	57.587	58.804
1.251	59.698	56.570
1.268	61.834	54.088
1.285	63.992	51.421
1.301	66.162	48.545
1.318	68.331	45.362
1.335	70.501	41.989
1.351	72.681	38.260
1.368	74.858	34.323
1.385	77.054	30.139
1.401	79.246	25.593

14) Et rimelig estimat for taperullens treghetsmoment med hensyn på symmetriaksen gjennom dens massesenter (dvs rotasjonsaksen) er

- A) $1.5 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2$ B) $2.5 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2$
 C) $3.5 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2$ D) $4.5 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2$
 E) $5.5 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2$

15) Taperullens hastighet ved $t = 1.351$ s (basert på tallene i tabellen) er omtrent

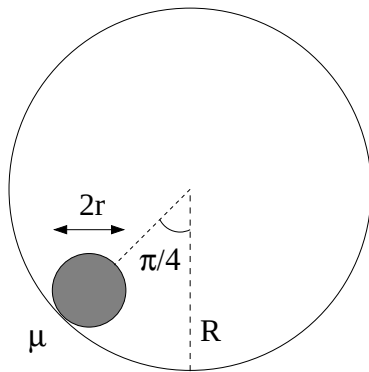
- A) 2.1 m/s B) 2.4 m/s
 C) 2.7 m/s D) 3.0 m/s
 E) 3.3 m/s

16) Hvor, angitt ved vinkelen ϕ i grader, er taperullen ved $t = 1.084$ s?

- A) 30° B) 40° C) 50° D) 60° E) 70°

17) Anta mer generelt at et legeme med masse m , radius r og treghetsmoment $I_0 = cmr^2$ starter med null hastighet praktisk talt på toppen (ved ϕ bittelitt større enn null) og ruller rent (dvs uten å gli) nedover kvartsirkelen. Hva er da legemets vinkelhastighet ω ved vinkelen ϕ ? (Tips: Energibevarelse.)

- A) $\sqrt{2g(r+R)(1-\cos\phi)/(c+1)r^2}$ B) $\sqrt{2g(r+R)(1-\cos\phi)/(c+1)r}$
 C) $\sqrt{g(1-\cos\phi)/(c+1)r}$ D) $\sqrt{gr(1-\cos\phi)/(c+1)R^2}$
 E) $\sqrt{g(r+R)(1-\cos\phi)/(c+3)}$

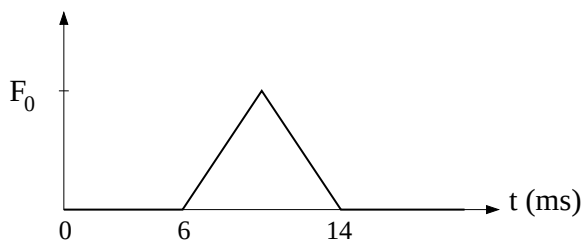


18) Et kuleskall med masse m og radius r kan rulle på innsiden av et større kuleskall med radius $R > r$. Hvis kuleskallet starter ved en vinkel på 45° (som i figuren), med null starthastighet, hvor stor må da den statiske friksjonskoeffisienten μ mellom de to kuleskallene minst være for at kuleskallet fra starten av skal rulle rent (uten å gli)? (Tips: Newtons 2. lov for translasjon og rotasjon.)

- A) $1/5$ B) $2/5$ C) $1/7$ D) $2/7$ E) $1/9$

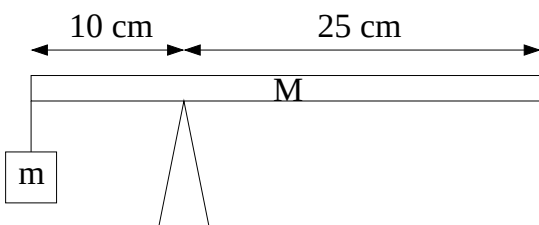
19) Kuleskallet i forrige oppgave passerer bunnen av banen med hastighet 59 cm/s . Det har masse $m = 0.15 \text{ kg}$ og radius $r = 2.0 \text{ cm}$, mens kuleskallet har radius $R = 10 \text{ cm}$. Hvor stor er nå normalkraften fra kuleskallet på kula?

- A) 0.6 N B) 1.1 N C) 1.6 N D) 2.1 N E) 2.6 N



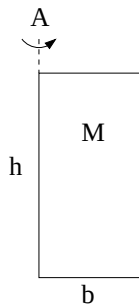
20) En bordtennisball (masse 2.7 g) kolliderer elastisk med en vegg. Ballen har hastighet 15 m/s rett mot veggen før kollisjonen. Grafen viser kraften $F(t)$ fra veggen på ballen gjennom kollisjonen, som varer en tid $\tau = 8.0 \text{ ms}$. Hva er kraftens maksimalverdi F_0 ?

- A) 10 N B) 15 N C) 20 N D) 25 N E) 30 N



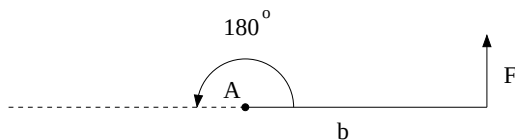
21) Ei jevntjukk stang med et lodd hengt på i enden balanserer, som vist i figuren. Stangas masse er $M = 6.0 \text{ kg}$. Hva er loddets masse m ?

- A) 3.5 kg B) 4.5 kg C) 5.5 kg D) 6.5 kg E) 7.5 kg



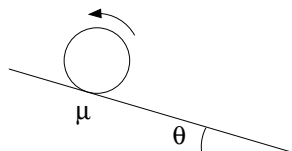
22) Hva er treghetsmomentet I_A til ei dør, med hensyn på den faste aksen (A) (ved døras hengsler)? Døra har masse M , høyde h og bredde b .

- A) $Mb^2/6$ B) $Mb^2/5$ C) $Mb^2/4$ D) $Mb^2/3$ E) $Mb^2/2$



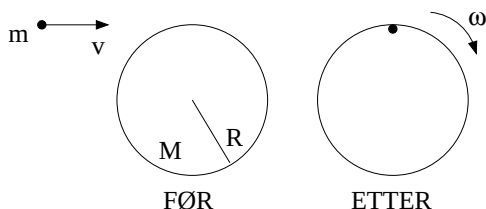
23) Ei dør, som i forrige oppgave, har treghetsmoment $I_A = 35 \text{ kg m}^2$ og bredde $b = 145 \text{ cm}$. Du bruker en konstant kraft $F = 15 \text{ N}$ som hele tiden står normalt på dørbladet, i avstand b fra aksen A. Hvor lang tid tar det da å åpne døra helt (dvs en vinkel 180°)?

- A) 2.7 s B) 3.2 s C) 3.7 s D) 4.2 s E) 4.7 s



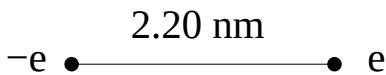
24) Et roterende hjul settes forsiktig rett ned på et skråplan med helningsvinkel $\theta = 20^\circ$. Den kinetiske friksjonskoeffisienten er μ . Sylinderen slurer mot skråplanet. Hva er betingelsen for at hjulet skal bevege seg oppover skråplanet?

- A) $\mu > 0.20$ B) $\mu > 0.24$ C) $\mu > 0.28$ D) $\mu > 0.32$ E) $\mu > 0.36$



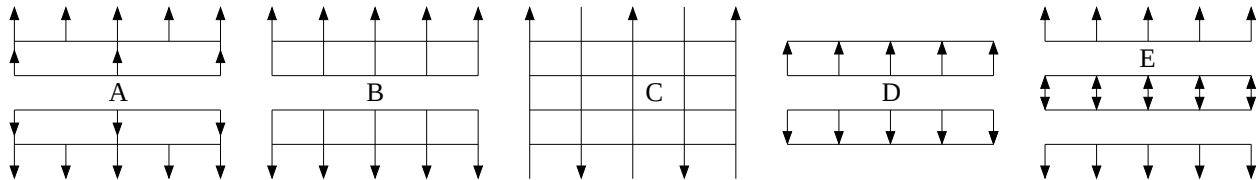
25) En person ("punktmasse") med masse m og fart v hopper inn tangentielt helt ytterst på en karusell med radius R , masse M og treghetsmoment $I_0 = MR^2/2$. Personen lander uten å gli. Karusellen er forankret i bakken og kan rotere tilnærmet friksjonsfritt omkring akslingen gjennom karusellens sentrum. Hva er karusellens omløpstid ("rundetid") T etter innhoppet? (Tips: Dreieimpulsbevarelse.)

- A) $\pi R(m + M)/Mv$ B) $\pi R(M/m - 1)/v$ C) $\pi R(2 + M/m)/v$ D) $\pi Rm/Mv$ E) $\pi vM/mR$



26) En elektrisk dipol består av to punktladninger $\pm e$ i innbyrdes avstand 2.20 nm . Hva er da elektrisk feltstyrke $|\mathbf{E}|$ midt mellom de to punktladningene?

- A) 1.18 GV/m B) 1.58 GV/m C) 1.98 GV/m D) 2.38 GV/m E) 2.78 GV/m



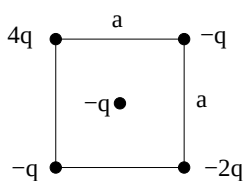
27) Fire svært store parallelle plan er plassert med fast innbyrdes avstand. Det øverste og nederste planet har negativ uniform ladning $-\sigma$ pr flateenhet. De to planene i midten har positiv uniform ladning σ pr flateenhet. Hvilken figur viser elektriske feltlinjer for dette systemet? (Tips: Superposisjonsprinsippet.)

28) Hvor stor er radien til en (kuleformet) ekvipotensialflate på 0.16 V med en punktladning $+e$ i sentrum? (Null potensial velges som vanlig uendelig langt unna.)

- A) 5 nm B) 7 nm C) 9 nm D) 11 nm E) 13 nm

29) En parallellplatekondensator med kapasitans $4.7 \mu\text{F}$ og innbyrdes plateavstand 2.2 mm har en spenning 3.5 kV mellom platene. Dette er da i realiteten en elektrisk dipol. Hva er kondensatorens dipolmoment?

- A) $36 \mu\text{C m}$ B) $46 \mu\text{C m}$ C) $56 \mu\text{C m}$ D) $66 \mu\text{C m}$ E) $76 \mu\text{C m}$

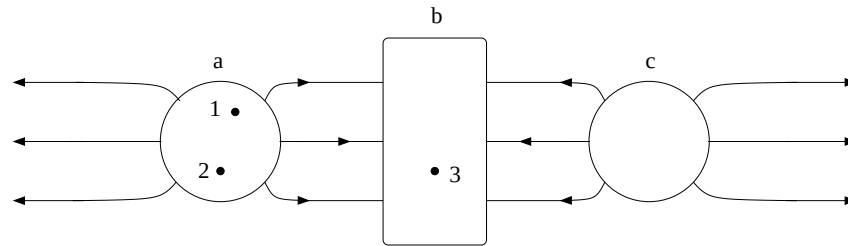


30) Fem punktladninger er plassert som i figuren (en i hvert av kvadratets hjørner og en i midten). Hva er nettokraften (i absoluttverdi) på ladningen $4q$ øverst til venstre?

- A) Null B) $5q^2/\pi\epsilon_0 a^2$ C) $(\sqrt{3} + 2)q^2/4\pi\epsilon_0 a^2$ D) $(\sqrt{2} + 3)q^2/\pi\epsilon_0 a^2$ E) $5q^2/4\pi\epsilon_0 a^2$

31) Hva er det elektriske potensialet i stor avstand ($r \gg a$) fra de fem punktladningene i forrige oppgave? (Vi velger $V = 0$ uendelig langt unna.)

- A) $-q/4\pi\epsilon_0 r$ B) $-3q/4\pi\epsilon_0 r$ C) $-5q/4\pi\epsilon_0 r$ D) $-7q/4\pi\epsilon_0 r$ E) $-9q/4\pi\epsilon_0 r$



32) Figuren viser to kuleformede (nr a og c) og en rektangulær (nr b) metallbit og feltlinjer for det elektriske feltet omkring. Hva kan du si om netto ladning Q_j ($j = a, b, c$) på hver av de tre metallbitene?

- A) $Q_a = 0, Q_b = 0, Q_c = 0$ B) $Q_a > 0, Q_b > 0, Q_c > 0$ C) $Q_a < 0, Q_b < 0, Q_c < 0$
 D) $Q_a > 0, Q_b < 0, Q_c > 0$ E) $Q_a > 0, Q_b = 0, Q_c > 0$

33) Ranger potensialene V_1, V_2 og V_3 i de avmerkede posisjonene i figuren over.

- A) $V_1 = V_2 = V_3$ B) $V_1 > V_2 > V_3$ C) $V_1 < V_2 < V_3$
 D) $V_1 < V_2 = V_3$ E) $V_1 = V_2 > V_3$

34) Dersom potensialet i xy -planet er

$$V(x, y) = V_0 \left(\frac{x^2 + y^2}{a^2} \right),$$

(der V_0 og a er konstanter) hva er da den elektriske feltstyrken $|\mathbf{E}|$ i punktet $(2a, -a)$?

- A) V_0/a B) $\sqrt{3}V_0/a$ C) $\sqrt{5}V_0/a$ D) $2\sqrt{3}V_0/a$ E) $2\sqrt{5}V_0/a$

35) Et proton (ladning e , masse m_p) befinner seg i xy -planet der det elektriske feltet $\mathbf{E}$ har komponentene $E_x = -E_0 x/a$ og $E_y = -E_0 y/a$ i hhv x - og y -retning. Her er $E_0 = 2.0$ MV/m og $a = 2.0$ μm . Med passende startbetingelser vil protonet svinge harmonisk fram og tilbake omkring origo, dvs

$$x(t) = x_0 \sin \omega_0 t \quad , \quad y(t) = y_0 \sin \omega_0 t,$$

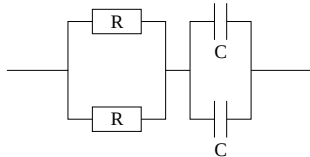
med vinkelfrekvens ω_0 . Hva blir perioden (svingetiden) $T = 2\pi/\omega_0$?

- A) 0.64 ps B) 0.64 ns C) 0.64 μs D) 0.64 ms E) 0.64 s



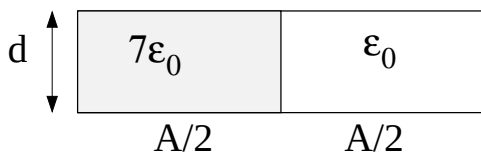
36) Hva er total kapasitans til de fem seriekoblede kondensatorene i figuren?

- A) $0.1 \mu\text{F}$ B) $0.4 \mu\text{F}$ C) $1.0 \mu\text{F}$ D) $2.0 \mu\text{F}$ E) $10 \mu\text{F}$



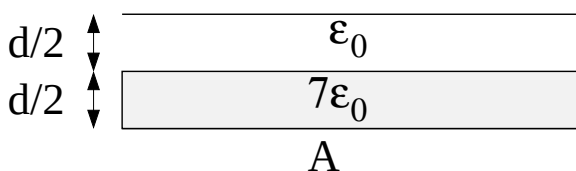
37) Hva er tidskonstanten τ til kretsen i figuren når $R = 4.0 \text{ M}\Omega$ og $C = 5.0 \mu\text{F}$?

- A) 5.0 s B) 20 s C) 40 s D) 60 s E) 80 s



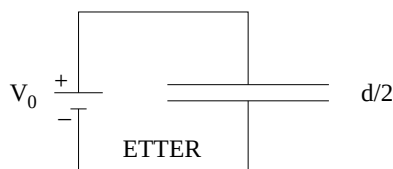
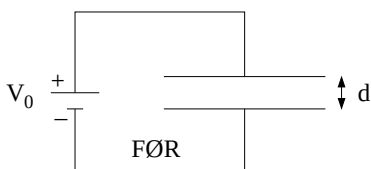
38) Venstre halvdel av en parallellplatekondensator er fylt med et dielektrikum med relativ permittivitet 7. I høyre halvdel er det luft. Plateavstand og plateareal er hhv $d = 0.5 \text{ mm}$ og $A = 5.0 \text{ cm}^2$. Hva er kondensatorens kapasitans?

- A) 75 pF B) 55 pF C) 35 pF D) 15 pF E) 5.0 pF



39) Nederste halvdel av en parallellplatekondensator er fylt med et dielektrikum med relativ permittivitet 7. I øvre halvdel er det luft. Plateavstand og plateareal er hhv $d = 0.5 \text{ mm}$ og $A = 5.0 \text{ cm}^2$. Hva er kondensatorens kapasitans?

- A) 75 pF B) 55 pF C) 35 pF D) 15 pF E) 5.0 pF

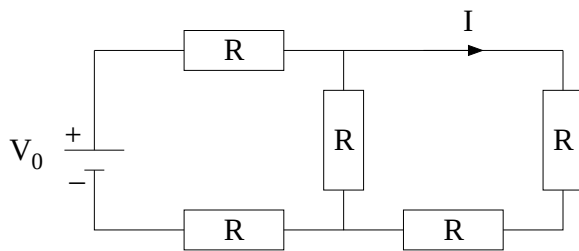


40) En likespenningskilde V_0 er koblet til en parallellplatekondensator med plateavstand d . Hva skjer med ladingen $(\pm)Q$ på kondensatorplatene dersom plateavstanden halveres?

- A) Q doubles B) Q firedoubles C) Q halveres D) Q reduseres til $Q/4$ E) Q endres ikke

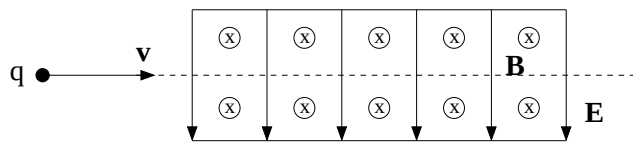
41) Ved romtemperatur har kobber elektrisk ledningsevne $\sigma = 6.0 \cdot 10^7 \text{ S/m}$ (siemens pr meter; $S = 1/\Omega$). Hva er da motstanden til en hundre meter lang kobbertråd med tverrsnitt 4.5 mm^2 ?

- A) 0.17Ω B) 0.37Ω C) 0.57Ω D) 0.77Ω E) 0.97Ω



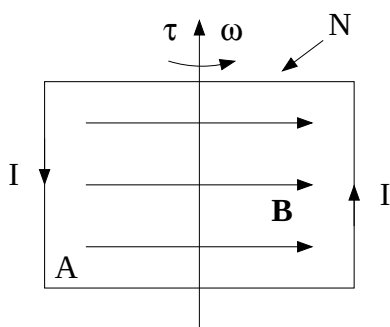
42) I figuren er $V_0 = 10 \text{ V}$ og $R = 5.0 \Omega$. Hva er strømmen I ? (Se figur.)

- A) 0.15 A B) 0.25 A C) 0.35 A D) 0.45 A E) 0.55 A



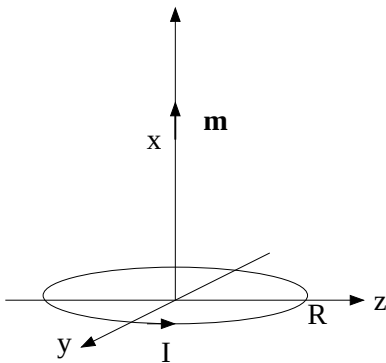
43) Mellom de to platene i figuren er det et uniformt elektrisk felt rettet nedover med feltstyrke 7.5 kV/m og et uniformt magnetfelt rettet inn i pappplanet med feltstyrke 0.44 T . Protoner (med ladning $q = e$) kommer inn fra venstre, som vist i figuren. Hva er protonets hastighet v dersom det passerer uten å avbøyes?

- A) 11 km/s B) 14 km/s C) 17 km/s D) 20 km/s E) 23 km/s



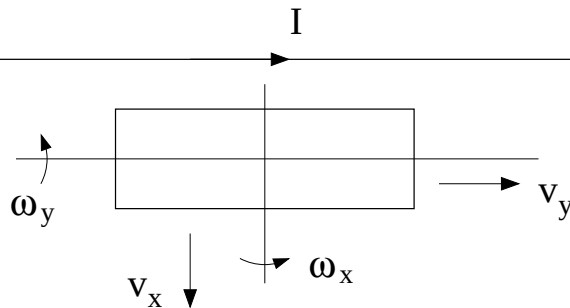
44) I en rektangulær spole med $N = 650$ viklinger går det en likestrøm $I = 6.5 \text{ A}$. Spolen omslutter et areal $A = 0.65 \text{ m}^2$ og er plassert i et uniformt magnetfelt med feltstyrke $B = 65 \text{ mT}$. Hva er maksimalt dreiemoment på spolen?

- A) 119 Nm B) 179 Nm C) 239 Nm D) 299 Nm E) 359 Nm



45) En liten magnetisk dipol med dipolmoment $\mathbf{m} = m\hat{x}$ befinner seg i posisjon x på aksen til ei sirkulær strømsløyfe som har radius R , sentrum i origo og som fører en strøm I . Dipolen påvirkes nå av en kraft i x -retning, $\mathbf{F} = F_x \hat{x}$. Hvordan avtar F_x med avstanden x når $x \gg R$? (Oppgitt: $F_x = -dU(x)/dx$.)

- A) $F_x \sim x^{-2}$ B) $F_x \sim x^{-3}$ C) $F_x \sim x^{-4}$ D) $F_x \sim x^{-5}$ E) $F_x \sim x^{-6}$



46) En lang, rett strømførende leder fører en strøm I . En rektangulær spole er plassert i nærheten av den rette lederen, som vist i figuren. En spenning kan nå induseres i spolen på ulike måter. Hvilket av følgende eksperimenter gir *ikke* en indusert spenning i spolen?

- A) Spolen står i ro mens strømmen I i den rette lederen varierer harmonisk med tiden.
 B) Spolen roterer med vinkelhastighet ω_x om x -aksen.
 C) Spolen roterer med vinkelhastighet ω_y om y -aksen.
 D) Spolen trekkes med hastighet v_x i x -retning (dvs bort fra den rette lederen).
 E) Spolen trekkes med hastighet v_y i y -retning (dvs parallelt med den rette lederen).

47) En kondensator med kapasitans $4.7 \mu\text{F}$ er tilført ladning $\pm 9.5 \mu\text{C}$. Kondensatoren kobles deretter til en spole med induktans $4.7 \mu\text{H}$. Ladningen på kondensatoren og strømmen i kretsen vil nå variere harmonisk med tiden ($Q(t) = Q_0 \cos \omega_0 t$, $I(t) = I_0 \sin \omega_0 t$). Hva er frekvensen f til disse harmoniske svingningene?

- A) 14 kHz B) 19 kHz C) 24 kHz D) 29 kHz E) 34 kHz

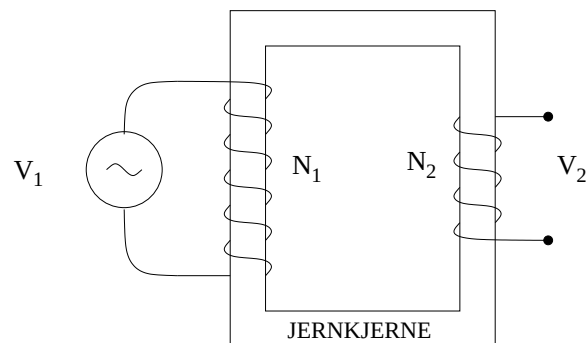
48) Med et amperemeter og et voltmeter har du målt hhv strøm gjennom og spenning over en motstand. Målingene gav resultatet $I = 7.7 \text{ A} \pm 0.1 \text{ A}$ og $V = 1.5 \text{ V} \pm 0.3 \text{ V}$. Hva er da korrekt angivelse av motstandens resistans, med usikkerhet?

- A) $R = 0.19 \Omega \pm 0.08 \Omega$ B) $R = 0.19 \Omega \pm 0.10 \Omega$ C) $R = 0.19 \Omega \pm 0.06 \Omega$
D) $R = 0.19 \Omega \pm 0.02 \Omega$ E) $R = 0.19 \Omega \pm 0.04 \Omega$

49) En resonanskrets består av en seriekobling av en motstand $4.2 \text{ m}\Omega$, en induktans 5.0 mH og en kapasitans $3.4 \mu\text{F}$. Hva er kretsens såkalte Q-faktor ("kvalitetsfaktor")? (Tips: Mekanisk analogi.)

- A) $9.1 \cdot 10^3$ B) $9.1 \cdot 10^4$ C) $9.1 \cdot 10^5$ D) $9.1 \cdot 10^6$ E) $9.1 \cdot 10^7$

50)



En ideell transformator med jernkjerne (alle magnetiske flukslinjer inne i jernkjernen) har $N_1 = 600$ viklinger på primærsiden og $N_2 = 90$ viklinger på sekundærsiden. En vekselspenning V_1 med amplitude 55 kV kobles til primærsiden. Hva blir amplituden til spenningen V_2 på sekundærsiden?

- A) 5.0 kV B) 6.1 kV C) 7.2 kV D) 8.3 kV E) 9.4 kV