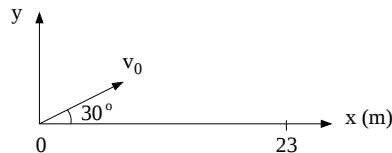


1) Med moderne nanoteknologi er det mulig å lage svært tynne metalltråder. Hva blir total lengde av tråder av rent sølv med diameter 55 nm og total masse 1.0 g? Sølv har massetetthet ca 10.5 g/cm³.

- A) $4.0 \cdot 10^3$ m B) $4.0 \cdot 10^5$ m C) $4.0 \cdot 10^7$ m D) $4.0 \cdot 10^9$ m E) $4.0 \cdot 10^{11}$ m



2) En kanon skyter ut ei metallkule fra bakkenivå ($y_0 = 0$) og med utgangsretning 30° over horisontalretningen. Kula lander 23 m unna. Hva var kulas starthastighet v_0 ? Se bort fra luftmotstand.

- A) 16 m/s B) 21 m/s C) 26 m/s D) 31 m/s E) 36 m/s

3) Usain Bolt satte verdensrekord på 200 m i Berlin i 2009, med tiden 19.19 s. Bolts hastighet $v(t)$ gjennom rekordløpet kan med noenlunde brukbar tilnærming beskrives med funksjonen

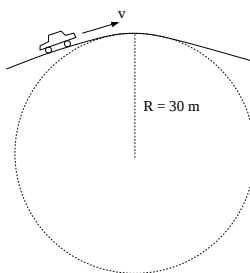
$$v(t) = v_0 (1 - e^{-t/\tau}),$$

med maksimal hastighet $v_0 = 12.0$ m/s og "tidskonstant" $\tau = 1.30$ s. Hva var Bolts maksimale baneakselerasjon (dvs i fartsretningen)?

- A) 6.23 m/s² B) 7.23 m/s² C) 8.23 m/s² D) 9.23 m/s² E) 10.23 m/s²

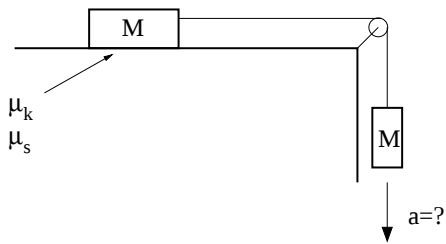
4) Hvilken ligning angir sammenhengen mellom Bolts tilbakelagte distanse x og tidsbruk t ?

- A) $x = v_0 (t - \tau - t \exp(-t/\tau))$ B) $x = v_0 (t - \tau - \tau \exp(-t/\tau))$ C) $x = v_0 (t + \tau + \tau \exp(-t/\tau))$
 D) $x = v_0 (t + \tau - \tau \exp(-t/\tau))$ E) $x = v_0 (t - \tau + \tau \exp(-t/\tau))$



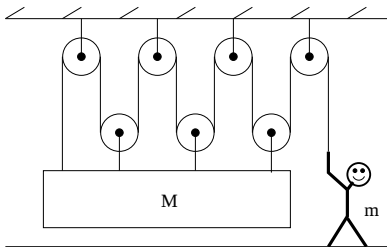
5) En bil kjører over en bakketopp med krumningsradius 30 m. Hvor stor kan farten være på toppen uten at bilen mister kontakten med underlaget?

- A) 22 km/h B) 32 km/h C) 42 km/h
 D) 52 km/h E) 62 km/h



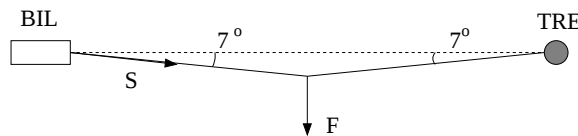
6) En masse M ligger på et bord og er via ei tilnærmet masseløs snor og friksjonsfri trinse bundet sammen med en like stor masse M . Koeffisienter for statisk og kinetisk friksjon mellom M og bordet er $\mu_s = \mu_k = 0.4$. Hva blir massenes akselerasjon a ?

- A) $a = 0$ B) $a = 0.3g$ C) $a = 0.5g$ D) $a = 0.7g$ E) $a = g$



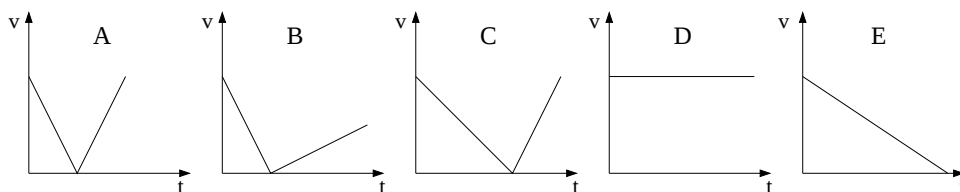
7) Anta at det tilnærmet masseløse tauet kan gli uten friksjon over taljene i figuren. Hvor tung kasse (inklusive de tre taljene festet til kassa) kan mannen løfte (uten å miste kontakten med underlaget)?

- A) $M < 4m$ B) $M < 5m$ C) $M < 6m$ D) $M < 7m$ E) $M < 8m$

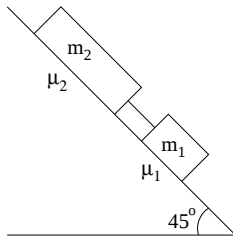


8) Du drar midt på tauet mellom bilen og treet med en kraft $F = 0.20$ kN. Hva blir da kraften S på bilen (som i likhet med treet står i ro)?

- A) 0.22 kN B) 0.52 kN C) 0.82 kN D) 1.12 kN E) 1.42 kN

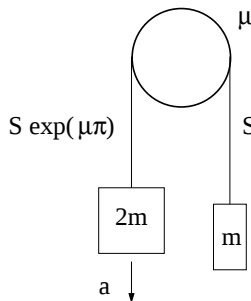


9) En kloss sendes oppover et skråplan med starthastighet v_0 . Klossen snur og glir ned igjen. Det er friksjon mellom klossen og skråplanet. Hvilken figur viser absoluttverdien av klossens hastighet v som funksjon av tiden t ?



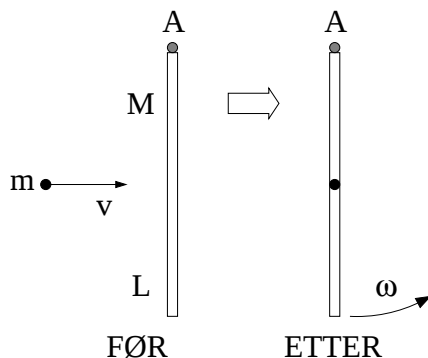
10) To klosser ligger på et skråplan med helningsvinkel 45° og er forbundet med ei stiv og tilnærmet masseløs stang. Klossene har masse hhv $m_1 = 80 \text{ g}$ og $m_2 = 160 \text{ g}$. Statistiske friksjonskoeffisienter er hhv μ_1 og μ_2 (se figur). Hvilken ulikhet må være oppfylt for at de to klossene skal bli liggende i ro?

- A) $\mu_1 + \mu_2 \geq 1/\sqrt{2}$ B) $\mu_1 + 2\mu_2 \geq 3/\sqrt{2}$ C) $\mu_1 + 2\mu_2 \geq 3$ D) $2\mu_1 + \mu_2 \geq 1$
 E) $2\mu_1 + \mu_2 \geq \sqrt{2}$



11) Kinetisk friksjonskoeffisient mellom snor og sylinder i figuren er $\mu = 0.170$. Snora går *en* gang over sylindren (kontaktvinkel 180°), slik at snordraget endrer seg med faktoren $\exp(\mu\pi)$ fra den ene til den andre siden. De to loddene har masse hhv 2.00 og 4.00 kg . Hva blir loddenes akselerasjon a ?

- A) 0.78 m/s^2 B) 1.78 m/s^2 C) 2.78 m/s^2 D) 3.78 m/s^2 E) 4.78 m/s^2



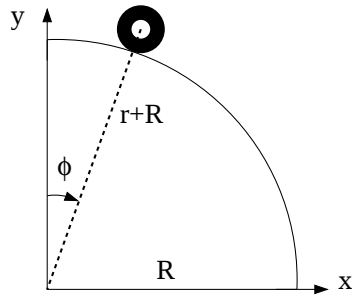
12) Ei tynn, jevntjukk stang har lengde $L = 1.0 \text{ m}$ og masse $M = 150 \text{ g}$, og henger vertikalt i tyngdefeltet. Stanga kan svinge friksjonsfritt om en aksling i enden (A). Et prosjektil med masse $m = 10 \text{ g}$ skytes horisontalt med hastighet $v = 31.5 \text{ m/s}$ og treffer stanga 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) 2.0 s^{-1} B) 3.0 s^{-1} C) 4.0 s^{-1} D) 5.0 s^{-1} E) 6.0 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) 1.0 s B) 1.3 s C) 1.6 s D) 1.9 s E) 2.2 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 er

- A) $I_0 = mr^2/9$ B) $I_0 = 2mr^2/9$
 C) $I_0 = 3mr^2/9$ D) $I_0 = 4mr^2/9$
 E) $I_0 = 5mr^2/9$

15) Taperullens hastighet ved $t = 1.201$ s (basert på tallene i tabellen) er omtrent

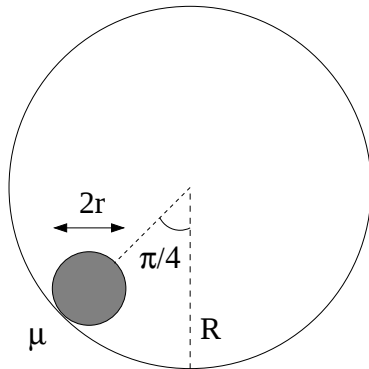
- A) 0.7 m/s B) 1.0 m/s
 C) 1.3 m/s D) 1.6 m/s
 E) 1.9 m/s

16) Hvor, angitt ved vinkelen ϕ i grader, er taperullen ved $t = 1.351$ s?

- A) 32° B) 42° C) 52° D) 62° E) 72°

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 hastighet V ved vinkelen ϕ ? (Tips: Energibevarelse.)

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

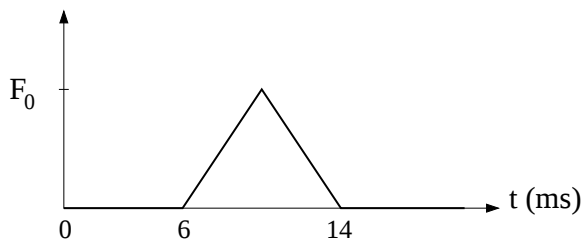


18) Ei kompakt kule med masse m og radius r kan rulle på innsiden av et kuleskall med radius $R > r$. Hvis kula starter ved en vinkel på 45° (som i figuren), med null starthastighet, hvor stor må da den statiske friksjonskoeffisienten μ mellom kule og kuleskall minst være for at kula fra starten av skal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

- A) $1/7$ B) $2/7$ C) $1/5$ D) $2/5$ E) $1/3$

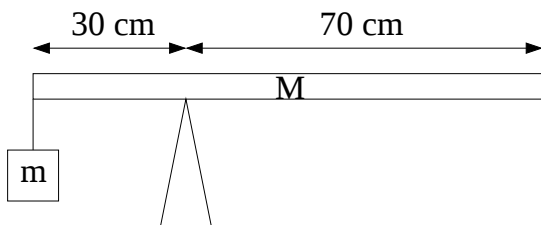
19) Kula i forrige oppgave passerer bunnen av banen med hastighet 81 cm/s . Kula har masse $m = 1.0 \text{ kg}$ og radius $r = 4.0 \text{ cm}$, mens kuleskallet har radius $R = 20 \text{ cm}$. Hvor stor er nå normalkraften fra kuleskallet på kula?

- A) 6.0 N B) 8.0 N C) 10 N D) 12 N E) 14 N



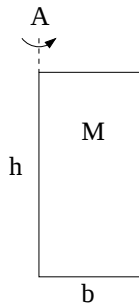
20) En tennisball (masse 57 g) kolliderer elastisk med en vegg. Ballen har hastighet 20 m/s rett mot veggen før kollisjonen. Grafen viser kraften $F(t)$ fra veggen på ballen gjennom kollisjonen, som varer en tid $\tau = 8.0 \text{ ms}$. Hva er kraftens maksimalverdi F_0 ?

- A) 0.17 kN B) 0.27 kN C) 0.37 kN D) 0.47 kN E) 0.57 kN



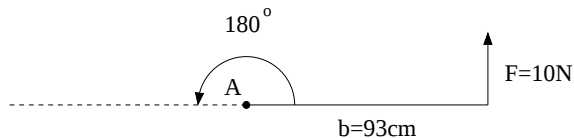
21) Ei jevntjukk stang med et lodd hengt på i enden balanserer, som vist i figuren. Basert på tallverdiene i figuren, hva er forholdet mellom loddets masse m og stangas masse M ?

- A) $m/M = 3/7$ B) $m/M = 3/10$ C) $m/M = 3/5$ D) $m/M = 2/3$ E) $m/M = 1/3$



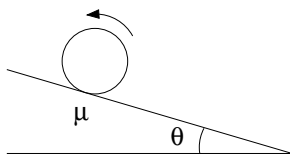
22) Hva er treghetsmomentet I_A til ei dør, med hensyn på den faste aksen (A) (ved døras hengsler)? Døra har masse M , høyde h og bredde b .

- A) $Mh^2/3$ B) $Mb^2/3$ C) $Mh^2/6$ D) $Mb^2/6$ E) $Mhb/3$



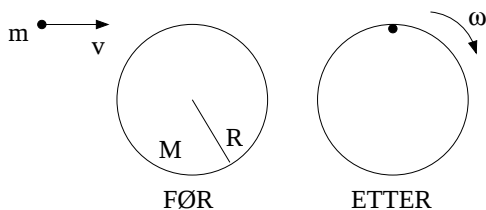
23) Ei dør, som i forrige oppgave, har treghetsmoment $I_A = 10 \text{ kg m}^2$ og bredde $b = 93 \text{ cm}$. Du bruker en konstant kraft $F = 10 \text{ N}$ som hele tiden står normalt på dørbladet, i avstand b fra aksen A. Hvor lang tid tar det da å åpne døra helt (dvs en vinkel 180°)?

- A) 1.6 s B) 2.1 s C) 2.6 s D) 3.1 s E) 3.6 s



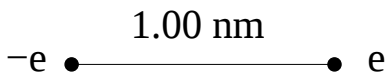
24) Et roterende hjul settes forsiktig rett ned på et skråplan med helningsvinkel θ . Den kinetiske friksjonskoeffisienten er μ . Sylindren slurer mot skråplanet. Hva er betingelsen for at hjulet skal bevege seg oppover skråplanet?

- A) $\mu > \sin \theta$ B) $\mu > \cos \theta$ C) $\mu > \tan \theta$ D) $\mu > 1/\sin \theta$ E) $\mu > 1/\tan \theta$



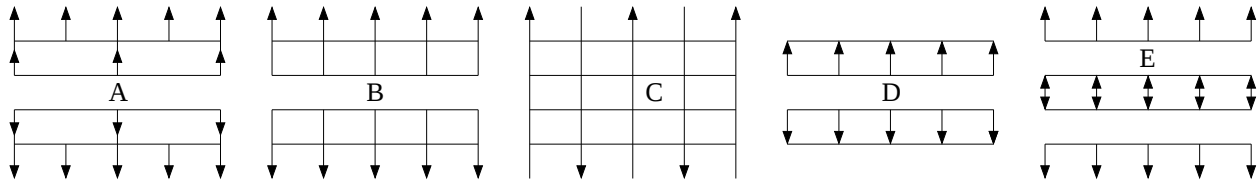
25) Tidemann (fem år, "punktmasse", $m = 20 \text{ kg}$) har fart $v = 4.0 \text{ m/s}$ i det han hopper inn tangentielt helt ytterst på karusellen (radius $R = 1.0 \text{ m}$, masse $M = 100 \text{ kg}$, treghetsmoment $I_0 = MR^2/2$), der han lander uten å gli. Karusellen er forankret i bakken og kan rotere tilnærmet friksjonsfritt omkring akslingen gjennom karusellens sentrum. Hva er karusellens omløpstid ("rundetid") T etter Tidemanns innhopp? (Tips: Dreieimpulsbevarelse.)

- A) 1.5 s B) 2.5 s C) 3.5 s D) 4.5 s E) 5.5 s



26) En elektrisk dipol består av to punktladninger $\pm e$ i innbyrdes avstand 1.00 nm. Hva er da elektrisk feltstyrke $|\mathbf{E}|$ i avstand 2.00 nm fra hver av de to punktladningene?

- A) 80 MV/m B) 130 MV/m C) 180 MV/m D) 230 MV/m E) 280 MV/m



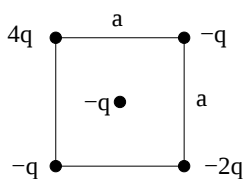
27) Fire svært store parallelle plan, alle med positiv uniform ladning σ pr flateenhet, er plassert med fast innbyrdes avstand (se figur). Hvilken figur viser elektriske feltlinjer for dette systemet? (Tips: Superposisjonsprinsippet.)

28) Hvor stor er radien til en (kuleformet) ekvipotensialflate på 15 kV med en punktladning $15 \mu\text{C}$ i sentrum? (Null potensial velges som vanlig uendelig langt unna.)

- A) 9.0 mm B) 90 mm C) 90 cm D) 9.0 m E) 90 m

29) En parallellplatekondensator med kapasitans $5.1 \mu\text{F}$ og innbyrdes plateavstand 3.5 mm har en spenning 2.7 kV mellom platene. Dette er da i realiteten en elektrisk dipol. Hva er kondensatorens dipolmoment?

- A) $18 \mu\text{C m}$ B) $28 \mu\text{C m}$ C) $38 \mu\text{C m}$ D) $48 \mu\text{C m}$ E) $58 \mu\text{C m}$

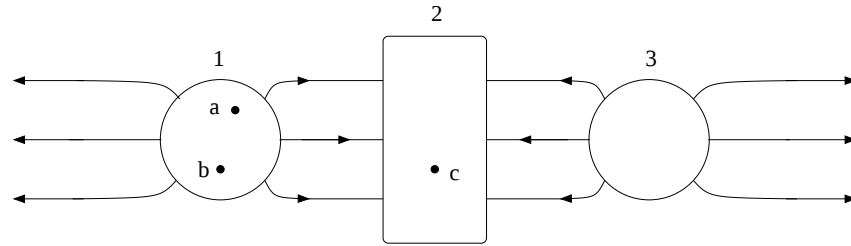


30) Fem punktladninger er plassert som i figuren (en i hvert av kvadratets hjørner og en i midten). Hva er nettokraften (i absoluttverdi) på ladningen i midten?

- A) $3q^2/\pi\epsilon_0 a^2$ B) $q^2/\pi\epsilon_0 a^2$ C) $q^2/2\pi\epsilon_0 a^2$ D) $q^2/4\pi\epsilon_0 a^2$ E) $3q^2/8\pi\epsilon_0 a^2$

31) Hva er den elektriske feltstyrken i stor avstand ($r \gg a$) fra de fem punktladningene i forrige oppgave?

- A) $q/8\pi\epsilon_0 r^2$ B) $q/4\pi\epsilon_0 r^2$ C) $q/2\pi\epsilon_0 r^2$ D) $q/\pi\epsilon_0 r^2$ E) $9q/4\pi\epsilon_0 r^2$

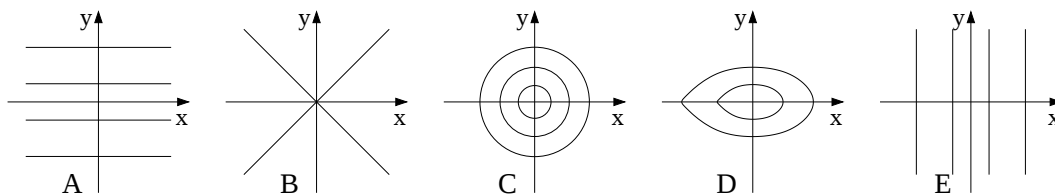


32) Figuren viser to kuleformede (nr 1 og 3) og en rektangulær (nr 2) metallbit og feltlinjer for det elektriske feltet omkring. Hva kan du si om netto ladning Q_j ($j = 1, 2, 3$) på hver av de tre metallbitene?

- A) $Q_1 = 0, Q_2 = 0, Q_3 = 0$ B) $Q_1 > 0, Q_2 < 0, Q_3 > 0$ C) $Q_1 < 0, Q_2 < 0, Q_3 < 0$
 D) $Q_1 > 0, Q_2 > 0, Q_3 > 0$ E) $Q_1 > 0, Q_2 = 0, Q_3 > 0$

33) Ranger potensialene V_a, V_b og V_c i de avmerkede posisjonene i figuren over.

- A) $V_a = V_b = V_c$ B) $V_a > V_b > V_c$ C) $V_a < V_b < V_c$
 D) $V_a < V_b = V_c$ E) $V_a = V_b > V_c$



34) Potensialet i xy -planet er

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

Her er V_0 og a konstanter med enhet hhv V og m. Hvilken figur viser ekvipotensialkurver for dette potensialet?

35) Et elektron (ladning $-e$, masse m_e) befinner seg i et todimensjonalt potensial

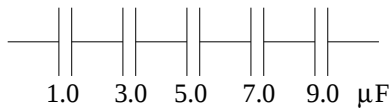
$$V(x, y) = -V_0 \left(\frac{x^2 + y^2}{a^2} \right).$$

Her er $V_0 = 10$ mV og $a = 100$ nm. Med passende startbetingelser vil elektronet svinge harmonisk fram og tilbake omkring origo, dvs

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

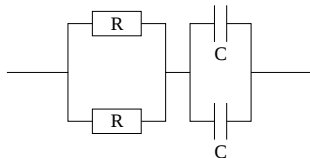
med vinkelfrekvens ω_0 . Hva blir perioden (svingetiden) $T = 2\pi/\omega_0$?

- A) 11 ms B) 11 μ s C) 11 ns D) 11 ps E) 11 fs



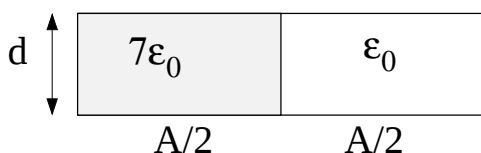
36) Hva er total kapasitans til de fem serie-koblede kondensatorene i figuren?

- A) $0.11 \mu\text{F}$ B) $0.56 \mu\text{F}$ C) $3.72 \mu\text{F}$ D) $8.91 \mu\text{F}$ E) $25.0 \mu\text{F}$



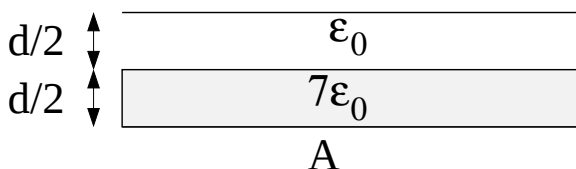
37) Hva er tidskonstanten τ til kretsen i figuren?

- A) $RC/4$ B) $RC/2$ C) RC D) $2RC$ E) $4RC$



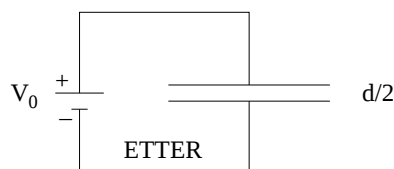
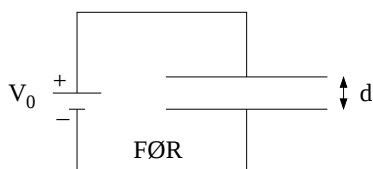
38) Venstre halvdel av en parallellplatekondensator er fylt med et dielektrikum med relativ permittivitet 7. I høyre halvdel er det luft. Hva er kondensatorens kapasitans?

- A) $\varepsilon_0 A/8d$ B) $7\varepsilon_0 A/4d$ C) $\varepsilon_0 A/d$ D) $4\varepsilon_0 A/d$ E) $8\varepsilon_0 A/d$



39) Nederste halvdel av en parallellplatekondensator er fylt med et dielektrikum med relativ permittivitet 7. I øvre halvdel er det luft. Hva er kondensatorens kapasitans?

- A) $\varepsilon_0 A/8d$ B) $7\varepsilon_0 A/4d$ C) $\varepsilon_0 A/d$ D) $4\varepsilon_0 A/d$ E) $8\varepsilon_0 A/d$

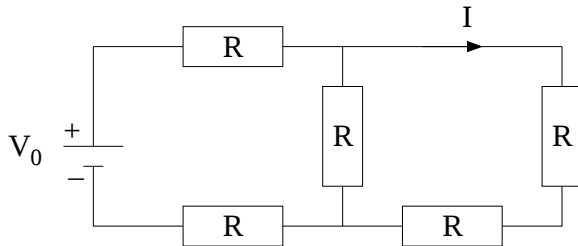


40) En likespenningskilde V_0 er koblet til en parallellplatekondensator med plateavstand d . Hva skjer med energien U som er lagret i det elektriske feltet mellom kondensatorplatene dersom plateavstanden halveres?

- A) U reduseres til $U/4$ B) U halveres C) U endres ikke D) U dobles
E) U firedobles

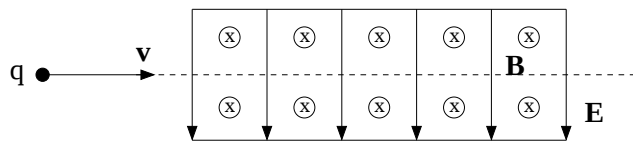
41) Ved romtemperatur har kobber elektrisk ledningsevne $\sigma = 6.0 \cdot 10^7 \text{ S/m}$ (siemens pr meter; $\text{S} = 1/\Omega$). Hva er da motstanden pr meter kobbertråd med tverrsnitt 2.5 mm^2 ?

- A) $3.7 \text{ m}\Omega$ B) $6.7 \text{ m}\Omega$ C) $9.7 \text{ m}\Omega$ D) 3.7Ω E) 6.7Ω



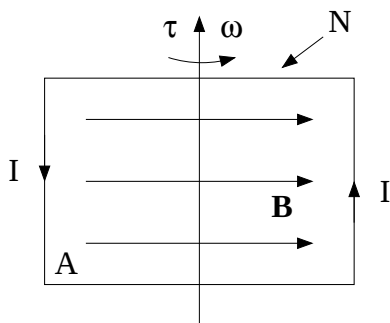
42) I figuren er $V_0 = 8.0 \text{ V}$ og $R = 1.0 \Omega$. Hva er strømmen I ? (Se figur.)

- A) 1.0 A B) 3.0 A C) 5.0 A D) 7.0 A E) 9.0 A



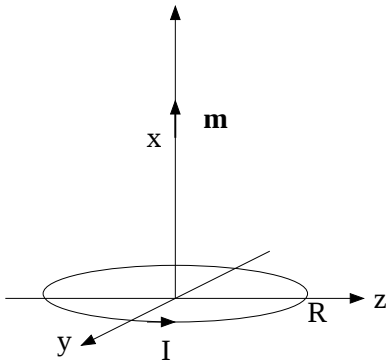
43) Mellom de to platene i figuren er det et uniformt elektrisk felt rettet nedover med feltstyrke 10 kV/m og et uniformt magnetfelt rettet inn i papirplanet med feltstyrke 10 mT . Elektroner (med ladning $q = -e$) kommer inn fra venstre, som vist i figuren. Hva er elektronets hastighet v dersom det passerer uten å avbøyes?

- A) 10^3 m/s B) 10^4 m/s C) 10^5 m/s D) 10^6 m/s E) 10^7 m/s



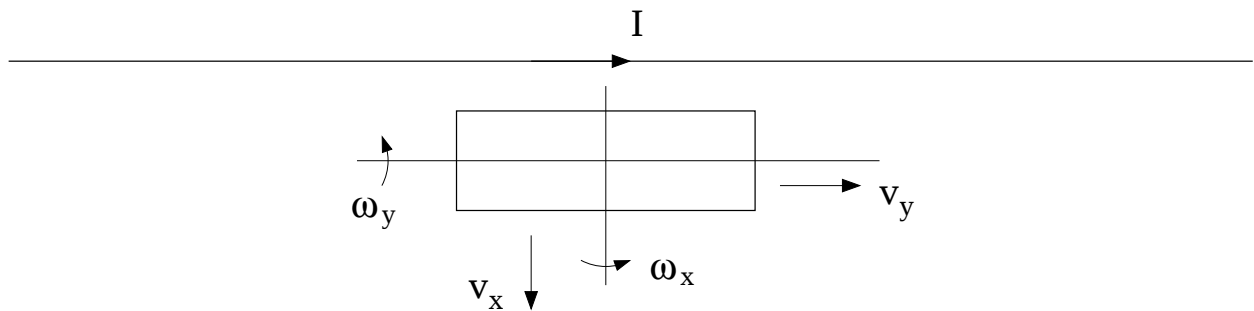
44) I en rektangulær spole med $N = 200$ viklinger går det en likestrøm $I = 10 \text{ A}$. Spolen omslutter et areal $A = 0.50 \text{ m}^2$ og er plassert i et uniformt magnetfelt med feltstyrke $B = 20 \text{ mT}$. Hva er maksimalt dreiemoment på spolen?

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



45) En liten magnetisk dipol med dipolmoment $\mathbf{m} = m\hat{x}$ befinner seg i posisjon x på aksene 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, $\mathbf{F} = F_x \hat{x}$. Hva er F_x ? (Oppgitt: $F_x = -dU(x)/dx$.)

- A) $F_x = -\frac{3m\mu_0 IR^2}{2(x^2 + R^2)^{1/2}}$
- B) $F_x = -\frac{3m\mu_0 IR^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}}$
- C) $F_x = -\frac{3m\mu_0 IR^2}{2(x^2 + R^2)^{5/2}}$
- D) $F_x = -\frac{3m\mu_0 IR^2 x}{2(x^2 + R^2)^{3/2}}$
- E) $F_x = -\frac{3m\mu_0 IR^2 x}{2(x^2 + R^2)^{5/2}}$



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

47) En kondensator med kapasitans $2.50 \mu\text{F}$ er tilført ladning $\pm 22.5 \mu\text{C}$. Kondensatoren kobles deretter til en spole med induktans $2.50 \mu\text{H}$. 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 perioden for disse harmoniske svingningene?

- A) $3.7 \mu\text{s}$ B) $6.7 \mu\text{s}$ C) $9.7 \mu\text{s}$ D) $12.7 \mu\text{s}$ E) $15.7 \mu\text{s}$

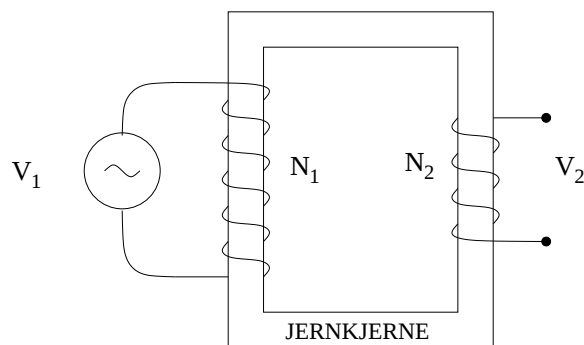
48) Med et amperemeter og et voltmeter har du målt hhv strøm gjennom og spenning over en motstand. Målingene gav resultatet $I = 2.5 \text{ A} \pm 0.2 \text{ A}$ og $V = 7.5 \text{ V} \pm 0.3 \text{ V}$. Hva er da korrekt angivelse av motstandens resistans, med usikkerhet?

- A) $R = 3.0 \Omega \pm 0.1 \Omega$
B) $R = 3.0 \Omega \pm 0.3 \Omega$
C) $R = 3.0 \Omega \pm 0.5 \Omega$
D) $R = 3.0 \Omega \pm 0.7 \Omega$
E) $R = 3.0 \Omega \pm 0.9 \Omega$

49) En resonanskrets består av en seriekobling av en motstand 7.00Ω , en induktans 15.0 mH og en kapasitans 4.00 nF . Hva er kretsens såkalte Q-faktor ("kvalitetsfaktor")? (Tips: Mekanisk analogi.)

- A) 277 B) 377 C) 477 D) 577 E) 677

50)



En ideell transformator med jernkjerne (alle magnetiske flukslinjer inne i jernkjernen) har $N_1 = 1600$ viklinger på primærsiden og $N_2 = 200$ viklinger på sekundærsiden. En vekselspenning V_1 med amplitude 2.4 kV kobles til primærsiden. Hva blir amplituden til spenningen V_2 på sekundærsiden?

- A) 0.3 kV B) 1.2 kV C) 2.4 kV D) 9.6 kV E) 19.2 kV