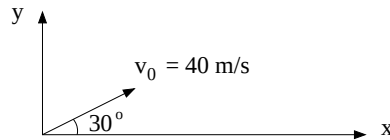


1) Med moderne nanoteknologi er det mulig å lage svært små partikler. Hva er massen til kuleformede sølvpartikler med diameter 60 nm? Sølv har massetetthet ca 10.5 g/cm^3 .

- A) 1.2 fg B) 5.6 fg C) 3.7 pg D) 8.8 pg E) 2.9 ng



2) En kanon skyter ut ei metallkule fra bakkenivå ($y_0 = 0$) med starthastighet 40 m/s og med utgangsretning 30° over horisontalretningen. Hvor lenge er kula i lufta før den lander (i samme høyde som den ble skutt ut)? Se bort fra luftmotstand.

- A) 1.1 s B) 2.1 s C) 3.1 s D) 4.1 s E) 5.1 s

Den gamle professor er ikke lenger i sin beste form, men vil likevel prøve å løpe 400 m. Professorens hastighet $v(t)$ kan med brukbar tilnærmelse beskrives med funksjonen

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

med $v_0 = 20 \text{ m/s}$ og $\tau = 15 \text{ s}$. Oppgavene 3 – 5 dreier seg om professorens firehundremeterløp.

3) Hva var professorens maksimale hastighet underveis?

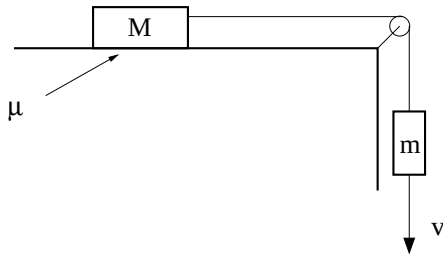
- A) 4.4 m/s B) 5.4 m/s C) 6.4 m/s D) 7.4 m/s E) 8.4 m/s

4) Hva var professorens maksimale akselerasjon underveis?

- A) 0.1 m/s^2 B) 0.5 m/s^2 C) 0.9 m/s^2 D) 1.3 m/s^2 E) 1.7 m/s^2

5) Hvordan endte løpet?

- A) Professoren måtte gi seg etter ca 300 m.
B) Professoren måtte gi seg halvveis.
C) Professoren kom i mål etter 270 s.
D) Professoren kom i mål etter 180 s.
E) Professoren kom i mål etter 90 s.



6) En masse M ligger på et bord og er via ei tilnærmet masseløs snor og friksjonsfri trinse bundet sammen med en masse m . Koeffisienter for statisk og kinetisk friksjon mellom M og bordet er μ . Hva er μ hvis de to massene beveger seg med konstant hastighet v ?

- A) $\mu = M/m$ B) $\mu = (M - m)/M$ C) $\mu = (M + m)/M$ D) $\mu = (M + m)/m$
E) $\mu = m/M$

7) Hva er snordraget i forrige oppgave hvis de to massene beveger seg med konstant hastighet v ?

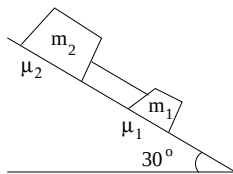
- A) mg B) Mg C) μmg D) mg/μ E) $(m + M)g$

8) Ei vogn glir friksjonsfritt på ei skinne og kolliderer fullstendig uelastisk med ei identisk vogn som står i ro før kollisjonen. Etter kollisjonen henger de to vognene sammen. Hvor mange prosent av systemets opprinnelige kinetiske energi gikk tapt i kollisjonen?

- A) 10% B) 30% C) 50% D) 70% E) 90%

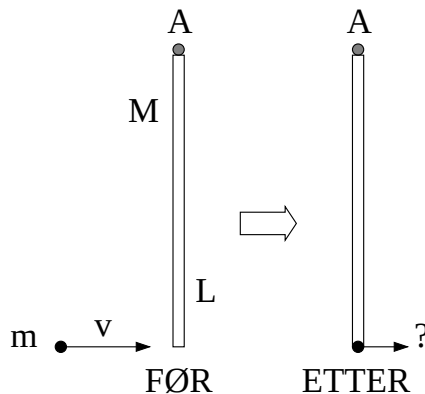
9) Ei kule med masse 165 g og diameter 60.0 mm slippes fra toppen av Eiffeltårnet og oppnår maksimal hastighet (terminalhastighet) før den treffer bakken. Luftmotstanden er på formen $-Dv^2$ med $D = 0.715 \text{ g/m}$. Hvor stor er terminalhastigheten?

- A) 27.6 m/s B) 37.6 m/s C) 47.6 m/s D) 57.6 m/s E) 67.6 m/s



10) To klosser ligger på et skråplan med helningsvinkel 30° og er forbundet med ei stiv og tilnærmet masseløs stang. Klossene har masse hhv $m_1 = 0.12$ kg og $m_2 = 0.16$ kg. Kinetiske friksjonskoeffisienter er hhv $\mu_1 = 0.20$ og $\mu_2 = 0.15$ (se figur). Hva blir klossenes akselerasjon?

- A) 1.0 m/s^2 B) 1.6 m/s^2 C) 2.2 m/s^2 D) 2.8 m/s^2 E) 3.4 m/s^2



11) Ei tynn, jevntjukk stang har lengde $L = 1.0$ m og masse $M = 150$ g, og henger vertikalt i tyngdefeltet. Stanga kan svinge friksjonsfritt om en aksling i enden (A). Et lite prosjektil med masse $m = 10$ g skytes horisontalt med hastighet $v = 180$ m/s og treffer stanga helt nederst i en fullstendig uelastisk kollisjon. (Dvs prosjektilet sitter fast i stanga.) Hva blir hastigheten til det lille prosjektilet (og enden av stanga) umiddelbart etter kollisjonen? (Tips: Dreieimpulsbevarelse.)

- A) 20 m/s B) 30 m/s C) 40 m/s D) 50 m/s E) 60 m/s

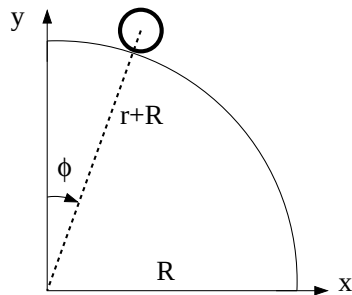
12) I forrige oppgave, hvordan og hvorfor endres den totale impulsen til systemet (stav og prosjektil) i løpet av kollisjonen mellom prosjektil og stav?

- A) Endres ikke. Ingen ytre nettokraft på systemet i kollisjonen.
 B) Avtar pga tyngdekraftens innvirkning.
 C) Øker pga tyngdekraftens innvirkning.
 D) Avtar pga kraften fra akslingen.
 E) Øker pga kraften fra akslingen.

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

- A) 0.19 Hz B) 0.39 Hz C) 0.59 Hz D) 0.79 Hz E) 0.99 Hz

Tabellen til høyre viser posisjon (x, y) , målt i enheten millimeter (mm), og tid t , målt i enheten millisekunder (ms), for massesenteret til en hul messingsylinder med masse $m = 89$ g, ytre radius $r = 19$ mm og indre radius 17 mm, som ruller på utsiden av en kvartsirkel med radius $R = 784$ mm. Oppgavene 14 – 17 er knyttet til denne figuren og tabellen.



t (ms)	x (mm)	y (mm)
1001	130.48	792.44
1034	140.32	790.80
1068	151.28	788.66
1101	163.14	786.32
1134	176.15	783.41
1168	190.13	779.55
1201	205.68	775.52
1235	222.44	770.70
1268	240.99	765.51
1301	260.57	758.59
1335	281.59	751.33
1368	304.59	742.06
1401	329.67	731.31
1435	356.68	718.06
1468	385.48	702.88
1502	417.50	685.07
1535	451.85	662.80
1568	487.60	635.93
1602	526.59	604.93
1635	567.59	565.93
1668	609.84	518.69
1702	653.46	462.80
1735	697.27	398.04
1768	740.41	319.27
1802	785.42	231.13
1835	830.43	131.73

14) Messingsylindersens treghetsmoment med hensyn på symmetriaksen gjennom dens massesenter (normalt på papirplanet i figuren) er omtrent

- A) $0.9mr^2$ B) $0.7mr^2$ C) $0.5mr^2$
 D) $0.3mr^2$ E) $0.1mr^2$

15) Sylindersens akselerasjon i x -retning ved $t = 1101$ ms (basert på tallene i tabellen) er omtrent

- A) 1.1 m/s^2 B) 2.2 m/s^2 C) 3.3 m/s^2
 D) 4.4 m/s^2 E) 5.5 m/s^2

16) Hvor, angitt ved vinkelen ϕ i grader, er sylindren ved $t = 1735$ ms?

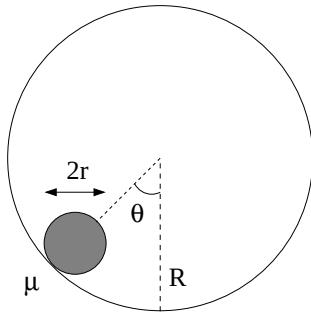
- A) 60° B) 65° C) 70° D) 75° E) 80°

17) Hvordan vil du best beskrive sylindersens bevegelse ved $t = 1835$ ms?

- A) Ren rulling.
 B) Fritt fall.
 C) Sluring med mindre vinkelhastighet enn det som tilsvarer ren rulling.
 D) Sluring med større vinkelhastighet enn det som tilsvarer ren rulling.
 E) Sluring med vinkelhastighet lik null.

18) De to stjernene Sirius A og Sirius B har masse hhv $4.017 \cdot 10^{30}$ kg og $1.945 \cdot 10^{30}$ kg. Anta at avstanden mellom de to stjernenes massesenter er $1.496 \cdot 10^{12}$ m. En liten asteroide befinner seg på forbindelseslinjen mellom de to stjernene, i avstand $2.992 \cdot 10^{11}$ m fra massesenteret til Sirius A. Hva er tyngdens akselerasjon i denne posisjonen, som følge av gravitasjonskraften fra de to stjernene?

- A) 2.9 mm/s^2 B) 7.9 mm/s^2 C) 2.9 cm/s^2 D) 7.9 cm/s^2 E) 29 cm/s^2

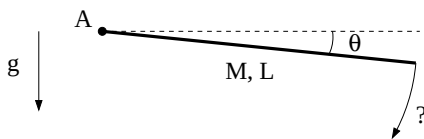


19) Ei kompakt kule med masse m og radius $r = 12.0$ cm befinner seg på innsiden av et kuleskall med radius $R = 54.0$ cm. Anta først at kula kan gli uten friksjon ($\mu = 0$). Hvor stor fart må kula ha ved bunnen ($\theta = 0$) for å nå toppen ($\theta = \pi$) uten å miste kontakten med underlaget?

- A) 2.94 m/s B) 3.34 m/s C) 3.74 m/s D) 4.14 m/s E) 4.54 m/s

20) Anta deretter at det er tilstrekkelig friksjon mellom kule og underlag til at kula kan rulle uten å gli på innsiden av kuleskallet. Kula passerer bunnen av banen med hastighet 275 cm/s . Hva er kulas hastighet ved $\theta = \pi/2$?

- A) 109 cm/s B) 114 cm/s C) 119 cm/s D) 124 cm/s E) 129 cm/s

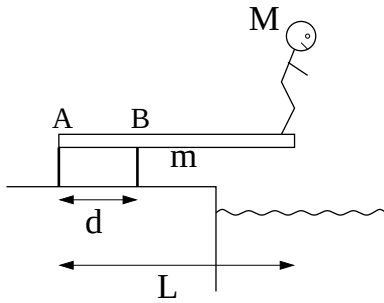


21) Ei jevntjukk stang har lengde $L = 100$ cm og masse $M = 800$ g. Stanga slippes fra sin horisontale orientering ($\theta = 0$) og roterer deretter friksjonsfritt omkring aksen A i enden av stanga. I begynnelsen ($\theta \ll 1$) roterer stanga med tilnærmet konstant vinkelakselerasjon $\ddot{\theta}$. Hvor stor er denne konstante vinkelakselerasjonen helt i starten?

- A) 4.7 s^{-2} B) 9.7 s^{-2} C) 14.7 s^{-2} D) 19.7 s^{-2} E) 24.7 s^{-2}

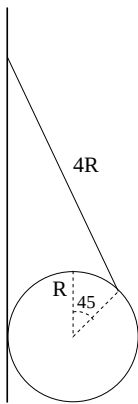
22) Hva er stangas vinkelhastighet ved $\theta = \pi/2$? (Tips: Energibevarelse.)

- A) 1.42 s^{-1} B) 3.42 s^{-1} C) 5.42 s^{-1} D) 7.42 s^{-1} E) 9.42 s^{-1}



23) En stuper med masse $M = 75$ kg står helt ytterst på et stupebrett med lengde $L = 3.0$ m og (jevnt fordelt) masse $m = 35$ kg. Stupebrettet er festet til to stolper A og B, som vist i figuren. Avstanden mellom A og B er $d = 1.0$ m. Hva er kraften på stupebrettet fra stolpen A?

- A) 0.4 kN B) 0.7 kN C) 1.0 kN D) 1.3 kN E) 1.6 kN



24) En ball med radius R henger mot en vertikal vegg. Ei snor med lengde $4R$ er festet til vegg og ballen som vist i figuren. Hvor stor må den statiske friksjonskoeffisienten minst være for at ballen skal kunne henge med snorfestet i posisjon som i figuren?

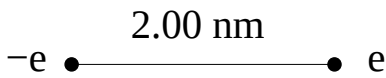
- A) 0.6 B) 1.0 C) 1.4 D) 1.8 E) 2.2

25) En rakett med brutto startmasse $m_0 = 500$ kg skytes opp fra bakkenivå ved tidspunktet $t = 0$. Det forbrennes 5.00 kg drivstoff pr sekund ($\beta = dm/dt = -5.00$ kg/s), og eksosen sendes ut av raketten loddrett nedover, med en hastighet $u = -3.00$ km/s relativt raketten. (Positiv retning regnes loddrett oppover.) Raketts hastighet etter en tid t er da

$$v(t) = -u \ln \frac{m_0}{m_0 + \beta t} - gt,$$

der g er tyngdens akselerasjon. Hva er raketts akselerasjon 15 sekunder etter oppskyting (dvs ved $t = 15$ s)?

- A) 15.5 m/s^2 B) 25.5 m/s^2 C) 35.5 m/s^2 D) 45.5 m/s^2 E) 55.5 m/s^2

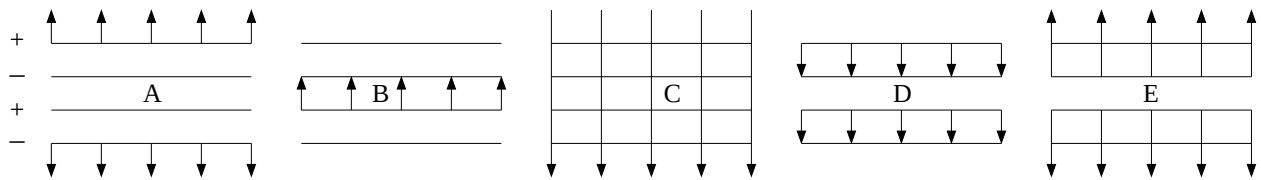


26) En elektrisk dipol består av to punktladninger $\pm e$ i innbyrdes avstand 2.00 nm. Hva er da elektrisk feltstyrke $|\mathbf{E}|$ i avstand henholdsvis 0.50 nm og 1.50 nm fra hver av de to punktladningene?

- A) 3.4 MV/m B) 6.4 MV/m C) 9.4 MV/m D) 6.4 GV/m E) 9.4 GV/m

27) Den elektriske feltstyrken på akse til dipolen i forrige oppgave, i avstand $0.25 \mu\text{m}$ fra dipolen, er 370 V/m. Hva er da feltstyrken i avstand $0.75 \mu\text{m}$ fra dipolen (fortsett på dipolens akse)?

- A) 123 V/m B) 93 V/m C) 78 V/m D) 41 V/m E) 14 V/m

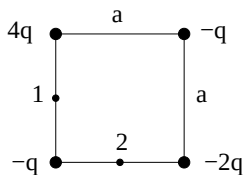


28) Fire svært store parallelle plan, vekselvis med positiv og negativ uniform ladning $\pm\sigma$ pr flateenheter, er plassert med fast innbyrdes avstand (se figur). Hvilken figur viser elektriske feltlinjer for dette systemet? (Tips: Superposisjonsprinsippet.)

29) En platekondensator har kapasitans 275 nF. Hvor stort arbeid skal til for å øke spenningen mellom kondensatorplatene fra null til 275 V?

- A) 20 μJ B) 10 mJ C) 60 mJ D) 10 J E) 60 J

Oppgavene 30 – 33 er knyttet til følgende system:



30) Fire punktladninger er plassert som i figuren (en i hvert av kvadratets hjørner). Hva er systemets potensielle energi? Oppgitt: $U = \sum_{i < j} q_i q_j / 4\pi\epsilon_0 r_{ij}$.

- A) $(4 + 7/\sqrt{2})q^2 / 4\pi\epsilon_0 a$ B) $-(4 + 7/\sqrt{2})q^2 / 4\pi\epsilon_0 a$ C) $(4 + 7/\sqrt{2})q^2 / \pi\epsilon_0 a$
D) $-(4 + 7/\sqrt{2})q^2 / \pi\epsilon_0 a$ E) $(4 + 7/\sqrt{2})q^2 / 8\pi\epsilon_0 a$

31) Hva er dipolmomentet til systemet i forrige oppgave?

- A) $\sqrt{2}qa$ B) $2qa$ C) $2\sqrt{2}qa$ D) $3qa$ E) $3\sqrt{2}qa$

32) I oppgave 30, hva er nettokraften på punktladningen $-2q$ fra de tre andre?

- A) $(1 - 1/\sqrt{2})q^2/\pi\epsilon_0 a^2$ B) $(2 - 1/\sqrt{2})q^2/\pi\epsilon_0 a^2$ C) $(3 - 1/\sqrt{2})q^2/\pi\epsilon_0 a^2$
 D) $(4 - 1/\sqrt{2})q^2/\pi\epsilon_0 a^2$ E) $(5 - 1/\sqrt{2})q^2/\pi\epsilon_0 a^2$

33) I oppgave 30, hva er potensialforskjellen mellom de to punktene merket med 1 og 2 i figuren?

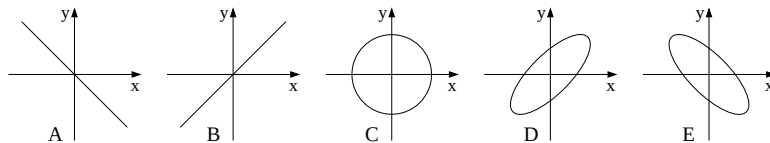
- A) $(1 - 1/\sqrt{5})q/\pi\epsilon_0 a$ B) $(1 - 1/\sqrt{5})3q/\pi\epsilon_0 a$ C) $(1 - 1/\sqrt{5})5q/\pi\epsilon_0 a$
 D) $(1 - 1/\sqrt{5})7q/\pi\epsilon_0 a$ E) $(1 - 1/\sqrt{5})9q/\pi\epsilon_0 a$

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. Hva er det elektriske feltet i punktet $(x, y) = (2a, a)$?

- A) $(V_0/a)\hat{x} + (V_0/a)\hat{y}$ B) $(2V_0/a)\hat{x} + (V_0/a)\hat{y}$ C) $(4V_0/a)\hat{x} + (2V_0/a)\hat{y}$
 D) $(2V_0/a)\hat{x} - (V_0/a)\hat{y}$ E) $(V_0/a)\hat{x} - (2V_0/a)\hat{y}$



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

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

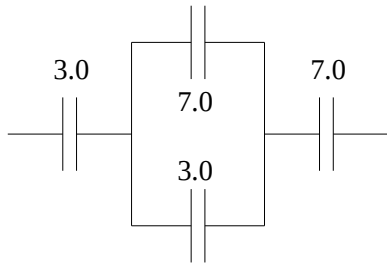
Her er $V_0 = 45$ mV og $a = 45$ nm. Med passende startbetingelser vil elektronet følge en bane gitt ved

$$x(t) = A \sin \omega_0 t \quad , \quad y(t) = A \cos \omega_0 t.$$

Hvilken figur viser denne banen?

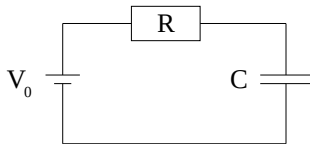
36) Anta at elektronet i forrige oppgave har hastighet $\dot{x}(0) = 5.3 \cdot 10^6$ m/s ved $t = 0$. ($\dot{y}(0) = 0$) Hva er da verdien av A i uttrykket for banen gitt i forrige oppgave?

- A) 1.9 m B) 1.9 cm C) 1.9 mm D) 1.9 μm E) 1.9 nm



37) Hva er total kapasitans til de fire kondensatorene i figuren? Tallverdiene angir enkeltkapasitanser i enheten nF.

- A) 1.0 nF B) 1.7 nF C) 7.1 nF D) 11 nF E) 20 nF

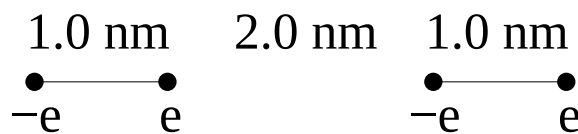


38) En likespenning $V_0 = 9.0 \text{ V}$ kobles ved tidspunktet $t = 0$ til en seriekobling av en motstand $R = 2.0 \text{ k}\Omega$ og en kapasitans $C = 3.0 \text{ mF}$. Hvor lang tid tar det før ladingen på kondensatorplatene har nådd 90% av sin maksimale verdi?

- A) $14 \mu\text{s}$ B) 14 ms C) 14 s D) 14 ks E) 14 Ms

39) I forrige oppgave omdannes elektrisk energi til varme så lenge det går en strøm gjennom motstanden (fra $t = 0$ til $t \rightarrow \infty$). Hvor mye?

- A) 0.12 mJ B) 0.57 mJ C) 0.12 J D) 0.57 J E) 12 J

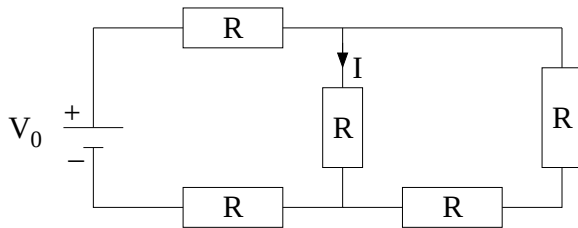


40) To identiske og parallelle dipoler ligger på linje, som vist i figuren. Hver dipol består av punktladninger $\pm e$ i innbyrdes avstand 1.0 nm. Hva er netto innbyrdes kraft mellom de to dipolene?

- A) 21 fN B) 21 pN C) 21 nN D) $21 \mu\text{N}$ E) 21 mN

41) Ved temperatur 20°C har kobber resistivitet $\rho = 1.68 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$. Temperaturkoeffisienten er $\alpha = d\rho/dT = 0.00386 \text{ K}^{-1}$. Hva er da resistiviteten til kobber ved 60°C ?

- A) $1.42 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ B) $1.68 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ C) $1.94 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ D) $2.20 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$
 E) $2.46 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$

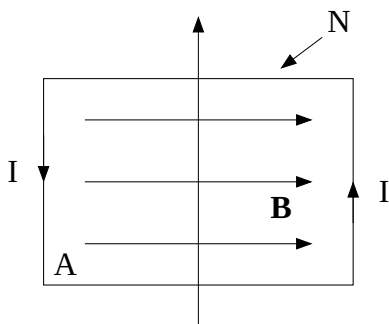


42) I figuren er $V_0 = 12 \text{ V}$ og $I = 3.0 \text{ A}$. Hva er da verdien av hver av motstandene R ?

- A) 2.5Ω B) 2.0Ω C) 1.5Ω D) 1.0Ω E) 0.5Ω

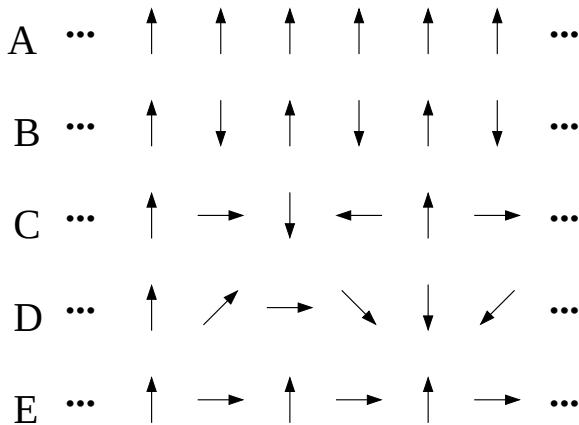
43) Et elektron (med ladning $q = -e$) går i sirkelbane med radius 7.0 mm i et uniformt magnetfelt med feltstyrke 18 mT . Hva er elektronets impuls?

- A) $2.0 \cdot 10^{-11} \text{ kg m/s}$ B) $2.0 \cdot 10^{-14} \text{ kg m/s}$ C) $2.0 \cdot 10^{-17} \text{ kg m/s}$ D) $2.0 \cdot 10^{-20} \text{ kg m/s}$
 E) $2.0 \cdot 10^{-23} \text{ kg m/s}$

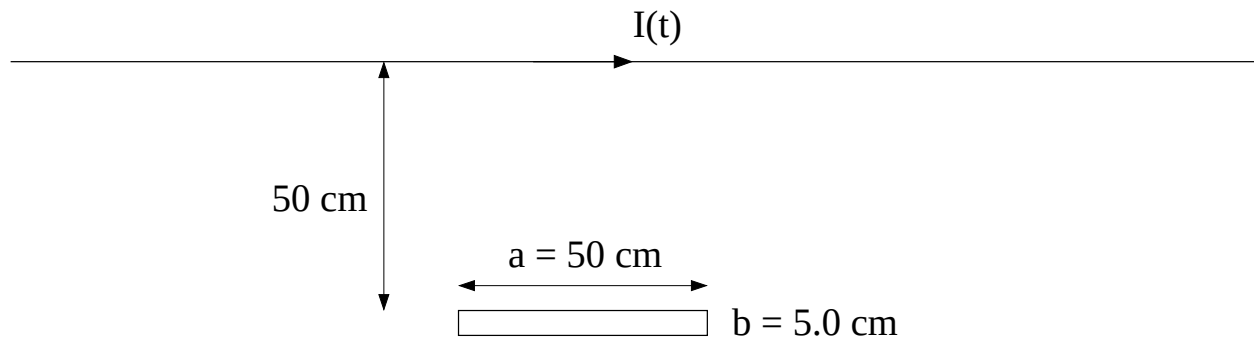


44) En spole med $N = 50$ viklinger og konstant strøm $I = 2.5 \text{ A}$ i spoletråden er plassert i et uniformt magnetfelt med feltstyrke $B = 8.5 \text{ mT}$. Hver vikling av spoletråden omslutter et rektangulært areal $A = 70 \text{ cm}^2$. Spolens potensielle energi U avhenger av dens orientering. Hvor stor er forskjellen mellom spolens maksimale og minimale verdi av U ?

- A) 15 mJ B) 35 mJ C) 55 mJ D) 75 mJ E) 95 mJ



45) Atomer med et permanent magnetisk dipolmoment er plassert på rekke og rad slik at de danner en slags "endimensjonal krystall". Hvilken orientering av de atomære magnetiske dipolene vil resultere i lavest mulig potensiell energi? Vi antar her at hvert atom kan betraktes som en bitteliten sirkulær strømsløyfe med tilhørende magnetfelt, og at en gitt magnetisk dipol i all hovedsak påvirkes av magnetfeltet fra sine (to) nærmeste naboer.



46) En lang, rett strømførende leder fører en vekselstrøm $I(t) = I_0 \cos \omega t$ med amplitude $I_0 = 4.6$ A og frekvens $f = \omega/2\pi = 50$ Hz. Ei rektangulær ledersløyfe med dimensjoner $a = 50$ cm (langs den rette lederen) og $b = 5.0$ cm (normalt på den rette lederen) er plassert i avstand 50 cm fra den rette lederen. Hva blir amplituden til den induserte spenningen i ledersløyfa?

- A) 4 V B) 14 mV C) 4 mV D) 14 μ V E) 4 μ V

47) En kondensator med kapasitans $2.5 \mu\text{F}$ er tilført ladning $\pm 22.5 \mu\text{C}$. Kondensatoren kobles deretter til en spole med induktans $2.5 \mu\text{H}$ og en motstand med resistans 1.0Ω , slik at resultatet blir en seriekobling av de tre komponentene. Ladningen på kondensatoren og strømmen i kretsen vil nå variere med tiden. Tilsvarende tidsavhengigheten en dempet svingning, og i så fall, hva blir frekvensen?

- A) 22 kHz B) 33 kHz C) 44 kHz D) 55 kHz E) Nei, dempingen er overkritisk.
-

48) En resonanskrets består av en seriekobling av en motstand, en induktans og en kondensator. Komponentverdiene, med usikkerhet, er som følger:

$$R = (7.00 \pm 0.05) \Omega$$

$$L = (15.0 \pm 0.1) \text{ mH}$$

$$C = (4.00 \pm 0.05) \text{ nF}$$

Hva er relativ usikkerhet, $\Delta Q/Q$, i resonanskretsens Q -faktor? ($Q = \sqrt{L/C/R}$.)

- A) 5% B) 4% C) 3% D) 2% E) 1%
-

49) En vekselspenningskilde $V(t) = V_0 \sin \omega t$ med amplitude $V_0 = 311 \text{ V}$ og frekvens $f = \omega/2\pi = 50 \text{ Hz}$ kobles til en kondensator med kapasitans $C = 3.3 \mu\text{F}$. Hva blir amplituden til strømmen i kretsen?

- A) 0.92 A B) 0.72 A C) 0.52 A D) 0.32 A E) 0.12 A
-

50) En vekselspenningskilde $V(t) = V_0 \sin \omega t$ med amplitude $V_0 = 311 \text{ V}$ og frekvens $f = \omega/2\pi = 50 \text{ Hz}$ er koblet til en varmeovn som kan betraktes som en motstand $R = 48.36 \Omega$. Hvor mye elektrisk energi omdanner ovnen til varme i løpet av ei uke?

- A) 8 kWh B) 48 kWh C) 88 kWh D) 128 kWh E) 168 kWh
-