
1) Bladgull er tynn folie av gull med tykkelse ned mot 100 nm. Rent gull har massetetthet 19.32 g/cm^3 . Hvor mye bladgull, av rent gull og med tykkelse 100 nm, trenger du for å dekke overflaten på en kuleformet kuppel med radius 100 cm? (Areal av kuleflate: $4\pi r^2$.)

- A) 24 μg B) 24 mg C) 24 g D) 24 kg E) 24 tonn
-

2) Sinsenkrysset er en rundkjøring (sirkel) med omkrets 300 m. Hva er akselerasjonen til en politibil som kjører med konstant fart 130 km/h rundt og rundt i Sinsenkrysset?

- A) Null B) 1.3 m/s^2 C) 2.7 m/s^2 D) 13 m/s^2 E) 27 m/s^2
-

På vakre Piazza Savona i byen Alba i hjertet av Piemonte kan man nyte sin *spritz* mens den gamle karusellen snurrer langsomt rundt, til glede for store og små. Karusellen har radius $R = 4.0 \text{ m}$ og dras i gang slik at vinkelhastigheten

$$\omega(t) = \omega_0 (1 - e^{-\omega_0 t})$$

etter hvert nærmer seg sin maksimale verdi $\omega_0 = 0.25 \text{ s}^{-1}$. Karusellen kan med brukbar tilnærming betraktes som ei kompakt skive med masse $M = 2000 \text{ kg}$ og treghetsmoment $I_0 = MR^2/2$. Oppgavene 3 – 8 dreier seg om denne karusellen.

3) Hva er karusellens vinkelhastighet etter 4 sekunder?

- A) 0.06 s^{-1} B) 0.11 s^{-1} C) 0.16 s^{-1} D) 0.21 s^{-1} E) 0.26 s^{-1}
-

4) Lille Silvia sitter på en hest 2.5 m fra karusellens sentrum. Hva er Silvias maksimale hastighet?

- A) 63 cm/s B) 73 cm/s C) 83 cm/s D) 93 cm/s E) 103 cm/s
-

5) Hva var Silvias akselerasjon umiddelbart etter at karusellen startet (dvs like etter $t = 0$)?

- A) Null B) 0.16 m/s^2 , i fartsretningen C) 0.16 m/s^2 , mot fartsretningen
D) 0.16 m/s^2 , radielt innover E) 0.16 m/s^2 , radielt utover
-

6) Hva er Silvias akselerasjon når karusellen har oppnådd maksimal vinkelhastighet?

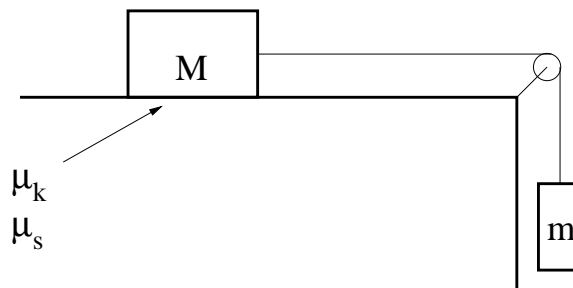
- A) Null B) 0.16 m/s^2 , i fartsretningen C) 0.16 m/s^2 , mot fartsretningen
 D) 0.16 m/s^2 , radielt innover E) 0.16 m/s^2 , radielt utover

7) En motor under karusellen sørger for at karusellskiva utsettes for en netto kraft $F(t)$ i fartsretningen, med angrepspunkt rett under hesten som Silvia sitter på. Hvor stor er denne kraften helt i starten, umiddelbart etter tidspunktet $t = 0$? (Friksjon kan neglisjeres.)

- A) 100 N B) 200 N C) 300 N D) 400 N E) 500 N

8) Silvias første hele runde på karusellhesten tar en tid T . Med $x = \omega_0 T$, hvilket iterativt skjema løser ligningen som fastlegger første rundetid T ?

- A) $x_{n+1} = \exp(-x_n)$ B) $x_{n+1} = 2\pi + \exp(-x_n)$ C) $x_{n+1} = 1 - \exp(-x_n)$
 D) $x_{n+1} = 2\pi - 1 + \exp(-x_n)$ E) $x_{n+1} = 2\pi + 1 - \exp(-x_n)$



En masse M ligger på et bord og er via ei tilnærmet masseløs snor og trinse bundet sammen med en masse m , som vist i figuren. Koeffisienter for statisk og kinetisk friksjon mellom M og bordet er henholdsvis μ_s og μ_k . Oppgavene 9 – 11 handler om dette oppsettet.

9) Anta at m og M holdes i ro med stram snor, hvoretter m slippes forsiktig. Hva er kriteriet for at m og M skal forbli i ro?

- A) $m \leq M$ B) $m \leq \mu_s M$ C) $\mu_s \geq M/m$ D) $\mu_k \geq 1$ E) $\mu_s = \mu_k$

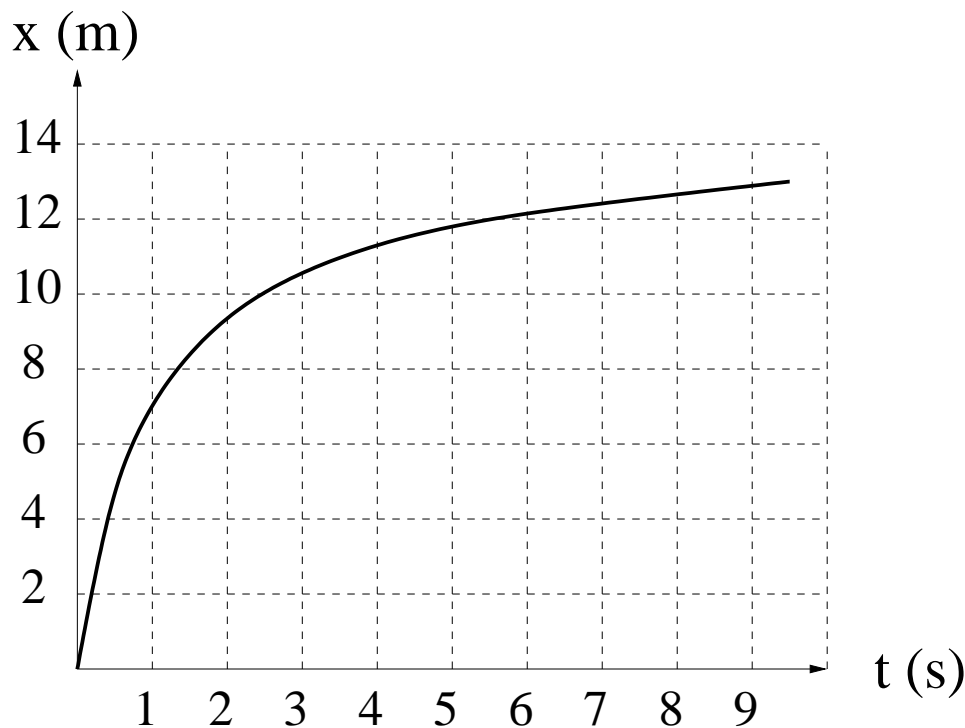
10) De to massene gis en starthastighet v , m nedover og M mot høyre, fortsatt med stram snor. Hva er kriteriet for at m og M skal fortsette med konstant hastighet v ?

- A) $m = M$ B) $m = \mu_k M$ C) $\mu_k = M/m$ D) $\mu_s = 1$ E) $\mu_k = \mu_s$

11) Anta nå at $m = 0.30$ kg, $M = 0.40$ kg, $\mu_s = 0.50$, $\mu_k = 0.40$, og at de to massene slippes forsiktig med null starthastighet og stram snor, som i oppgave 9. Hva er hastigheten v til de to loddene når m har falt 0.30 m i tyngdefeltet?

- A) 0.3 m/s B) 0.5 m/s C) 0.7 m/s D) 0.9 m/s E) 1.1 m/s

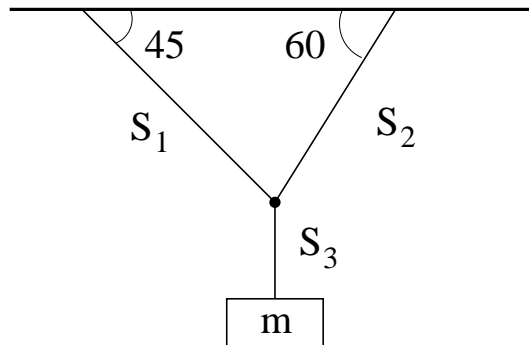
12)



Grafen viser posisjon x (m) som funksjon av tid t (s) for en mann som beveger seg langs en rett vei. Hva er omtrentlig mannens hastighet ved tidspunktet $t = 5$ s?

- A) 0.4 m/s B) 0.7 m/s C) 1.0 m/s D) 1.3 m/s E) 1.6 m/s

13)



Ei kasse med masse m er hengt opp i tre snorer som vist i figuren. Snor 1 danner en vinkel 45° med horisontalen, snor 2 danner en vinkel 60° med horisontalen (se figur). Hva er korrekt rangering av de tre snordragene S_1 , S_2 og S_3 ?

- A) $S_1 = S_2 = S_3$ B) $S_3 < S_2 < S_1$ C) $S_2 < S_1 < S_3$
 D) $S_1 < S_3 < S_2$ E) $S_1 < S_2 < S_3$

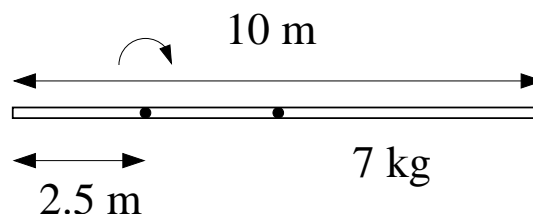
14) Dersom kassa i oppgave 13 har masse 25 kg, hva er da snordraget S_2 ?

- A) $S_2 = 127$ N B) $S_2 = 145$ N C) $S_2 = 180$ N D) $S_2 = 227$ N E) $S_2 = 245$ N

15) En ball holdes i ro og slippes fra en høyde 2.0 m over gulvet. Rett før den treffer gulvet er ballens hastighet 2.0 m/s. Hvor stor andel av ballens mekaniske energi har gått tapt pga luftmotstand?

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

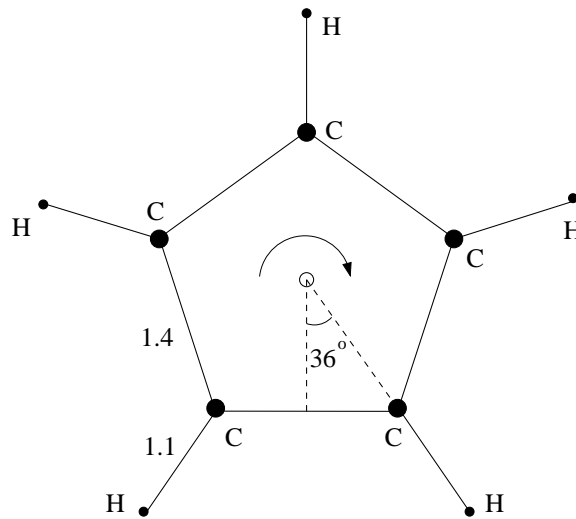
16)



Hva er treghetsmomentet til ei tynn stang med lengde 10 m og masse 7 kg, mhp en akse normalt på stanga i avstand 2.5 m fra stangas ende? (Se formelvedlegg for I_0 mhp stangas massesenter.)

- A) 102 kg m² B) 142 kg m² C) 182 kg m² D) 222 kg m² E) 262 kg m²

17)



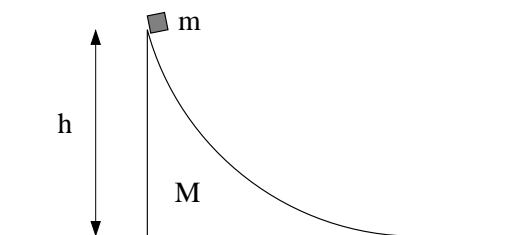
Hva er treghetsmomentet til det plane molekylet C_5H_5 mhp en akse gjennom molekylets massesenter og normalt på molekylets plan? Karbon (C) har masse 12u og hydrogen (H) har masse 1u. C-C bindingslengden er 1.4 Å, C-H bindingslengden er 1.1 Å.

- A) 71 $u\text{\AA}^2$ B) 91 $u\text{\AA}^2$ C) 111 $u\text{\AA}^2$ D) 131 $u\text{\AA}^2$ E) 151 $u\text{\AA}^2$

18) Ei kompakt metallkule ruller uten å gli (slure) nedover et skråplan. Kulas akselerasjon måles til 0.74 m/s^2 . Hva er skråplanets helningsvinkel?

- A) 2 grader B) 6 grader C) 10 grader D) 14 grader E) 18 grader

19)



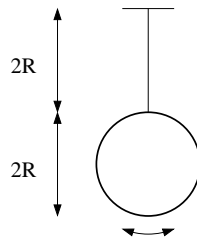
En liten kloss med masse m starter med null starthastighet fra høyde h over underlaget og glir uten friksjon nedover et skråplan med masse M . Skråplanet ligger på et friksjonsfritt underlag. Den lille klossen forlater skråplanet i horisontal retning. Hva er nå skråplanets hastighet V ? Tips: Bevaringslover.

- A) $V = \sqrt{2gh}$ B) $V = \sqrt{mgh/M}$ C) $V = \sqrt{Mgh/m}$
 D) $V = \sqrt{2mgh/(M + M^2/m)}$ E) $V = \sqrt{2Mgh/(m + m^2/M)}$

20) Ei lita kule (tilnærmet punktmasse) er hengt opp i ei tilnærmet masseløs snor som er 98 mm lang. Kula svinger fram og tilbake i tyngdefeltet, med små utsving fra likevekt. Hva er denne pendelens svingetid (periode)?

- A) 0.31 s B) 0.63 s C) 1.57 s D) 3.14 s E) 6.28 s

21)



En ring med radius R er hengt opp i ei tilnærmet masseløs snor med lengde $2R$. Ringen svinger fram og tilbake i tyngdefeltet, med små utsving fra likevekt. Hva er denne pendelens svingetid (periode)?

- A) $T = 2\pi\sqrt{2R/g}$ B) $T = 2\pi\sqrt{7R/3g}$ C) $T = 2\pi\sqrt{8R/3g}$
 D) $T = 2\pi\sqrt{3R/g}$ E) $T = 2\pi\sqrt{10R/3g}$

22) En masse $m = 200$ g henger i ei ideell fjær med fjærkonstant $k = 100$ N/m. Massen kan svinge opp og ned og påvirkes da av en friksjonskraft (luftmotstand) som viser seg å være proporsjonal med massens hastighet v , med dempingskonstant $b = 10$ g/s. Hva er massens egenfrekvens f_0 for frie (svakt dempede) svingninger?

- A) $f_0 = 0.56$ Hz B) $f_0 = 1.56$ Hz C) $f_0 = 2.56$ Hz
 D) $f_0 = 3.56$ Hz E) $f_0 = 4.56$ Hz

23) Massen i oppgave 22 trekkes 50 mm nedover fra sin likevektsposisjon og slippes. Hva er utsvingsamplituden etter 30 hele svingninger?

- A) 2.5 mm B) 5 mm C) 10 mm D) 20 mm E) 40 mm

24) Hvis massen i oppgave 22 påvirkes av en ytre harmonisk kraft $F(t)$ med frekvens f , vil utsvingsamplituden A bli spesielt stor når f er lik massens egenfrekvens. Hva er omtrentlig Q-faktoren $Q = f_0/\Delta f$ til dette masse-fjær-systemet? (Her er Δf halvverdibredden til resonanskurven $A(f)$.)

- A) $Q = 450$ B) $Q = 4.5 \cdot 10^3$ C) $Q = 4.5 \cdot 10^4$
 D) $Q = 4.5 \cdot 10^5$ E) $Q = 4.5 \cdot 10^6$

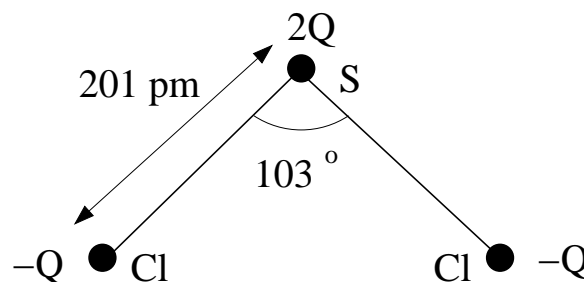
25) Ei kasse står på et lastebilplan. Når lastebilplanet heves langsomt, begynner kassa å gli når lastebilplanets helningsvinkel passerer 35 grader. Hva er den statiske friksjonskoeffisienten mellom kassa og lastebilplanet?

- A) 0.57 B) 0.70 C) 0.82 D) 1.43 E) 1.74

26) Omtrent hvor mange elektroner er det i en julenisse som har masse 100 kg? Anta at julenissen inneholder like mange protoner og nøytroner.

- A) $3 \cdot 10^{18}$ B) $3 \cdot 10^{23}$ C) $3 \cdot 10^{28}$ D) $3 \cdot 10^{33}$ E) $3 \cdot 10^{38}$

27)



Molekylet svoveldiklorid, SCl_2 , har en vinkel 103° mellom de to S-Cl-bindingene, som har lengde 201 pm (pikometer). I en klassisk modell kan molekylet betraktes som tre punktladninger, $2Q$ i svovelatomets posisjon og $-Q$ i hver av kloratomenes posisjoner, med $Q = 0.03e$, der e er elementærladningen. Hva blir da molekylets elektriske dipolmoment p ?

- A) $p = 1.2 \cdot 10^{-30}$ Cm B) $p = 1.2 \cdot 10^{-27}$ Cm C) $p = 1.2 \cdot 10^{-24}$ Cm
 D) $p = 1.2 \cdot 10^{-21}$ Cm E) $p = 1.2 \cdot 10^{-18}$ Cm

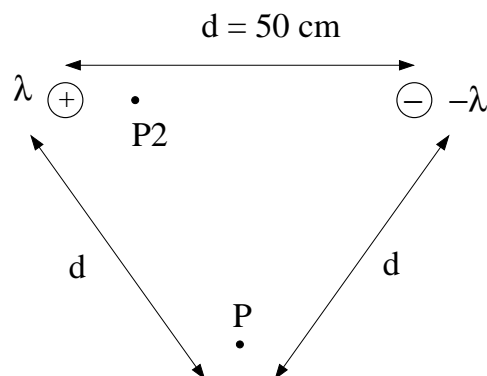
28) Hva blir potensiell energi U for et SCl_2 -molekyl, med samme klassiske punktladningsmodell som i forrige oppgave? Nullpunkt for potensiell energi velges som vanlig for uendelig avstand mellom punktladningene.

- A) $-1.5 \cdot 10^{-21}$ J B) $-3.5 \cdot 10^{-21}$ J C) $-5.5 \cdot 10^{-21}$ J
 D) $-7.5 \cdot 10^{-21}$ J E) $-9.5 \cdot 10^{-21}$ J

29) Svoveldiklorid er en rød væske med relativ permittivitet 2.4. Hva blir kapasitansen til en parallellplatekondensator med plateareal 4 cm^2 og plateavstand 4 mm når volumet mellom platene er fylt med svoveldiklorid?

- A) 0.1 pF B) 2.1 pF C) 4.1 pF D) 6.1 pF E) 8.1 pF

30)



To meget lange parallelle staver har motsatt ladning pr lengdeenhet $\pm\lambda$, med $\lambda = 2.5 \text{ nC/m}$. Avstanden mellom stavene er $d = 50 \text{ cm}$. Hva er den elektriske feltstyrken i et punkt P som ligger i avstand 50 cm fra begge de to parallelle stavene? Stavene står normalt på papirplanet i figuren.

Det oppgis at elektrisk feltstyrke i avstand r fra en meget lang stav med ladning λ pr lengdeenhet er $\lambda/2\pi\epsilon_0 r$.

- A) 50 V/m B) 60 V/m C) 70 V/m D) 80 V/m E) 90 V/m

31) Hva er det elektriske dipolmomentet pr lengdeenhet for de to "linjeladningene" i forrige oppgave?

- A) 1.25 nC B) 1.75 nC C) 2.50 nC D) 3.75 nC E) 5.00 nC

32) La oss velge potensial lik null midt mellom de to parallelle stavene i oppgave 30. Hva er da verdien av potensialet i punktet P2, i avstand 10 cm fra den positive og 40 cm fra den negative linjeladningen?

- A) -62 V B) -12 V C) 0 V D) 12 V E) 62 V

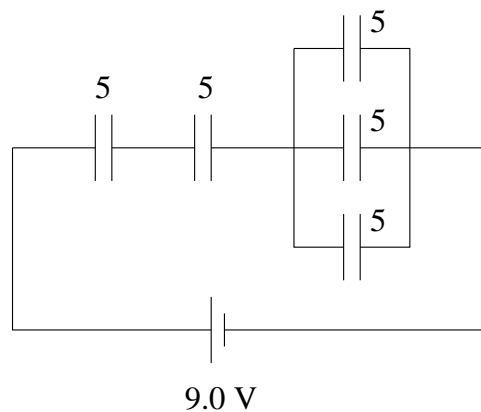
33) To metallkuler forbindes med en metalltråd og tilføres litt negativ ladning. Hvilken påstand er da korrekt?

- A) Potensialet på de to kulene er like stort.
 B) Potensialet er minst på den minste kula.
 C) Potensialet er minst på den største kula.
 D) Potensialforskjellen mellom de to kulene avhenger av metalltrådens lengde.
 E) Potensialforskjellen mellom de to kulene avhenger av mengden ladning.

34) Hva er den minste kapasitansen du kan lage med fem like kondensatorer, hver med kapasitans 5.0 mF ?

- A) 1.0 mF B) 2.5 mF C) 5.0 mF D) 10.0 mF E) 25.0 mF

35)



To av de fem kapasitansene på 5.0 mF kobles i serie med en parallellkobling av de tre resterende, hvoretter kretsen kobles til et batteri med spenning 9.0 V . Hvor mye ladning er det nå på hver av de tre parallellkoblede kapasitansene?

- A) 2.4 mC B) 4.4 mC C) 6.4 mC D) 8.4 mC E) 10.4 mC

36) Kobber (Cu) har elektrisk ledningsevne $5.95 \cdot 10^7 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ når temperaturen er 20°C . Et bolighus har et ledningsnett med ti parallellkoblede strømsløyfer (såkalte *kurser*). Anta at hver kurs har 40 m kobberledning med tverrsnitt 2.5 mm^2 . Hva er resistansen R_1 i kobberledningen i hver av de ti kursene ved denne temperaturen?

- A) $R_1 = 0.07 \Omega$ B) $R_1 = 0.27 \Omega$ C) $R_1 = 0.47 \Omega$
D) $R_1 = 0.67 \Omega$ E) $R_1 = 0.87 \Omega$
-

37) Kobber har resistans med temperaturkoeffisient $\alpha = 0.0039 \text{ K}^{-1}$. Med hvor mange prosent øker da resistansen i en kobberledning dersom temperaturen stiger fra 20 kuldegrader til 20 varmegrader?

- A) 4% B) 8% C) 12% D) 16% E) 20%
-

38) Husholdningen i oppgave 36 bruker 20000 kWh elektrisk energi pr år. Spenningen som er koblet til hver av de ti parallellkoblede kursene er vekselspanning med rms-verdi 220 V . Hva er da gjennomsnittlig rms-verdi for strømstyrken i hver av de ti kursene? (Anta at hver kurs forbruker like mye elektrisk energi.)

- A) 10 mA B) 50 mA C) 0.1 A D) 0.5 A E) 1.0 A
-

39) En kondensator med kapasitans 50 mF er ladet opp slik at spenningen over kondensatoren er 5.0 V . Hva er kondensatorens ladning?

- A) 0.01 C B) 0.25 C C) 1.0 C D) 25 C E) 100 C
-

40) Kondensatoren i forrige oppgave kobles til en lyskilde som kan betraktes som en ordinær motstand på $2.0 \text{ k}\Omega$. Lyskilden lyser så lenge strømmen gjennom den er større enn 0.5 mA . Hvor lenge lyser lyskilden etter at kondensatoren er koblet til?

- A) 16 ms B) 160 ms C) 1.6 s D) 16 s E) 160 s
-

Et proton (masse m_p , ladning e) beveger seg i et uniformt magnetfelt $\mathbf{B} = B_0 \hat{z}$, med $B_0 = 7.5$ T. Protonets posisjon ved tidspunktet $t = 0$ velges som origo. Ved dette tidspunktet er protonets hastighet $\mathbf{v}(0) = v_0 \hat{y} + v_0 \hat{z}$, med $v_0 = 3.0 \cdot 10^6$ m/s. Protonets bevegelse blir dermed en kombinasjon av sirkelbevegelse i x - og y -retning og uniform rettlinjert bevegelse i z -retning, dvs en spiralformet bane. Oppgavene 41 – 44 er knyttet til dette protonet.

41) Hva er den magnetiske kraften på protonet?

- A) 1.2 pN B) 3.6 pN C) 1.2 nN D) 3.6 nN E) 1.2 μ N
-

42) Hva er radien i sirkelbanen som protonet følger?

- A) 4.2 nm B) 4.2 μ m C) 4.2 mm D) 4.2 cm E) 4.2 m
-

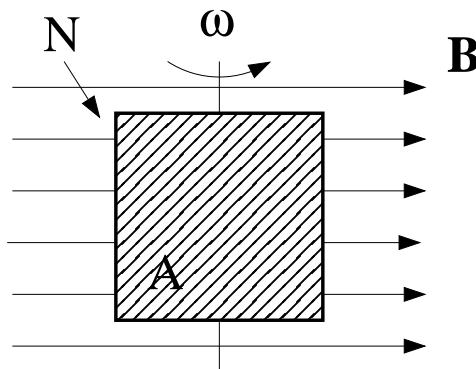
43) Hvor langt har protonet beveget seg i z -retning når det har gått en hel runde i sirkelbanen (dvs er tilbake i posisjon $x = y = 0$)?

- A) 13 nm B) 52 nm C) 13 mm D) 26 mm E) 52 cm
-

44) Protonets kinetiske energi ved $t = 0$ er 94 keV. Hva er da protonets kinetiske energi når det har gått en hel runde i sirkelbanen?

- A) 94 keV B) 124 keV C) 154 keV D) 184 keV E) 214 keV
-

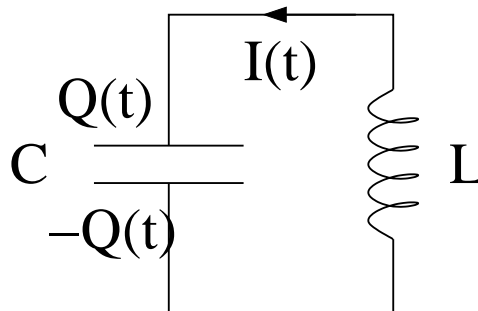
45)



En (luftfylt) spole med tverrsnitt $A = 20 \text{ cm}^2$ roterer med periode (omløpstid) $T = 0.02 \text{ s}$ i et uniformt magnetfelt med feltstyrke $B = 150 \text{ mT}$. Rotasjonsaksen står vinkelrett på magnetfeltets retning. Hvor mange viklinger N må spolen ha for at det i spoletråden skal induseres en vekselspenning $V(t) = V_0 \cos \omega t$ med amplitude $V_0 = 311 \text{ V}$?

- A) $N = 65$ B) $N = 740$ C) $N = 1100$ D) $N = 3300$ E) $N = 7200$

46)



En kondensator med kapasitans $C = 7.0 \text{ mF}$ og ladning $Q_0 = 25 \text{ mC}$ kobles ved tidspunktet $t = 0$ til en spole med induktans $L = 7.0 \text{ mH}$, slik at kondensatorens ladning $Q(t)$, og dermed strømmen $I(t)$ gjennom spolen, for $t > 0$ bestemmes av harmonisk-oscillator-ligningen

$$-L \frac{d^2 Q}{dt^2} - \frac{Q}{C} = 0.$$

Hva blir amplituden I_0 til den harmonisk varierende strømmen i kretsen?

- A) $I_0 = 0.6 \text{ A}$ B) $I_0 = 1.6 \text{ A}$ C) $I_0 = 2.6 \text{ A}$
 D) $I_0 = 3.6 \text{ A}$ E) $I_0 = 4.6 \text{ A}$

47) En vekselspanning $V(t) = V_0 \sin \omega t$ med amplitude 50 V og frekvens $f = 50$ Hz er koblet til en kondensator med kapasitans $C = 50 \mu\text{F}$. Hva blir amplituden I_0 til den harmonisk varierende strømmen i kretsen?

- A) $I_0 = 0.18$ A B) $I_0 = 0.79$ A C) $I_0 = 1.18$ A
D) $I_0 = 1.79$ A E) $I_0 = 2.18$ A
-

48) En vekselspanning $V(t) = V_0 \sin \omega t$ med amplitude 50 mV og frekvens $f = 50$ Hz er koblet til en spole med induktans $L = 50 \mu\text{H}$. Hva blir amplituden I_0 til den harmonisk varierende strømmen i kretsen?

- A) $I_0 = 2.18$ A B) $I_0 = 2.79$ A C) $I_0 = 3.18$ A
D) $I_0 = 3.79$ A E) $I_0 = 4.18$ A
-

49) En elektrisk dipol med absoluttverdi $1.7 \cdot 10^{-4}$ Cm befinner seg i et uniformt elektrisk felt med feltstyrke 17 kV/m. Dipolen danner en vinkel på 17° med det elektriske feltet. Hvor stort er dreiemomentet som virker på dipolen?

- A) 0.04 Nm B) 0.24 Nm C) 0.44 Nm D) 0.64 Nm E) 0.84 Nm
-

50) Ei kvadratisk ledersløyfe med sidekanter 8.0 cm fører en strøm 8.0 A. Ledersløyfa befinner seg i et uniformt magnetfelt med feltstyrke 8.0 mT. Ledersløyfas magnetiske dipolmoment danner en vinkel på 8° med magnetfeltet. Hvor stort er dreiemomentet som virker på ledersløyfa?

- A) $57 \mu\text{Nm}$ B) $77 \mu\text{Nm}$ C) $97 \mu\text{Nm}$ D) $117 \mu\text{Nm}$ E) $137 \mu\text{Nm}$
-

