

1) En Skoda Enyaq iV-80x kan akselerere fra 0 til 100 km/h (km pr time) i løpet av 6.9 s. **Hva er da akselerasjonen, målt i enheten  $g$ , dvs tyngdens akselerasjon?**

- A) 0.21    B) 0.51    C) 0.31    D) 0.11    E) 0.61    F) 0.41
- 

Oppgave 2 - 4: Vinkelfarten til en karusell kan beskrives med funksjonen  $\omega(t) = \omega_0(t/\tau)^2 \exp(-t/5\tau)$ . Her er  $t$  tiden målt i sekunder mens de to konstantene har verdi  $\omega_0 = 1.00^\circ$  pr sekund og  $\tau = 5.00$  s.

2) **Hva er karusellens vinkelakselerasjon i startøyeblikket ( $t = 0$ )?**

- A)  $4.00^\circ/\text{s}^2$     B)  $2.00^\circ/\text{s}^2$     C)  $0.00^\circ/\text{s}^2$     D)  $1.00^\circ/\text{s}^2$     E)  $3.00^\circ/\text{s}^2$     F)  $5.00^\circ/\text{s}^2$

3) **Hva er karusellens maksimale vinkelfart?**

- A)  $13.5^\circ/\text{s}$     B)  $21.5^\circ/\text{s}$     C)  $11.5^\circ/\text{s}$     D)  $19.5^\circ/\text{s}$     E)  $15.5^\circ/\text{s}$     F)  $17.5^\circ/\text{s}$

4) **Hvor mange *hele* runder roterer karusellen?**

Oppgitt:  $\int_0^\infty z^2 \exp(-\alpha z) = 2/\alpha^3$  når  $\alpha > 0$

- A) 0    B) 1    C) 2    D) 3    E) 4    F) 5
- 

Oppgave 5 - 7: Ei lita og kompakt kule med masse 25.0 g ruller uten å gli på en krum bane. Kulas massesenter følger banen  $y = y_0(\xi - \xi^3)$ . Her er  $y_0 = 5.00$  cm, og  $\xi = x/x_0$  med  $x_0 = 100.0$  cm. Koordinatene  $x$  og  $y$  angir hhv horisontal og vertikal posisjon (for kulas massesenter). Kula starter ved  $\xi = -2$  med starthastighet lik null og ruller til  $\xi = 1$ .

5) **Banen er brattest i startposisjonen. Hva er banens helningsvinkel her (i absoluttverdi, og målt i grader)?**

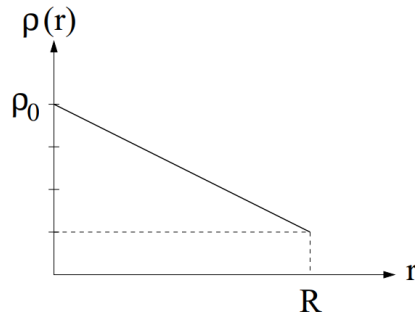
- A) 49    B) 43    C) 39    D) 33    E) 29    F) 23

6) **Hva er kulas maksimale fart?**

- A) 112 cm/s    B) 132 cm/s    C) 152 cm/s    D) 172 cm/s    E) 192 cm/s    F) 212 cm/s

7) **Hva er normalkraften fra banen på kula når den passerer ved  $x = 0$ ?**

- A) 0.24 N    B) 0.35 N    C) 0.46 N    D) 0.57 N    E) 0.68 N    F) 0.79 N
-



8) Figuren over viser en enkel lineær modell for jordklodens massetetthet,  $\rho(r) = \rho_0 (1 - 3r/4R)$ , som funksjon av avstanden  $r$  fra jordas sentrum. Vi antar at jordkloden er ei hard kule med radius  $R$ . Med denne modellen kan jordklodens treghetsmoment mhp en akse gjennom massesenteret skrives på formen  $I_0 = \gamma \rho_0 R^5$ . **Hva blir tallverdien av  $\gamma$ ?**

Oppgitt, for tynt kuleskall:  $dV = 4\pi r^2 dr$ ,  $dm = \rho dV$ ,  $dI_0 = 2dm r^2/3$

- A)  $\pi$     B)  $3\pi/5$     C)  $4\pi/5$     D)  $2\pi/5$     E)  $\pi/5$     F)  $6\pi/5$
- 

9) En kloss med masse  $m = 90$  g sendes oppover et skråplan med helningsvinkel  $10^\circ$ . Kinetisk friksjonskoeffisient mellom klossen og underlaget er  $\mu = 0.15$ . Klossens starthastighet er  $v_0 = 2.2$  m/s. **Hvor langt glir klossen før den stopper og glir ned igjen?**

- A) 32 cm    B) 41 cm    C) 50 cm    D) 59 cm    E) 68 cm    F) 77 cm
- 



10) Anta at to klosser med masser hhv  $m$  (fart  $v_0 = 2.2$  m/s rett før kollisjonen) og  $2m$  (i ro før kollisjonen) kolliderer fullstendig uelastisk på ei horisontal bordplate. Kinetisk friksjonskoeffisient mellom klossene og bordplata er  $\mu = 0.15$ . **Hvor langt glir klossene fra de kolliderer til de stopper?**

- A) 53 cm    B) 46 cm    C) 39 cm    D) 32 cm    E) 25 cm    F) 18 cm
- 

11) En ball kolliderer med en vegg. Ballen har hastighet  $v_0 = 8.4$  m/s normalt på veggen umiddelbart før kollisjonen, som starter ved tidspunktet  $t = 0$ . Kraften fra veggen på ballen kan beskrives med funksjonene  $F(t) = F_0 t/\tau$  i tidsrommet  $0 < t < \tau$  og  $F(t) = F_0[(t - 2\tau)/\tau]^2$  i tidsrommet  $\tau < t < 2\tau$ . Ved tidspunktet  $t = \tau$  snur ballen, dvs  $v(\tau) = 0$ . **Hva er ballens hastighet (i absoluttverdi) når kollisjonen med veggen er fullført?**

- A) 2.8 m/s    B) 4.2 m/s    C) 5.6 m/s    D) 7.0 m/s    E) 8.4 m/s    F) 9.8 m/s
-

12) Ei tynn stang er plassert på  $x$ -aksen mellom  $x = 0$  og  $x = L$  og har massetetthet (masse pr lengdeenhet) som øker lineært,  $\lambda(x) = \lambda_0 x/L$ . **Hva er stangas treghetsmoment mhp  $y$ -aksen (dvs en akse normalt på stanga gjennom stangas ene ende i  $x = 0$ )?**

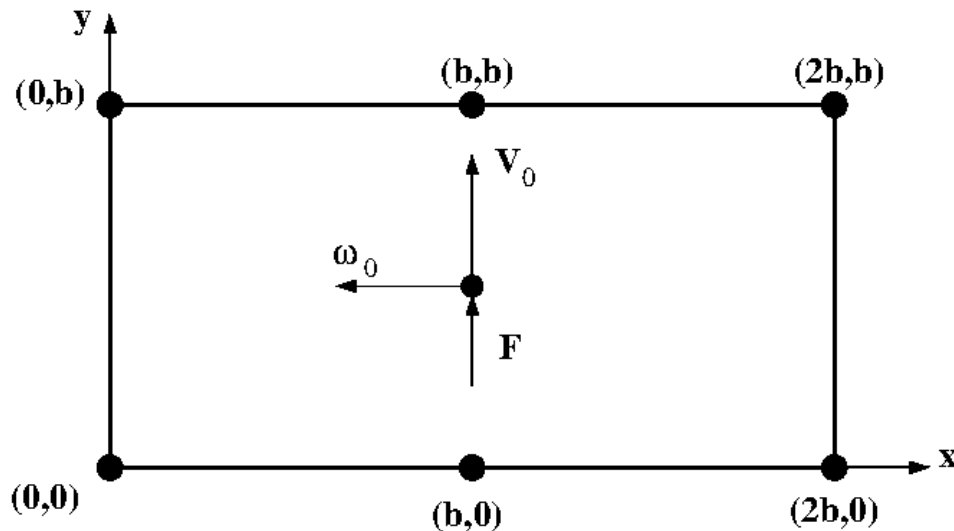
- A)  $\lambda_0 L^3/4$     B)  $\lambda_0 L^3/3$     C)  $\lambda_0 L^3/2$     D)  $\lambda_0 L^3/5$     E)  $\lambda_0 L^3/6$     F)  $\lambda_0 L^3/8$

13) Tre små kuler (punktmasser), hver med masse  $m$ , er forbundet med tilnærmet masseløse stenger, slik at kulene er plassert i hvert sitt hjørne av en likesidet trekant med sidekanter  $L$ . **Hva er systemets treghetsmoment mhp en akse gjennom massesenteret, normalt på trekantens plan?**

- A)  $3mL^2$     B)  $5mL^2/2$     C)  $mL^2$     D)  $3mL^2/2$     E)  $mL^2/2$     F)  $2mL^2$

14) For samme system som i oppgave 13, **hva er treghetsmomentet mhp en akse gjennom en av kulene, normalt på trekantens plan?**

- A)  $3mL^2$     B)  $5mL^2/2$     C)  $mL^2$     D)  $3mL^2/2$     E)  $mL^2/2$     F)  $2mL^2$



Oppgave 15 - 17: Snooker spilles på en bordflate med bredde  $b = 178$  cm og lengde  $2b$ . Det er hull i de fire hjørnene og midt på hver langsideside. Vi antar at kulas massesenter beveger seg i  $xy$ -planet, i høyde  $z = 0$ . Nedre hull til venstre er i origo  $(0,0)$ , de andre hullene har koordinater  $(x,y)$  gitt i figuren. Kula har diameter  $d = 52$  mm og masse  $m = 140$  g. Den er kompakt, med uniform massefordeling, og dermed et treghetsmoment  $I_0 = md^2/10$  mhp en akse gjennom massesenteret. Situasjonen i disse oppgavene er denne: Kula, som ligger i ro midt på bordet, gis et *meget* kortvarig støt, der en konstant kraft  $F$  virker på kula i positiv  $y$ -retning. Umiddelbart etter støtet er kula på vei mot det ene midthullet med fart  $V_0 = 140$  cm/s og vinkelfart  $\omega_0 = 78$  rad/s (med vektoren  $\omega_0$  i negativ  $x$ -retning). Kraften  $F$  er så stor at vi kan se bort fra andre krefter i det kortvarige støtet.

15) Hva er absoluttverdien av kulas totale dreieimpuls umiddelbart etter støtet, relativt origo?

- A) 0.65 Js    B) 0.55 Js    C) 0.45 Js    D) 0.35 Js    E) 0.25 Js    F) 0.15 Js

16) Hva er farten til kulas kontaktpunkt mot underlaget umiddelbart etter støtet?

- A) 13 cm/s    B) 23 cm/s    C) 33 cm/s    D) 43 cm/s    E) 53 cm/s    F) 63 cm/s

17) Hvor høyt over bordflaten virket kraften  $F$ ?

- A) 46 mm    B) 41 mm    C) 36 mm    D) 31 mm    E) 26 mm    F) 21 mm

---

Oppgave 18 - 20: Et lodd med masse 4.00 kg henger i ei ideell vertikalstilt fjær med fjærkonstant 400 N/m. Når fjæra strekkes og loddet slippes, svinger loddet harmonisk opp og ned, med svak damping. Dampingskraften er proporsjonal med loddets hastighet,  $f = -bv$ , med dampingskonstant  $b = 20.0$  g/s.

18) Hva er systemets egenfrekvens (for frie, dempede svingninger)?

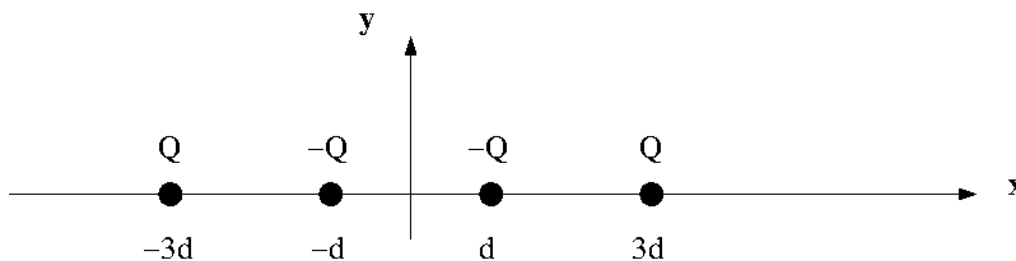
- A) 1.27 Hz    B) 1.59 Hz    C) 1.91 Hz    D) 2.23 Hz    E) 2.55 Hz    F) 2.87 Hz

19) Hvor lang tid tar det før loddets utsvingsamplitude er redusert til 1/3 av opprinnelig verdi?

- A) 314 s    B) 439 s    C) 514 s    D) 639 s    E) 714 s    F) 839 s

20) Anta nå at en ytre harmonisk kraft med amplitude 40 mN og vinkelfrekvens  $10 \text{ s}^{-1}$  har virket på loddet i ca en time. **Hva er loddets maksimale hastighet?**

- A) 1.0 m/s    B) 1.5 m/s    C) 2.0 m/s    D) 2.5 m/s    E) 3.0 m/s    F) 3.5 m/s
-



Oppgave 21 - 25: Acetylen,  $C_2H_2$ , er et lineært molekyl. Ladningsfordelingen i molekylet kan modelleres med negative punktladninger  $-Q$  på C-atomene og positive punktladninger  $Q$  på H-atomene. Her antar vi at de tre bindingslengdene (H-C,  $C\equiv C$ , C-H) er like store og lik  $2d$ , og at systemets fire punktladninger ligger på  $x$ -aksen, med  $Q$  i  $x = \pm 3d$  og  $-Q$  i  $x = \pm d$ .

**21) Hva er systemets elektriske dipolmoment, i enheten  $Q \cdot d$ ?**

- A) 1    B) 1/2    C) 2/3    D) 1/4    E) 0    F) 2/5

**22) Potensialet på  $x$ -aksen, i posisjon  $x = 5d$ , kan skrives på formen  $V = A \cdot Q/4\pi\epsilon_0 d$ . Hva er verdien av  $A$ ? (Vi velger som vanlig  $V = 0$  i uendelig avstand fra en gitt punktladning.)**

- A) 5/24    B) 7/24    C) 11/24    D) 13/24    E) 17/24    F) 19/24

**23) I hvilken retning peker det elektriske feltet på  $y$ -aksen, i posisjon  $y = 5d$ ?**

- A) I positiv  $x$ -retning.    B) I negativ  $x$ -retning.    C) I positiv  $y$ -retning.  
D) I negativ  $y$ -retning.    E) I positiv  $z$ -retning.    F) I negativ  $z$ -retning.

**24) I hvilken retning peker det elektriske feltet på  $x$ -aksen, i posisjon  $x = 5d$ ?**

- A) I positiv  $y$ -retning.    B) I negativ  $y$ -retning.    C) I positiv  $x$ -retning.  
D) I negativ  $x$ -retning.    E) I positiv  $z$ -retning.    F) I negativ  $z$ -retning.

**25) Systemets potensielle energi kan skrives på formen  $U = B \cdot Q^2/4\pi\epsilon_0 d$ . Hva er verdien av  $B$ ? (Vi velger som vanlig  $U = 0$  med uendelig avstand mellom to punktladninger.)**

- A)  $-19/6$     B)  $-17/6$     C)  $-13/6$     D)  $-11/6$     E)  $-7/6$     F)  $-5/6$

**26) En elektrisk dipol har ladning pr lengdeenhet  $\lambda(x) = \pm\lambda_0(x/L)^2$  der øvre fortegn gjelder for  $0 \leq x \leq L$  og nedre fortegn gjelder for  $-L \leq x \leq 0$ . Hva er dipolens elektriske dipolmoment? Tips: To små ladninger  $\pm dq$  i posisjon  $\pm x$  bidrar med  $dp = 2xdq$  til totalt dipolmoment.**

- A)  $\lambda_0 L^2/5$     B)  $\lambda_0 L^2/4$     C)  $\lambda_0 L^2/3$     D)  $\lambda_0 L^2/2$     E)  $\lambda_0 L^2$     F)  $2\lambda_0 L^2$

---

**27)** Ei stor dielektrisk plate (isolator) med relativ permittivitet 3.5 er plassert på tvers i et uniformt ytre elektrisk felt med feltstyrke 55 V/cm. **Hvor mye ladning er induisert pr  $\text{m}^2$  på den dielektriske platas overflater?**

- A) 25 nC    B) 35 nC    C) 45 nC    D) 55 nC    E) 65 nC    F) 75 nC
- 

**28)** Tre kapasitanser, hhv 2.0 nF, 5.0 nF og 7.0 nF, er koblet i serie. **Hva er seriekoblingens totale kapasitans?**

- A) 0.24 nF    B) 1.2 nF    C) 1.9 nF    D) 10 nF    E) 14 nF    F) 32 nF
- 

**29)** Tre kapasitanser, hhv 2.0 nF, 5.0 nF og 7.0 nF, er koblet i parallell. **Hva er parallellkoblingens totale kapasitans?**

- A) 0.24 nF    B) 1.2 nF    C) 1.9 nF    D) 10 nF    E) 14 nF    F) 32 nF
- 

**30)** En likespenning 30 kV kobles til de tre parallellkoblede kapasitansene i oppgave 29. **Hva blir ladningen på kondensatoren med kapasitans 5.0 nF?**

- A) 6.0 mC    B) 1.5 mC    C) 0.60 mC    D) 0.15 mC    E) 0.060 mC    F) 0.015 mC
- 

**31)** En likespenning 30.0 V kobles ved tidspunktet  $t = 0$  til en seriekobling av en motstand 50.0 M $\Omega$  og en kapasitans 20.0  $\mu\text{F}$ . **Hvor mange sekunder har det gått når spenningen over motstanden er 12.0 V?**

- A) 516    B) 596    C) 716    D) 796    E) 916    F) 996
- 

**32)** Kalsiumioner med masse  $40u$ , ladning  $2e$  og neglisjerbar kinetisk energi akselereres med en spenning 38 kV før de kommer inn i et område med et uniformt magnetfelt med feltstyrke 0.7 T og retning normalt på ionenes fartsretning. **Hva er radien i banen som kalsiumionene følger?**

- A) 42 cm    B) 36 cm    C) 30 cm    D) 24 cm    E) 18 cm    F) 12 cm
- 

**33)** En ringformet leder med radius 15 cm er plassert i  $xy$ -planet med sentrum i origo. Anta at det går en strøm 1.5 A i lederen. **Hva er magnetisk feltstyrke på  $z$ -aksen, i avstand 30 cm fra origo?**

- A) 0.38  $\mu\text{T}$     B) 0.47  $\mu\text{T}$     C) 0.56  $\mu\text{T}$     D) 0.65  $\mu\text{T}$     E) 0.74  $\mu\text{T}$     F) 0.83  $\mu\text{T}$
-

---

**34)** En ringformet leder med radius 15 cm er plassert i  $xy$ -planet med sentrum i origo. Anta at det går en strøm 1.5 A i lederen. Lederen plasseres i et uniformt ytre magnetfelt med feltstyrke 5.0 T og retning langs  $x$ -aksen. **Hva er netto dreiemoment på lederen?**

- A) 0.53 Nm    B) 0.92 Nm    C) 1.3 Nm    D) 1.7 Nm    E) 2.1 Nm    F) 2.5 Nm
- 

**35)** En ringformet leder med radius 15 cm er plassert i  $xy$ -planet med sentrum i origo. Lederen plasseres i et uniformt ytre magnetfelt med feltstyrke 0.7 T og retning langs  $x$ -aksen. Lederen roterer om  $y$ -aksen med omløpstid 26 ms. **Hva er amplituden til den induerte harmoniske spenningen i lederen?**

- A) 10 V    B) 12 V    C) 14 V    D) 16 V    E) 18 V    F) 20 V
- 

**36)** En vekselspenningskilde  $V(t) = V_0 \sin \omega t$  med amplitude 25 V og frekvens 50 Hz er koblet til en parallellkobling av to motstander, begge 21  $\Omega$ . **Hva er midlere effekt tilført av spenningskilden?**

- A) 30 W    B) 37 W    C) 44 W    D) 51 W    E) 58 W    F) 65 W
- 

**37)** Potensialene  $V_1$  og  $V_2$  på to adskilte ledere svinger harmonisk med amplitude 25 V og frekvens 50 Hz. Det er en faseforskjell  $\pi/6$  mellom  $V_1$  og  $V_2$ . **Hva er amplituden til spenningen  $V_2 - V_1$  mellom de to lederne?** Oppgitt:  $\sin a - \sin b = 2 \cos \left( \frac{a+b}{2} \right) \sin \left( \frac{a-b}{2} \right)$

- A) 25 V    B) 8.4 V    C) 13 V    D) 1.2 V    E) 34 V    F) 43 V
- 

Oppgave 38 - 40: En seriekobling av en induktans, en kapasitans og en motstand har komponentverdiene hhv 400 mH, 0.250 mF og 20.0 m $\Omega$ . Kondensatoren har i utgangspunktet en ladning  $\pm 2.50$  mC. En bryter lukkes slik at en strøm kan gå i kretsen. (Tips: Mekanisk analogi.)

**38)** Etter at bryteren lukkes varierer strømmen harmonisk med tiden. **Hva er svingetiden (perioden)?**

- A) 72 ms    B) 63 ms    C) 54 ms    D) 45 ms    E) 36 ms    F) 27 ms

**39)** Ladningen på kondensatoren varierer også harmonisk med tiden. **Hva er amplituden til kondensatorladningen 80 sekunder etter at bryteren ble lukket?**

- A) 0.34 mC    B) 0.47 mC    C) 0.60 mC    D) 0.73 mC    E) 0.86 mC    F) 0.99 mC

**40)** En vekselspenning med amplitude 50 mV og vinkelfrekvens 100 s $^{-1}$  kobles til  $LCR$  svingekretsen, og vi venter noen minutter før vi måler strømmen. **Hva er amplituden til strømmen i kretsen?**

- A) 1.0 A    B) 1.5 A    C) 2.0 A    D) 2.5 A    E) 3.0 A    F) 3.5 A
-