

1) Strømprisen i Trondheim mellom kl 17:00 og 18:00 den 5. januar i år var hele 593 øre pr kilowatt-time (kWh). Med denne prisen, hvor mange MJ (megajoule) elektrisk energi får du for 100 kr?

- A) 40.9 B) 50.8 C) 60.7 D) 70.6 E) 80.5 F) 90.4
-

2) Fem snookerkuler veies med ei vekt med en nøyaktighet 0.1 g. Kulene har masse hhv 142.3 g, 140.1 g, 139.9 g, 141.2 g og 141.9 g. Hva er standardavviket i kulenes masse?

- A) 3.1 g B) 2.9 g C) 2.1 g D) 1.9 g E) 1.1 g F) 0.7 g
-

3) Ei kule skytes ut fra bakkenivå på en fotballbane, med startfart 9.8 m/s og med en retning 30° over horisontalen. Hvor langt unna lander kula?

- A) 9.8 m B) 8.5 m C) 7.2 m D) 5.9 m E) 4.6 m F) 3.3 m
-

Oppgave 4 - 6: Vinkelfarten til en karusell varierer slik med tiden t :

$$\omega(t) = \omega_0(1 - \exp(-\omega_0 t)).$$

Her er t målt i sekunder og $\omega_0 = 0.50$ rad/s.

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

- A) 0.25 rad/s² B) 0.35 rad/s² C) 0.45 rad/s²
D) 0.55 rad/s² E) 0.65 rad/s² F) 0.75 rad/s²

5) Hvor lang tid bruker karusellen på å oppnå en vinkelfart 0.30 rad/s?

- A) 3.4 s B) 2.6 s C) 2.2 s D) 1.8 s E) 1.4 s F) 1.0 s

6) Hvor mange hele runder roterer karusellen de første 8 minuttene?

- A) 68 B) 58 C) 48 D) 38 E) 28 F) 18

Oppgitt: $\int \exp(-\alpha x) dx = -\exp(-\alpha x)/\alpha$.

Oppgave 7 - 9: Ei lita og kompakt kule med masse 31.0 g ruller uten å gli på en krum bane. Kulas massesenter følger banen $y(x) = y_0 (\cos kx - \sin kx)$. Her er $y_0 = 100$ mm, og $k = 2\pi \text{ m}^{-1}$. Koordinatene x og y angir hhv horisontal og vertikal posisjon (for kulas massesenter). Kula starter ved $x = 0$ med starthastighet lik null. Banen går fra $x = 0$ til $x = 1.00$ m.

7) Hva er banens helningsvinkel i startposisjonen (i absoluttverdi, og målt i grader)?

- A) 7 B) 12 C) 17 D) 22 E) 27 F) 32

8) Hva er kulas maksimale fart? Dette inntreffer i $x = 3/8$ m.

- A) 119 cm/s B) 132 cm/s C) 145 cm/s D) 158 cm/s E) 171 cm/s F) 184 cm/s

9) Hvor snur kula?

- A) I $x = 0.65$ m B) I $x = 0.70$ m C) I $x = 0.75$ m
D) I $x = 0.80$ m E) I $x = 0.85$ m F) I $x = 0.90$ m

10) En satellitt går i sirkulær bane over ekvator, med omløpsretning motsatt av jordas omløpsretning om sin egen akse, og slik at den passerer rett over et gitt sted ved ekvator hver hele time. Hva er omtrent radien i satellittens bane?¹

- A) 2511 km B) 3411 km C) 4321 km D) 5221 km E) 6131 km F) 7031 km

Oppgitt: Jordas masse er $5.97 \cdot 10^{24}$ kg. Jorda roterer om sin egen akse med omløpstid 24 timer.

11) En kloss med masse 140 g sendes oppover et skråplan med helningsvinkel 17° . Kinetisk friksjonskoeffisient mellom skråplan og kloss er $\mu = 0.22$. Klossens starthastighet er 1.35 m/s. Hva er klossens akselerasjon (i absoluttverdi, og så lenge den glir oppover skråplanet)?

- A) 4.9 m/s² B) 5.4 m/s² C) 5.9 m/s² D) 6.4 m/s² E) 6.9 m/s² F) 7.4 m/s²

12) To like store og kompakte kuler med uniform massefordeling faller mot bakken med hver sin terminalfart v_t (dvs konstant fart). Den ene kula er lagd av aluminium (Al), med massetetthet 2.70 g/cm³, den andre kula er lagd av jern (Fe), med massetetthet 7.86 g/cm³. Hva er forholdet mellom kulenes kinetiske energi, $K(\text{Fe})/K(\text{Al})$?

Oppgitt: Anta turbulente forhold slik at luftmotstanden kan skrives på formen $f = \alpha v_t^2$, der α er felles for de to kulene.

- A) 25 B) 8.5 C) 2.9 D) 1.0 E) 0.34 F) 0.041
-

¹Oppgaven gikk ut og gav poeng til alle, da beregnet satellittbane har en radius som er mindre enn jordradien. Satellittens omløpstid må være minst en time og 25 minutter for at baneradien skal bli større enn jordradien.

13) Seks punktmasser ligger langs diagonalen $y = x$ i xy -planet: m i $x = y = -3a$, $2m$ i $x = y = -2a$, $3m$ i $x = y = -a$, $4m$ i $x = y = a$, $5m$ i $x = y = 2a$, $6m$ i $x = y = 3a$. **Hva er avstanden fra origo til systemets massesenter?**

- A) $1.03a$ B) $1.18a$ C) $1.33a$ D) $1.48a$ E) $1.63a$ F) $1.78a$
-

14) For systemet i oppgave 13, **hva er treghetsmomentet mhp z -aksen?**

- A) $121ma^2$ B) $144ma^2$ C) $169ma^2$ D) $196ma^2$ E) $225ma^2$ F) $256ma^2$
-

15) **Hva er treghetsmomentet til ei halvkule mhp en akse gjennom halvkulas massesenter og parallell med den plane flaten?**

Oppgitt: Halvkula har masse M og radius R . Halvkulas massesenter ligger i avstand $3R/8$ fra den plane flata. Tips: Ei hel kules treghetsmoment og Steiners sats.

- A) $0.26MR^2$ B) $0.32MR^2$ C) $0.38MR^2$ D) $0.44MR^2$ E) $0.50MR^2$ F) $0.56MR^2$
-

16) En rakett med total startmasse $3.04 \cdot 10^6$ kg skal skytes vertikalt opp i tyngdefeltet. Motoren kan sende forbrent bensin (eksos) med en hastighet 2.58 km/s ut av raketten. **Hvor mye masse må sendes ut av raketten pr tidsenhet for å oppnå en startakselerasjon $0.20g$?**

Oppgitt: $mdv/dt = udm/dt - mg$

- A) $1.17 \cdot 10^4$ kg/s B) $1.39 \cdot 10^4$ kg/s C) $1.61 \cdot 10^4$ kg/s
D) $1.83 \cdot 10^4$ kg/s E) $2.05 \cdot 10^4$ kg/s F) $2.27 \cdot 10^4$ kg/s
-

17) Ei tynn, kompakt skive med uniform massefordeling, masse M og radius R ligger i ro på et friksjonsløst bord. Skiva utsettes for et meget kortvarig "kraftstøt" (konstant kraft F med retning parallelt med bordplata og varighet τ) der F virker på skiva i avstand $R/3$ fra linjen som går gjennom skivas massesenter (dvs med "arm" $R/3$). Kraftstøtet gir skiva en hastighet V (for massesenteret) og en vinkelhastighet ω (om massesenteret). Ulike punkter på periferien (ytterkanten) har dermed ulik hastighet. **Hva er forholdet mellom største og minste hastighet på skivas periferi?**

- A) 7 B) 6 C) 4 D) 2 E) 3 F) 5
-

Oppgave 18 - 19: Et lodd med masse m er festet til ei ideell fjær med fjærkonstant k slik at det kan svinge fram og tilbake på ei glatt bordplate.

18) Vi ser i denne oppgaven helt bort fra friksjon. Ved et gitt tidspunkt måles loddets utsving fra likevekt til verdien x_0 og loddets hastighet til verdien v_0 . **Hva er loddets maksimale utsving fra likevekt?**

- A) x_0 B) $\sqrt{x_0^2 - mv_0/k}$ C) $x_0 - mv_0/k$
D) $\sqrt{mv_0^2/k}$ E) $\sqrt{x_0^2 + mv_0^2/k}$ F) $x_0 + mv_0/k$

19) Anta i denne oppgaven at loddet utsettes for en friksjonskraft $f = -bv$, dvs proporsjonal med loddets hastighet v . Fjæra strekkes og loddet slippes. **Hvor lang tid tar det før loddets utsvingsamplitude er redusert til 1/10 av opprinnelig verdi?**

- A) $2.1m/b$ B) $2.6m/b$ C) $3.1m/b$ D) $3.6m/b$ E) $4.1m/b$ F) $4.6m/b$

20) Ei tynn kvadratisk plate med masse $M = 0.50$ kg og sidekanter $L = 50$ cm svinger harmonisk om en akse normalt på plata, halvveis mellom et hjørne og platas massesenter. **Hva er svingetida?** Oppgitt: $I_0 = ML^2/6$ mhp aksen normalt på plata gjennom platas massesenter.

- A) 1.0 s B) 1.3 s C) 1.6 s D) 1.9 s E) 2.2 s F) 2.5 s

Oppgave 21 - 22: To punktladninger ± 1.00 nC ligger fast på x -aksen, med innbyrdes avstand 1.00 mm.

21) Hva er den elektriske feltstyrken på x -aksen i avstand 2.00 mm fra den ene og 3.00 mm fra den andre ladningen?

- A) 1.25 MV/m B) 1.75 MV/m C) 2.25 MV/m
D) 2.75 MV/m E) 3.25 MV/m F) 3.75 MV/m

22) En partikkel med ladning 1.0 nC og masse 1.0 g plasseres på x -aksen midt mellom de to som ligger fast. **Hva blir akselerasjonen til denne tredje ladningen umiddelbart etter at den slippes fri i den angitte posisjonen?**

- A) 27 m/s² B) 36 m/s² C) 45 m/s² D) 54 m/s² E) 63 m/s² F) 72 m/s²
-

23) Ei tynn stang med lengde $L = 1.0$ m har ladning $Q = 1.0$ mC jevnt fordelt. Stanga ligger på x -aksen mellom $x = 0$ og $x = L$. **Hva er den elektriske feltstyrken på x -aksen i $x = 2L$?**

Tips: En liten lengde dx av stanga i posisjon x gir et bidrag $dE = \lambda dx / 4\pi\epsilon_0(2L - x)^2$. Her er λ ladningen pr lengdeenhet.

Oppgitt: $\int dx/(c - x)^2 = 1/(c - x)$

A) 8.5 MV/m B) 7.5 MV/m C) 6.5 MV/m D) 5.5 MV/m E) 4.5 MV/m F) 3.5 MV/m

Oppgave 24 - 26: Fire punktladninger ligger fast på x -aksen: $-Q$ i $x = 0$ og i $x = 2a$, Q i $x = a$ og i $x = 3a$.

24) Hva er systemets elektriske dipolmoment?

A) Qa B) $2Qa$ C) $3Qa$ D) $4Qa$ E) $5Qa$ F) $6Qa$

25) Hva er potensialet i $x = 4a$? (Vi velger som vanlig nullpunkt for elektrisk potensial i uendelig avstand fra en punktladning.)

A) $3Q/64\pi\epsilon_0a$ B) $5Q/56\pi\epsilon_0a$ C) $7Q/48\pi\epsilon_0a$
D) $9Q/40\pi\epsilon_0a$ E) $11Q/32\pi\epsilon_0a$ F) $13Q/24\pi\epsilon_0a$

26) Hva er systemets totale potensielle energi? (Tips: $U_{ij} = q_i q_j / 4\pi\epsilon_0 r_{ij}$)

A) $-7Q^2/12\pi\epsilon_0a$ B) $12Q^2/7\pi\epsilon_0a$ C) $-5Q^2/24\pi\epsilon_0a$
D) $24Q^2/5\pi\epsilon_0a$ E) $-3Q^2/8\pi\epsilon_0a$ F) $8Q^2/3\pi\epsilon_0a$

27) Fire meget store parallelle plan er plassert normalt på x -aksen, henholdsvis i $x = 0$ med uniform ladning $-\sigma$ pr flateenhet, i $x = d$ med uniform ladning 2σ pr flateenhet, i $x = 2d$ med uniform ladning -2σ pr flateenhet, og i $x = 3d$ med uniform ladning σ pr flateenhet. Her er $\sigma > 0$. Vi velger null potensial i $x = 0$. **Hva er potensialet i $x = 3d/2$?**

A) $2\sigma d/\epsilon_0$ B) $3\sigma d/2\epsilon_0$ C) $\sigma d/\epsilon_0$ D) $2\sigma d/3\epsilon_0$ E) $\sigma d/2\epsilon_0$ F) $\sigma d/3\epsilon_0$

28) En parallellkobling av to kapasitanser, hver $5.0 \mu\text{F}$, er seriekoblet med en tredje kapasitans $30 \mu\text{F}$. **Hva er systemets totale kapasitans?**

A) $2.5 \mu\text{F}$ B) $5.0 \mu\text{F}$ C) $7.5 \mu\text{F}$ D) $15 \mu\text{F}$ E) $30 \mu\text{F}$ F) $40 \mu\text{F}$

29) Hva er den elektriske feltstyrken i avstand 100 nm fra et ion med ladning $+3e$ som befinner seg i sentrum av ei dielektrisk kule med relativ permittivitet 7.45 (og med radius større enn 100 nm)?

- A) 48 kV/m B) 58 kV/m C) 68 kV/m D) 78 kV/m E) 88 kV/m F) 98 kV/m
-

30) Til en parallellkobling av 4 motstander hhv $2.5\ \Omega$, $3.5\ \Omega$, $4.5\ \Omega$ og $5.5\ \Omega$ har vi koblet et batteri (likespenningskilde) på 12 V. Hva blir total strøm i kretsen?

- A) 21 A B) 19 A C) 17 A D) 15 A E) 13 A F) 11 A
-

31) I forrige oppgave, hvor stort er effekttapet i den minste motstanden?

- A) 28 W B) 38 W C) 48 W D) 58 W E) 68 W F) 78 W
-

32) Protoner med masse m_p , ladning $+e$ og neglisjerbar kinetisk energi akselereres med en spenning 22 kV før de kommer inn i et område med et uniformt magnetfelt med feltstyrke 6.0 T og retning normalt på protonenes fartsretning. Hva er radien til protonenes bane i magnetfeltet?

- A) 3.6 mm B) 4.4 mm C) 5.2 mm D) 6.0 mm E) 6.8 mm F) 7.6 mm
-

33) En ringformet leder med radius 1.0 cm er plassert i xy -planet med sentrum i origo. Anta at den magnetiske feltstyrken på z -aksen i $z = 1.0$ m er 32 mT. Hva er da den magnetiske feltstyrken på z -aksen i $z = 2.0$ m?

- A) 0.5 mT B) 1 mT C) 2 mT D) 4 mT E) 8 mT F) 16 mT
-

34) Hva er maksimal magnetisering (dvs magnetisk dipolmoment pr volumenhet) i jern?

Oppgitt: I jern har hvert atom et magnetisk dipolmoment $m = 2\mu_B$, der $\mu_B = e\hbar/2m_e = eh/4\pi m_e$ er et Bohr magneton. h er Plancks konstant, m_e er elektronmassen; se formelvedlegget. Jern har molar masse 55.9 g/mol og massetetthet 7.86 g/cm³. 1 mol tilsvarer $6.02 \cdot 10^{23}$ atomer.

- A) 1.57 A/m B) 1.57 kA/m C) 1.57 MA/m
D) 4.32 A/m E) 4.32 kA/m F) 4.32 MA/m
-

35) En ideell spole har 3200 viklinger. I spoletråden går en strøm 65 mA. Spolen er fylt med et ferromagnetisk materiale med relativ permeabilitet 1350. Hva blir bundet magnetiseringsstrøm pr viking?

- A) 42 mA B) 65 mA C) 88 mA D) 42 A E) 65 A F) 88 A
-

36) Spolen i forrige oppgave har lengde 20 cm og tverrsnitt 4.0 cm^2 .
Hva er spolens (selv-)induktans?

- A) 13 H B) 24 H C) 35 H D) 46 H E) 57 H F) 68 H
-

37) En vekselspenningskilde $V(t) = V_0 \sin \omega t$ med amplitude 325 V og frekvens 50 Hz er koblet til en motstand $17.5 \text{ k}\Omega$. **Hva er midlere effekttap i motstanden?**

- A) 1.0 W B) 2.0 W C) 3.0 W D) 1.0 mW E) 2.0 mW F) 3.0 mW
-

38) Potensialene V_1 og V_2 på to adskilte ledere svinger harmonisk med amplitude 325 V og frekvens 50 Hz. Det er en faseforskjell $2\pi/3$ 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) 115 V B) 230 V C) 325 V D) 400 V E) 563 V F) 714 V
-

39) En seriekobling av en induktans og en kapasitans har komponentverdiene hhv 234 mH og 432 mF. Kretsen har neglisjerbar motstand. Kondensatoren har i utgangspunktet en ladning $\pm 342 \text{ mC}$. En bryter lukkes slik at en harmonisk varierende strøm går i kretsen. **Hva er svingetiden (perioden)?**

(Tips: Mekanisk analogi.)

- A) 0.8 ms B) 1.4 ms C) 2.0 ms D) 0.8 s E) 1.4 s F) 2.0 s
-

40) Hva er den elektromagnetiske energien i kretsen i forrige oppgave?

- A) 69 mJ B) 102 mJ C) 135 mJ D) 168 mJ E) 201 mJ F) 234 mJ
-