

---

Oppgavene 1 – 3 omhandler kompakte stålkuler med diameter 5.0 mm. Massetetthet, stål:  $7.85 \text{ g/cm}^3$ .

---

1) Kulene skal påføres gul maling, med tykkelse  $25 \text{ }\mu\text{m}$ . Hvor mange kuler kan males med 1 liter maling?

- A)  $2 \cdot 10^2$     B)  $3 \cdot 10^3$     C)  $4 \cdot 10^4$     D)  $5 \cdot 10^5$     E)  $6 \cdot 10^6$
- 

2) En av kulene slippes fra fjerde etasje. Hva er kulas hastighet rett før den treffer gulvet 13 m lenger ned? (Se bort fra luftmotstand her.)

- A) 4 m/s    B) 7 m/s    C) 10 m/s    D) 13 m/s    E) 16 m/s
- 

3) Dersom kula slippes fra en tilstrekkelig stor høyde, vil den oppnå maksimal hastighet, såkalt terminalhastighet. Hvor stor er den? Anta luftmotstand på formen  $Dv^2$ , med  $D = 5.54 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}$ .

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

I oppgavene 4 – 6 kjøres det karusell. Karusellen starter ved  $t = 0$ , stopper ved  $t = 2\pi/\omega_0$ , og har underveis en vinkelhastighet som kan uttrykkes på formen

$$\omega(t) = \omega_0 (1 - \cos \omega_0 t),$$

med  $\omega_0 = 0.2 \text{ s}^{-1}$ . Karusellen har radius  $R = 6.0 \text{ m}$ . En person med masse 70 kg har plassert seg helt ytterst på karusellen.

---

4) Hva er personens maksimale hastighet underveis?

- A) 1.2 m/s    B) 1.5 m/s    C) 1.8 m/s    D) 2.1 m/s    E) 2.4 m/s
- 

5) Hvor lang strekning har personen tilbakelagt i løpet av karusellturen?

- A) 19 m    B) 38 m    C) 57 m    D) 75 m    E) 94 m
- 

6) Med referansepunkt (origo) i sentrum av karusellen, hva er maksimalt dreiemoment som personen blir utsatt for underveis?

- A) 81 Nm    B) 91 Nm    C) 101 Nm    D) 111 Nm    E) 121 Nm
- 

7) Ei tynn stang med lengde 75 cm roterer friksjonsfritt, i vertikalplanet, om en horisontal aksling A i enden av stanga. Stanga passerer bunnen av banen med vinkelhastighet  $11 \text{ s}^{-1}$ . Hva er vinkelhastigheten når stanga passerer toppen av banen?

- A)  $6.5 \text{ s}^{-1}$     B)  $4.5 \text{ s}^{-1}$     C)  $2.5 \text{ s}^{-1}$     D)  $0.5 \text{ s}^{-1}$     E) Stanga når aldri toppen av banen.
- 

8) En hul sylinder ruller uten å gli nedover et skråplan med helningsvinkel 15 grader. Starthastigheten er null. Hva er sylinderens hastighet når den har rullet 60 cm langs skråplanet?

- A) 0.7 m/s    B) 1.2 m/s    C) 1.7 m/s    D) 2.2 m/s    E) 2.7 m/s
-

---

9) Sylindren i forrige oppgave har radius 2.0 cm og stikker like langt ut på begge sider av skråplanet. Kompakte skiver med radius 20 cm og med mye større masse enn sylindren festes på sylindren, en i hver ende. Hva er hastigheten til sylindren med kompakte skiver når den har rullet 60 cm langs skråplanet?

- A) 0.24 m/s    B) 0.34 m/s    C) 0.44 m/s    D) 0.54 m/s    E) 0.64 m/s

---

Oppgave 10–11: Ei tynn stang med lengde 1.0 m og masse 1.0 kg ligger på et friksjonfritt bord. Et lite prosjektil (punktmasse) med masse 2.0 g og hastighet 350 m/s kommer horisontalt inn langs bordflaten, normalt på stangas lengderetning, og kolliderer fullstendig uelastisk i enden av stanga.

---

10) Hva er hastigheten til stangas massesenter etter kollisjonen?

- A) 3.5 cm/s    B) 35 cm/s    C) 70 cm/s    D) 3.5 m/s    E) 7.0 m/s

---

11) Hvor lang tid bruker stanga pr omdreining etter kollisjonen?

- A) 0.3 s    B) 0.7 s    C) 1.1 s    D) 1.5 s    E) 1.9 s

---

12) 23. februar i år annonserte NASA at stjernen TRAPPIST-1 i stjernebildet Vannmannen har 7 steinplaneter, hvorav 3 kan tenkes å inneholde vann. En av disse, TRAPPIST-1-f, har masse ca  $4.06 \cdot 10^{24}$  kg og radius ca  $6.66 \cdot 10^3$  km. Hva er tyngdens akselerasjon på overflaten av denne planeten?

- A) 3.1 m/s<sup>2</sup>    B) 4.1 m/s<sup>2</sup>    C) 5.1 m/s<sup>2</sup>    D) 6.1 m/s<sup>2</sup>    E) 7.1 m/s<sup>2</sup>

---

13) Kinetisk friksjonskoeffisient mellom god is og skøytestål er ca 0.015. Omtrent hvor langt glir da en skøyteløper med starthastighet 2.0 m/s før han/hun stopper? (Anta at skøyteløperen er tung nok til at luftmotstand kan neglisjeres.)

- A) 14 m    B) 24 m    C) 34 m    D) 44 m    E) 54 m

---

14) Sveitsiske konkurrenter til *Revolve* satte rekord i juni 2016 ved å akselerere elbilen *Grimsel* fra 0 til 100 km/h i løpet av 1.51 s. Bilen, inkludert sjåfør, hadde masse 210 kg. Anta konstant akselerasjon og se bort fra luftmotstand. Hva var da påkrevd maksimal effekt underveis?

- A) 107 kW    B) 127 kW    C) 147 kW    D) 167 kW    E) 187 kW

---

15) Hvor stor må statisk friksjonskoeffisient  $\mu_s$  mellom bildekk og veibane minst være for at elbilen *Grimsel* skal kunne akselerere som angitt i forrige oppgave?

- A) 1.08    B) 1.48    C) 1.88    D) 2.28    E) 2.68

---

16) Hastigheten til en bordtennisball (masse 2.7 g) som spretter mot en vegg beskrives godt med funksjonen  $v(t) = v_0 \tanh \gamma t$ . Anta at  $v_0 = 14$  m/s og  $\gamma = 10^3$  s<sup>-1</sup>. Hva er maksimal kraft fra veggen på bordtennisballen?

- A) 14 N    B) 20 N    C) 26 N    D) 32 N    E) 38 N
-

---

17) En lastebil (8.0 tonn) og en personbil (1.5 tonn) som begge kjører med hastighet 50 km/h, kolliderer front mot front i en fullstendig uelastisk kollisjon. Hva er kjøretøyenes felles hastighet etter kollisjonen?

- A) 29 km/h    B) 34 km/h    C) 39 km/h    D) 44 km/h    E) 49 km/h

---

18) Burbo Bank vindmøllepark ligger i Irskesjøen, ei snau mil utenfor Liverpool. De største vindmøllene har 3 "blad" (som peker radielt utover, som i en mercedeslogo), hver med lengde  $L = 82$  m og masse  $M = 35$  tonn. Maksimal rotasjonshastighet tilsvarer 12.1 rpm ("revolutions per minute"; omdreininger pr minutt). Bladene har ikke uniform massefordeling, slik at treghetsmomentet mhp rotasjonsaksen er ca  $ML^2/6$ . Hva er en slik vindmølles maksimale kinetiske energi?

- A) 14 MJ    B) 34 MJ    C) 54 MJ    D) 74 MJ    E) 94 MJ

---

19) Ei ideell fjær forlenges med 12.5 cm når et lodd med masse 200 g henges på. Hva blir perioden (svingetida) hvis loddet trekkes litt ned fra likevekt og slippes?

- A) 0.51 s    B) 0.61 s    C) 0.71 s    D) 0.81 s    E) 0.91 s

---

20) En svak luftmotstand,  $f = -bv$ , resulterer i at loddet i forrige oppgave svinger med halvp parten så stor amplitude etter 2 minutter. Hvor stor er dempingskoeffisienten  $b$ ?

- A) 1.2 g/s    B) 2.3 g/s    C) 3.4 g/s    D) 4.5 g/s    E) 5.6 g/s

---

21) Svingesystemet i de to foregående oppgavene drives på resonans, med en ytre harmonisk kraft  $F_0 \cos \omega_0 t$ . Med tilgjengelige instrumenter har du ikke mulighet til å foreta en direkte måling av svingningens amplitude  $A$ , men du har målt både kraften  $F_0$ , dempingskoeffisienten  $b$ , fjærkonstanten  $k$  og loddets masse  $m$ , med relativ usikkerhet hhv 5%, 3%, 2% og 1%. Hva blir da relativ usikkerhet  $\Delta A/A$  i (den beregnede) svingeamplituden?

- A) 6%    B) 8%    C) 10%    D) 12%    E) 14%

---

22) Ei tynn stang A svinger friksjonsfritt med små utsving fra likevekt om en akse gjennom stangas ende. Ei tilsvarende stang B svinger om en akse i avstand  $1/3$  av stangas lengde fra enden. Hva er forholdet  $T_A/T_B$  mellom perioden (svingetida) til de to stengene?

- A) 0.6    B) 0.8    C) 1.0    D) 1.2    E) 1.4

---

23) En stige med masse 1.3 kg er reist opp mot en svært glatt (friksjonsfri) vegg. Stigen danner en vinkel 45 grader med gulvet. Hva er friksjonskraften mellom gulv og stige?

- A) Null    B) 2.4 N    C) 4.4 N    D) 6.4 N    E) 8.4 N

---

24) Ei lita kompakt kule med radius 26 mm ruller uten å gli på innsiden av et kuleskall med radius 130 mm. Kula passerer bunnen av kuleskallet med hastighet 52 cm/s. Hvor mange grader utgjør kulas bane fra bunnen og opp til der den snur?

- A) 15    B) 20    C) 25    D) 30    E) 35
-

---

25) Ei snookerkule ruller pent og pyntelig, uten å gli, bortover snookerbordet. Pga luftmotstand avtar kulas hastighet, og av symmetrigrunner kan vi anta at denne kraften ( $f_D$ ) passerer gjennom kulas massesenter. Hva kan du da si om eventuell tørr, statisk friksjon ( $f_s$ ) mellom kula og bordet?

- A)  $f_s$  virker i samme retning som  $f_D$ , og  $f_s > f_D$ .  
B)  $f_s$  virker i samme retning som  $f_D$ , og  $f_s < f_D$ .  
C)  $f_s$  virker i motsatt retning av  $f_D$ , og  $f_s < f_D$ .  
D)  $f_s$  virker i motsatt retning av  $f_D$ , og  $f_s > f_D$ .  
E)  $f_s = 0$

---

Oppgave 26-28: En harmonisk transversal bølge forplanter seg på en streng i positiv  $x$ -retning, med amplitude 1.00 cm, bølgelengde 10.0 cm og frekvens 100 Hz.

---

26) Hvilken funksjon beskriver utsvinget fra likevekt? (Alle tall inngår i SI-enheter.)

- A)  $y(x, t) = 0.010 \cos(62.8x + 628t)$       B)  $y(x, t) = 0.010 \sin(62.8x - 628t)$   
C)  $y(x, t) = 0.010 \sin(62.8x + 100t)$       D)  $y(x, t) = 0.010 \cos(62.8x - 100t)$   
E)  $y(x, t) = 0.010 \sin(0.10x - 628t)$

---

27) Hva er bølgehastigheten (fasehastigheten)?

- A) 0.100 m/s      B) 0.628 m/s      C) 1.57 m/s      D) 6.28 m/s      E) 10.0 m/s

---

28) Hva er strengens maksimale hastighet i  $y$ -retning?

- A) 0.100 m/s      B) 0.628 m/s      C) 1.57 m/s      D) 6.28 m/s      E) 10.0 m/s

---

29) En klarinett er essensielt et tynt rør som er åpent i en ende og lukket i den andre. Grunntonen (dvs laveste resonansfrekvens) er 175 Hz. Hvilke frekvenser har da 1., 2. og 3. overtone (dvs de tre påfølgende resonansfrekvensene)?

- A) 350, 525, 700 Hz      B) 525, 875, 1225 Hz      C) 263, 350, 438 Hz  
D) 700, 1400, 2100 Hz      E) 233, 408, 642 Hz

---

30) En politibil under utrykning passerer en dag du er ute og går. Været er bra, og du anslår lyd hastigheten til 340 m/s. Med din smarte *app* registrerer du frekvenser 892 og 725 Hz fra politibilens sirene hhv før og etter den passerer der du står. Hvor fort kjører politibilen? (Vi antar at den har konstant hastighet.)

- A) 106 km/h      B) 116 km/h      C) 126 km/h      D) 136 km/h      E) 146 km/h

---

31) Hva er lydets hastighet inne i ei tørr badstu med lufttemperatur 100°C? (Anta toatomig gass med midlere masse 29u pr molekyl.)

- A) 387 m/s      B) 397 m/s      C) 407 m/s      D) 417 m/s      E) 427 m/s

---

32) En høyttaler sender ut like mye akustisk energi i alle retninger. Du måler et lydintensitetsnivå 70 dB i avstand 70 m fra høyttaleren. Hva er da lydintensitetsnivået i avstand 7 m fra høyttaleren?

- A) 72 dB      B) 80 dB      C) 90 dB      D) 133 dB      E) 700 dB
-

---

33) Blått laserlys sendes inn mot et diffraksjonsgitter med 1200 smale spalter pr mm. På en vegg plassert 300 cm bak diffraksjonsgitteret observeres tre tydelige intensitetsmaksima, ett rett fram (dvs uten avbøyning av laserstrålen) og ett på hver side, i avstand 207 cm fra det i midten. Hva er laserlysets bølgelengde?

- A) 405 nm    B) 428 nm    C) 450 nm    D) 473 nm    E) 499 nm

---

34) Et plutselig og kraftig uvær 7 km fra land skaper bølger med bølgelengder omkring 12 m. Hvor lang tid tar det før bølgene slår mot land? (Det er mer enn 60 m dypt hele veien inn til land.)

- A) 44 minutter    B) 54 minutter    C) 64 minutter    D) 74 minutter    E) 84 minutter

---

35) Et jordskjelv på havbunnen genererer overflatebølger med bølgelengder omkring 50 km. Bølgene forplanter seg med en hastighet 250 km/h. Hva er havdybden i dette området?

- A) ca 50 m    B) ca 250 m    C) ca 500 m    D) ca 750 m    E) ca 1000 m

---

36) Aluminium har lengdeutvidelseskoeffisient  $22 \mu\text{m}/\text{Km}$ . Hvor lang er ei aluminiumsstang i 10 kuldegrader dersom den er 3000 mm lang i 20 varmegrader?

- A) 2990 mm    B) 2992 mm    C) 2994 mm    D) 2996 mm    E) 2998 mm

---

Oppgave 37–40: En ideell gass benyttes som arbeidssubstans i en reversibel varmekraftmaskin. Kretsprosessen består av (1) en isoterm utvidelse; (2) en adiabatisk utvidelse; (3) en isoterm kompresjon; (4) en adiabatisk kompresjon.

---

37) Hva er riktig påstand om gassens indre energi  $U$ ?

- A)  $\Delta U_1 > 0, \Delta U_2 = 0, \Delta U_3 < 0, \Delta U_4 = 0$     B)  $\Delta U_1 < 0, \Delta U_2 = 0, \Delta U_3 > 0, \Delta U_4 = 0$   
C)  $\Delta U_1 = 0, \Delta U_2 = 0, \Delta U_3 = 0, \Delta U_4 = 0$     D)  $\Delta U_1 = 0, \Delta U_2 > 0, \Delta U_3 = 0, \Delta U_4 < 0$   
E)  $\Delta U_1 = 0, \Delta U_2 < 0, \Delta U_3 = 0, \Delta U_4 > 0$

---

38) Hva er riktig påstand om arbeidet  $W$  som utføres av gassen?

- A)  $W_1 > 0, W_2 > 0, W_3 < 0, W_4 < 0$     B)  $W_1 > 0, W_2 < 0, W_3 > 0, W_4 < 0$   
C)  $W_1 < 0, W_2 > 0, W_3 < 0, W_4 > 0$     D)  $W_1 < 0, W_2 > 0, W_3 > 0, W_4 < 0$   
E)  $W_1 > 0, W_2 > 0, W_3 > 0, W_4 > 0$

---

39) Hva er riktig påstand om varmen  $Q$  som tilføres gassen?

- A)  $Q_1 = 0, Q_2 > 0, Q_3 = 0, Q_4 < 0$     B)  $Q_1 > 0, Q_2 = 0, Q_3 < 0, Q_4 = 0$   
C)  $Q_1 = 0, Q_2 = 0, Q_3 = 0, Q_4 = 0$     D)  $Q_1 < 0, Q_2 < 0, Q_3 > 0, Q_4 > 0$   
E)  $Q_1 > 0, Q_2 > 0, Q_3 < 0, Q_4 < 0$

---

40) Varmekraftmaskinen utveksler varmeenergi med to varmereservoarer. I det ene er temperaturen  $100^\circ\text{C}$ , i det andre er temperaturen  $20^\circ$ . Hva er maskinens virkningsgrad?

- A) 0.21    B) 0.32    C) 0.43    D) 0.54    E) 0.65
-

---

41) Omtrent hvor stor er varmekapasiteten pr molekyl i en gass ved normale betingelser?

- A)  $10^{-11}$  J/K    B)  $10^{-15}$  J/K    C)  $10^{-19}$  J/K    D)  $10^{-23}$  J/K    E)  $10^{-27}$  J/K
- 

42) Romtemperert luft ( $20^{\circ}\text{C}$ ) i ei sykkelpumpe komprimeres adiabatisk til en sjettedel av opprinnelig volum. Hva er nå temperaturen i lufta?

- A)  $127^{\circ}$     B)  $227^{\circ}$     C)  $327^{\circ}$     D)  $427^{\circ}$     E)  $527^{\circ}$
- 

43) Hva er kompressibiliteten til luft ved adiabatisk forhold og normalt trykk (1 atm)?

- A) ca  $2 \text{ mm}^2/\text{N}$     B) ca  $7 \text{ mm}^2/\text{N}$     C) ca  $2 \text{ m}^2/\text{N}$     D) ca  $7 \text{ m}^2/\text{N}$     E) ca  $2 \text{ km}^2/\text{N}$
- 

44) Hva er maksimalt innhold av vanndamp i luft ved  $22^{\circ}\text{C}$ ? Vannets trippelpunkt er ved  $273.16 \text{ K}$  og  $612 \text{ Pa}$ . Fordampingsvarmen er  $45 \text{ kJ/mol}$ . Molekylmassen er  $18\text{u}$ .

- A)  $20 \text{ mg/m}^3$     B)  $200 \text{ mg/m}^3$     C)  $2 \text{ g/m}^3$     D)  $20 \text{ g/m}^3$     E)  $200 \text{ g/m}^3$
- 

45) Hvor stort er varmetapet (pga varmeledning) gjennom en  $25 \text{ cm}$  tykk tømmervegg når temperaturen inne og ute er hhv  $20$  varmegrader og  $20$  kuldegrader? Anta gran, med varmeledningsevne  $0.12 \text{ W/Km}$ .

- A)  $12 \text{ W/m}^2$     B)  $15 \text{ W/m}^2$     C)  $19 \text{ W/m}^2$     D)  $23 \text{ W/m}^2$     E)  $26 \text{ W/m}^2$
- 

46) Hvor stort er varmetapet (pga varmeledning) gjennom en  $25 \text{ cm}$  tykk reisverksvegg når temperaturen inne og ute er hhv  $20$  varmegrader og  $20$  kuldegrader? Anta  $2.5 \text{ cm}$  innvendig og utvendig granpanel og  $20 \text{ cm}$  mineralull med varmeledningsevne  $0.035 \text{ W/Km}$ .

- A)  $6.5 \text{ W/m}^2$     B)  $9.5 \text{ W/m}^2$     C)  $12.5 \text{ W/m}^2$     D)  $15.5 \text{ W/m}^2$     E)  $18.5 \text{ W/m}^2$
- 

47) Varmekapasitet og massetetthet er hhv  $2.70 \text{ kJ/kg K}$  og  $500 \text{ kg/m}^3$  for gran og  $1.03 \text{ kJ/kg K}$  og  $20 \text{ kg/m}^3$  for mineralull. Hva er da forholdet mellom tømmerveggen og reisverksveggen varmekapasiteter (i de to forrige oppgavene)?

- A) 1.4    B) 2.5    C) 3.6    D) 4.7    E) 5.8
- 

48) En ideell gass doubler sitt volum i en reversibel og isoterm prosess. Hvor stor er gassens entropiendring pr mol?

- A)  $-9.8 \text{ J/K}$     B)  $-5.8 \text{ J/K}$     C)  $0 \text{ J/K}$     D)  $5.8 \text{ J/K}$     E)  $9.8 \text{ J/K}$
- 

49) Smeltevarmen til is er  $335 \text{ J/g}$ . Hva er da entropiendringen i  $30 \text{ mL}$  vann når det fryser til is ved  $0^{\circ}\text{C}$ ?

- A)  $-37 \text{ J/K}$     B)  $-17 \text{ J/K}$     C)  $0 \text{ J/K}$     D)  $17 \text{ J/K}$     E)  $37 \text{ J/K}$
- 

50) En liten vanndam med dybde  $2.7 \text{ mm}$  har temperatur  $0^{\circ}\text{C}$  en klar desemberdag når mørket faller på. Lufttemperaturen er den samme. Den mørke himmelen kan nå betraktes som et svart legeme med en effektiv temperatur  $240 \text{ K}$ . Hvor lang tid tar det da omtrent før hele vanndammen har frosset til is? Anta at vannet også kan betraktes som et svart legeme og se bort fra andre varmeoverføringsmekanismer enn stråling.

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