

1) Hyttegulvet skal renoveres, og du trenger planker med dimensjon (tverrsnitt) $48 \text{ mm} \times 148 \text{ mm}$ og massetetthet 400 kg/m^3 . Du har en tilhenger som tåler et lass på 600 kg . Hvor mange meter med golvplanker kan du lesse på tilhengeren?

- A) 211 m B) 355 m C) 133 m D) 66 m

2) En curlingstein har masse $m = 20 \text{ kg}$. En forsøksserie (*uten* rotasjon på curlingsteinen) viser at friksjon mot isen (f_μ) og luftmotstand (f_d ; d for "drag") alt i alt best kan beskrives med kraften

$$f(v) = f_\mu(v) + f_d(v) = -\frac{a}{\sqrt{v}} mg - b v^2,$$

med koeffisienter $a = 0.0080$ og $b = 0.010$, begge målt i SI-enheter. Her er v curlingsteinens hastighet, og g er tyngdens akselerasjon. Hva er korrekt SI-enhet for koeffisienten a ?

- A) $[a] = \text{m/s}$ B) $[a] = (\text{m/s})^{1/2}$ C) $[a] = \text{kg/m}$ D) $[a] = 1$ (dimensjonsløs)

3) Og hva er korrekt SI-enhet for koeffisienten b i forrige oppgave?

- A) $[b] = \text{m/kg}$ B) $[b] = \text{kg/s}$ C) $[b] = \text{kg/m}$ D) $[b] = 1$ (dimensjonsløs)

4) Curlingsteinen i oppgave 2 har hastighet 1 m/s . Betydningen av friksjon mot isen sammenlignet med luftmotstand kan uttrykkes ved forholdet $|f_\mu/f_d|$, som ved denne hastigheten er omtrent

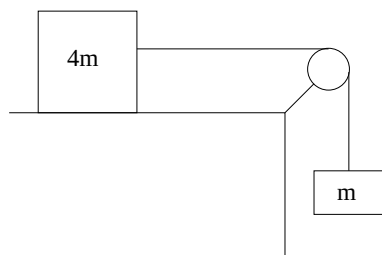
- A) 0.16 B) 1.6 C) 16 D) 160

5) En kloss er plassert på et skråplan. Statisk og kinetisk friksjonskoeffisient mellom kloss og skråplan er hhv μ_s og μ_k . Skråplanet kan maksimalt danne vinkelen θ med horisontalen uten at klossen skal begynne å gli. Hvilken ligning fastlegger vinkelen θ ?

- A) $\sin \theta = \mu_k$ B) $\sin \theta = \mu_s$ C) $\tan \theta = \mu_k$ D) $\tan \theta = \mu_s$

6) Hva blir akselerasjonen a til klossen i oppgave 5 dersom vinkelen mellom skråplanet og horisontalen er $\alpha > \theta$?

- A) $a = g(\sin \alpha - \mu_k \cos \alpha)$ B) $a = g(\cos \alpha - \mu_k \sin \alpha)$
C) $a = g(\sin \alpha - \mu_k \sin \alpha)$ D) $a = g(\cos \alpha - \mu_k \cos \alpha)$

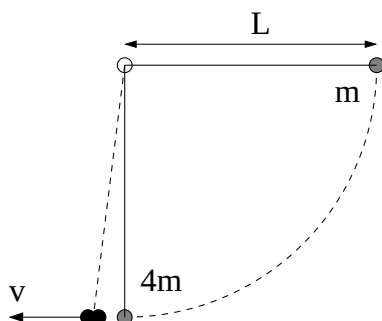


7) To kasser med masse $4m$ og m er festet i hver sin ende av ei (stram) snor som går over ei trinse. Snor og trinse kan regnes som masseløse, og vi ser bort fra friksjon. Hva er kassenes akselerasjon?

- A) $g/5$ B) $2g/5$ C) $4g/5$ D) g

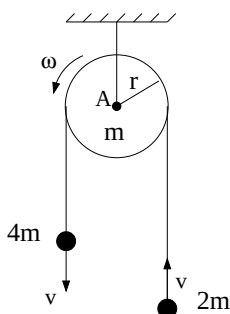
8) I forrige oppgave, hvor stor må statisk friksjonskoeffisient μ mellom kassen med masse $4m$ og underlaget minst være for at kassen skal bli stående i ro?

- A) 0.05 B) 0.15 C) 0.25 D) 0.35



9) To kuler, med masse $4m$ og m , er hengt opp i samme punkt med tynne, vektløse snorer med lengde $L = 1.0$ m. Kula med masse m trekkes ut til snora er horisontal og slippes. Den svinger nedover og treffer den andre kula i et sentralt støt. Betrakt kulene som punktmasser slik at snorene er vertikale når kollisjonen skjer. Anta at kollisjonen er fullstendig uelastisk, dvs kulene henger sammen etter kollisjonen. Hva er kulenes felles hastighet v umiddelbart etter kollisjonen?

- A) 0.9 m/s B) 1.9 m/s C) 2.9 m/s D) 3.9 m/s



10) Figuren til venstre viser et øyeblikksbilde av to små kuler, med masse $4m$ og $2m$, forbundet med ei vektløs snor som er lagt over ei skive med masse m og radius r . Skiva har treghetsmoment $I_0 = mr^2/2$ mhp en akse gjennom tyngdepunktet (A), normalt på skiva. Det er tilstrekkelig friksjon mellom snora og skiva til at snora ikke glir. Hva er systemets (to kuler pluss skive) totale dreieimpuls L_A mhp punktet A i skivas sentrum i dette øyeblikket?

- A) $5mrv$ B) $11mrv/2$ C) $6mrv$ D) $13mrv/2$

11) I forrige oppgave, hva blir kulenes akselerasjon $a = dv/dt$? (Tips: $\tau_A = dL_A/dt$; τ_A er netto ytre dreiemoment mhp A.)

- A) ca 1 m/s^2 B) ca 3 m/s^2 C) ca 5 m/s^2 D) ca 7 m/s^2

12) Tre små kuler, hver med masse m , er plassert i posisjonene $(x, y, z) = (1, 1, 4)$, $(2, 2, 0)$ og $(-3, 1, 1)$. Hvor er kulenes massesenter?

- A) $(0, 4/3, 5/3)$ B) $(1, 4, 5)$ C) $(2, 3, 4)$ D) $(6, 0, 3)$

13) Et sykkelhjul med masse 4 kg og radius 30 cm ruller uten å gli (slure) bortover et flatt underlag. Hjulets massesenter har hastighet 5 m/s. Aksling (nav) og eiker er så lette at de kan regnes som masseløse. Hva er sykkelhjulets kinetiske energi?

- A) 25 J B) 50 J C) 75 J D) 100 J

14) Sykkelhjulet i oppgave 13 slurer (glir) nå nedover et glatt skråplan som danner en vinkel på 45° med horisontalen. Kinetisk friksjonskoeffisient mellom hjul og skråplan er 0.14. Med hjulets massesenter som referansepunkt, hva er netto ytre dreiemoment på hjulet?

- A) 0.1 Nm B) 1.2 Nm C) 4.4 Nm D) 7.8 Nm

15) Med kontaktpunktet mellom hjul og skråplan som referansepunkt, hva er netto ytre dreiemoment på hjulet i oppgave 14?

- A) 1.5 Nm B) 3.9 Nm C) 8.3 Nm D) 11.1 Nm

16) Ei tynn stang med masse M og lengde L ligger i ro på et flatt, friksjonsfritt underlag, langs y -aksen mellom $y = 0$ og $y = L$, i posisjon $x = 0$. Ei kule (tilnærmet punktmasse) med masse $M/5$ kommer inn fra venstre (dvs fra området der $x < 0$) langs x -aksen, med hastighet $\mathbf{v}_0 = v_0 \hat{x}$. Dette er utgangspunktet for oppgavene 16 – 19. Hva er hastigheten til massesenteret til dette systemet (stang pluss kule)?

- A) Null B) $(v_0/6) \hat{x}$ C) $(v_0/5) \hat{x}$ D) $v_0 \hat{x}$

17) Kula kolliderer fullstendig uelastisk med stanga, helt ute ved stangas ene ende, i $y = 0$. Stang og kule beveger seg dermed som et felles legeme etter kollisjonen. Hva er koordinatene (x, y) til systemets massesenter i kollisjonsøyeblikket?

- A) $(0, 6L/13)$ B) $(0, 5L/12)$ C) $(0, 4L/11)$ D) $(0, 3L/8)$

18) Hva er systemets totale impuls?

- A) Null B) $M(v_0/6) \hat{x}$ C) $M(v_0/5) \hat{x}$ D) $Mv_0 \hat{x}$

19) Hva er systemets totale dreieimpuls relativt origo?

- A) Null B) $(Mv_0L/6) \hat{z}$ C) $(Mv_0L/5) \hat{z}$ D) $Mv_0L \hat{z}$

20) Et lodd med masse 0.25 kg henges opp i ei fjær som kan betraktes som ideell, dvs den oppfyller Hookes lov. Når loddet settes i (vertikale) svingninger, måles svingetiden (perioden) til 1.1 s. Hva er fjæras fjærkonstant k ?

- A) 8.2 N/m B) 6.3 N/m C) 4.4 N/m D) 2.5 N/m

21) Foucaultpendelen i Realfagbygget kan med god tilnærmelse betraktes som en matematisk pendel med lengde L . Svingetiden (perioden) er ca 10 sekunder. Hva er da omtrent pendelens lengde L ?

- A) 20 m B) 25 m C) 30 m D) 35 m

22) I et eksperiment måles bevegelsen til en kloss nedover et skråplan ved hjelp av et kamera som tar bilder av oppsettet 10 ganger pr sekund. "Rådata" fra eksperimentet er følgende posisjonsverdier x_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) for hvert tiendedels sekund. Anta at x -aksen er lagt parallelt med skråplanet og at x_i er lagret i enheten millimeter. Tallverdier for $x_4 - x_8$ er 80, 125, 180, 245 og 320. Hva er da klossens akselerasjon?

- A) 0.1 m/s² B) 0.5 m/s² C) 1.0 m/s² D) 2.5 m/s²

23) I et helt annet fysisk problem har du endt opp med utfordringen å løse ligningen $x = 7/4 - 2x/\sqrt{1 + 3x^2}$. Du satser (med hell!) på en enkel iterativ løsningsmetode, der en startverdi for x innsatt på høyre side av ligningen gir en oppdatert verdi av x , og dermed det iterative skjemaet

$$x_{i+1} = \frac{7}{4} - \frac{2x_i}{\sqrt{1 + 3x_i^2}}.$$

Med startverdien $x_1 = 0.3$, hva blir x_3 ?

- A) $x_3 \simeq 0.224$ B) $x_3 \simeq 0.417$ C) $x_3 \simeq 0.531$ D) $x_3 \simeq 0.707$

24) En transversal harmonisk bølge $y(x, t) = y_0 \sin(kx + \omega t)$ forplanter seg på en streng, med amplitude 2.0 cm, bølgelengde 30 cm og frekvens 8 Hz. Oppgavene 24 – 28 gjelder denne harmoniske bølgen. I hvilken retning forplanter bølgen seg?

- A) Positiv x -retning B) Negativ x -retning C) Positiv y -retning D) Negativ y -retning

25) Hva er bølgens periode?

- A) 125 ms B) 1.25 s C) 785 ms D) 7.85 s

26) Hva er bølgehastigheten?

- A) 2.4 cm/s B) 24 cm/s C) 2.4 m/s D) 24 m/s

27) Hva er strengelementenes maksimale hastighet?

- A) 1.0 cm/s B) 10 cm/s C) 1.0 m/s D) 10 m/s

28) Hva er strengelementenes maksimale akselerasjon?

- A) 5.1 cm/s² B) 51 cm/s² C) 5.1 m/s² D) 51 m/s²

29) Hva er frekvensene til de fire stående bølgene som tilsvarer grunntonen og 1., 2. og 3. overtone på en streng, fastspent i begge ender, med lengde 5.0 m, strekk-kraft 120 N, og masse pr lengdeenhet 3 g/m?

- A) 20, 40, 80 og 160 Hz B) 20, 40, 60 og 80 Hz C) 10, 20, 40 og 80 Hz D) 10, 20, 30 og 40 Hz

30) En oktobass har strenger med lengde 2.15 m. Den laveste grunntonen har frekvens 16.35 Hz og ligger dermed nedenfor det hørbare området for et normalt øre. Hvis den aktuelle strengen har masse 69 gram pr meter, hvor stor strekk-kraft er da påkrevd?

- A) 341 N B) 254 N C) 179 N D) 84 N

31) En ambulanse nærmer seg ulykkesstedet, der du befinner deg. Du har telefonkontakt med sjåføren, som kan fortelle at sirenen lager lyd med frekvens 300 Hz. Du hører en lyd med frekvens 333 Hz. Siden lydens hastighet er 340 m/s, kan du konkludere med at ambulansens hastighet er

- A) 91 km/h B) 101 km/h C) 111 km/h D) 121 km/h

32) To helt like høyttalere er koblet sammen slik at de sender ut lydbølger i fase, og med en bestemt frekvens. Lydens hastighet er 340 m/s. I avstand 4.3 m fra den ene og 3.8 m fra den andre høyttaleren måler vi svært svak lyd. Da kan vi fastslå at

- A) frekvensen er nøyaktig 680 Hz.
B) frekvensen er nøyaktig 340 Hz.
C) frekvensen er minst 680 Hz.
D) frekvensen er minst 340 Hz.

33) To helt like høyttalere er koblet sammen slik at de sender ut lydbølger i fase, og med bølgelengde 1.0 m. Avstanden mellom høyttalerne er 2.0 m. I retning normalt på midten av forbindelseslinjen mellom høyttalerne (symmetrilinjen, $\theta_0 = 0$) observeres det konstruktiv interferens (maksimal lydstyrke). I hvilken retning, angitt ved minste verdi av vinkelen θ relativt symmetrilinjen, observeres neste lydmaximum?

- A) $\theta = 10^\circ$ B) $\theta = 30^\circ$ C) $\theta = 50^\circ$ D) $\theta = 70^\circ$

34) Et sprittermometer inneholder $3.0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ etanol. Spritsøylen, der temperaturen leses av, har et tverrsnitt på $1.0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$. Hvor mye stiger spritsøylen når temperaturen øker med 1.0 K? Volumutvidelseskoeffisienten til etanol: $\beta = 0.001 \text{ K}^{-1}$. (Glassets utvidelse kan neglisjeres.)

- A) 1.0 cm B) 2.0 cm C) 3.0 cm D) 4.0 cm

35) Hvor mye øker trykket i en lukket beholder med gass (dvs konstant volum) dersom temperaturen i gassen økes fra -20°C til $+20^\circ\text{C}$?

- A) 1% B) 6% C) 11% D) 16%

36) Smeltevarmen til is ved 0°C er 333 J/g . Hvor lang tid vil det minst ta å smelte en isklump med masse 125 g i en mikrobølgeovn som leverer 500 W? Anta at hele effekten som leveres av ovnen absorberes av isklumpen.

- A) 0.23 sekunder B) 23 sekunder C) 1 minutt og 23 sekunder D) 23 minutter

37) Hvor stor er omtrent RMS-hastigheten $v_{\text{rms}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle}$ til oksygenmolekylene i lufta en trøstesløs gråværsdag i Trondheim? Anta ti grader celsius og molar masse 32 g.

- A) 470 m/s B) 20 m/s C) 3580 m/s D) 1820 m/s

38) En hyttevegg har 3 cm utvendig og 2 cm innvendig panel, og 15 cm isolasjon (glassvatt) i mellom. Med 22°C inni og -20°C utenfor, hva blir varmetapet pr kvadratmeter pga varmeledning gjennom en slik vegg? Oppgitte varmeledningsevner: $\kappa_p = 0.12 \text{ W/(m K)}$ (panel), $\kappa_g = 0.035 \text{ W/(m K)}$ (glassvatt). (Tips: Seriekobling av 5 cm panel og 15 cm glassvatt.)

- A) 1.3 W B) 8.9 W C) 15.8 W D) 32.1 W

39) En kretsprosess som benyttes i en varmekraftmaskin består av to delprosesser med konstant trykk (isobarer) og to delprosesser med konstant volum (isokorer), slik at minste og største trykk er henholdsvis p_0 og $3p_0$ og minste og største volum er henholdsvis V_0 og $3V_0$. Arbeidssubstansen er en 1-atomig ideell gass med N atomer. Oppgavene 39 – 44 omhandler denne prosessen og dette systemet.

Aller først: Hva er gassens varmekapasitet ved konstant trykk, C_p ?

- A) $C_p = 3Nk_B/2$ B) $C_p = 5Nk_B/2$ C) $C_p = 7Nk_B/2$ D) $C_p = 9Nk_B/2$

40) Hva er netto arbeid W utført av varmekraftmaskinen pr syklus av kretsprosessen?

- A) $W = p_0V_0$ B) $W = 4p_0V_0$ C) $W = 7p_0V_0$ D) $W = 9p_0V_0$

41) Hva er forholdet mellom gassens høyeste og laveste temperatur i denne kretsprosessen?

- A) $T_{\max}/T_{\min} = 3$ B) $T_{\max}/T_{\min} = 5$ C) $T_{\max}/T_{\min} = 7$ D) $T_{\max}/T_{\min} = 9$

42) Hva er varmekraftmaskinens virkningsgrad η ? (Anta at C_p og C_V er konstante gjennom hele kretsprosessen.)

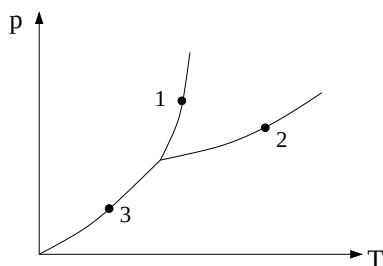
- A) $\eta = 0.22$ B) $\eta = 0.44$ C) $\eta = 0.69$ D) $\eta = 0.92$

43) Hva kan du si om endringen i gassens entropi i delprosessen der volumet reduseres fra $3V_0$ til V_0 ved konstant trykk p_0 ?

- A) Den endres ikke. B) Den blir mindre. C) Den blir større.
D) Det avhenger av tallverdiene for p_0 og V_0 .

44) Hva kan du si om endringen i gassens entropi når nøyaktig en syklus av kretsprosessen er gjennomløpt?

- A) Den endres ikke. B) Den blir mindre. C) Den blir større.
D) Det avhenger av tallverdiene for p_0 og V_0 .



45) Figuren viser koeksistenskurver i et pT -diagram. Hvilke prosesser foregår i tilstandene 1, 2 og 3?

- A) 1 = fordamping, 2 = smelting, 3 = sublimasjon
- B) 2 = fordamping, 3 = smelting, 1 = sublimasjon
- C) 3 = fordamping, 1 = smelting, 2 = sublimasjon
- D) 2 = fordamping, 1 = smelting, 3 = sublimasjon

46) En ideell gass utvider seg reversibelt og isotermt fra en tilstand (T_1, p_1) slik at volumet blir dobbelt så stort, $V_1 \rightarrow 2V_1$. Arbeidet på omgivelsene er da W_0 . Dersom den samme gassen i stedet hadde utvidet seg reversibelt ved konstant trykk p_1 , fremdeles fra V_1 til $2V_1$, hva kan du da si om arbeidet gjort på omgivelsene, W_1 , i forhold til det isoterme arbeidet W_0 ?

- A) $W_1 > W_0$
- B) $W_1 < W_0$
- C) $W_1 = W_0$
- D) Umulig å si helt sikkert.

47) En varmemengde Q tilføres en ideell gass ved konstant trykk. Hvordan går det da med gassens indre energi U ?

- A) U øker med energimengden Q .
- B) U øker med mer enn energimengden Q .
- C) U øker med mindre enn energimengden Q .
- D) Umulig å si noe om.

48) Luft er med god tilnærmelse en ideell blanding av O_2 - og N_2 -molekyler. (Dvs, begge stoffer oppfører seg som ideelle gasser som ikke påvirker hverandre.) Oksygenmolekylene har litt større masse enn nitrogenmolekylene. Hva kan du da si om middelhastigheten $v_{\text{rms}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle}$ og midlere kinetisk translasjonsenergi $\langle K \rangle$ for de ulike molekylerne?

- A) $v_{\text{rms}}(O_2) = v_{\text{rms}}(N_2)$, $\langle K \rangle_{O_2} = \langle K \rangle_{N_2}$
- B) $v_{\text{rms}}(O_2) < v_{\text{rms}}(N_2)$, $\langle K \rangle_{O_2} < \langle K \rangle_{N_2}$
- C) $v_{\text{rms}}(O_2) = v_{\text{rms}}(N_2)$, $\langle K \rangle_{O_2} > \langle K \rangle_{N_2}$
- D) $v_{\text{rms}}(O_2) < v_{\text{rms}}(N_2)$, $\langle K \rangle_{O_2} = \langle K \rangle_{N_2}$

49) Vedrørende ligningen $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$, hvilken påstand er feil?

- A) Ligningen uttrykker energibevarelse.
- B) ΔW er arbeidet gjort av systemet på omgivelsene.
- C) Størrelsen ΔQ kan være både positiv og negativ.
- D) Mens W er en prosessvariabel, er både U og Q tilstandsvariable.

50) Betrakt kroppen din som et perfekt svart legeme med overflatetemperatur 30 grader celsius og overflateareal 1 kvadratmeter. Hvis du går ut naken en kald vinterdag, i omgivelser som kan betraktes som et svart legeme ved temperatur -10 grader celsius, hva er da et rimelig estimat av kroppens netto effekttap (dvs netto varmetap pr tidsenhet) pga stråling?

- A) ca 2 mW
- B) ca 2 W
- C) ca 0.2 kW
- D) ca 20 kW