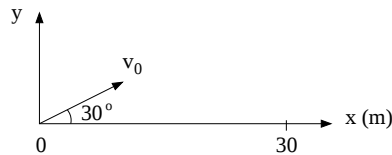


1) Med moderne nanoteknologi er det mulig å lage svært tynne metalltråder. Hvor mye sølv inneholder tråder av rent sølv med diameter 55 nm og total lengde $5.5 \cdot 10^8$ m? Sølv har massetetthet ca 10.5 g/cm^3 .

- A) 14 g B) 42 g C) 14 kg D) 42 kg E) 42 mg



2) En kanon skyter ut ei metallkule fra bakkenivå ($y_0 = 0$) med utgangsretning 30° over horisontalretningen. Kula lander 30 m unna. Hvor lenge var kula i lufta? Se bort fra luftmotstand.

- A) 1.6 s B) 1.9 s C) 2.2 s D) 2.5 s E) 2.8 s

3) En skiløper går i et pent kupert terreng med en hastighet $v(t)$ som kan beskrives med funksjonen

$$v(t) = v_0 \left(1 - \frac{1}{3} \sin \omega t \right).$$

Her er $v_0 = 4.5 \text{ m/s}$ og $\omega = 0.10 \text{ s}^{-1}$. Oppgavene 3 – 6 omhandler denne skiløperen. Hva er skiløperens maksimale hastighet?

- A) 3.0 m/s B) 4.5 m/s C) 6.0 m/s D) 7.5 m/s E) 9.0 m/s

4) Hva er skiløperens maksimale akselerasjon?

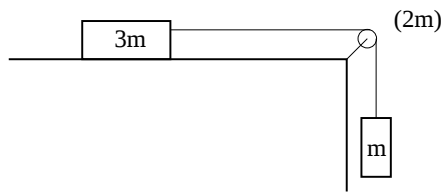
- A) 60 m/s^2 B) 18 m/s^2 C) 3.0 m/s^2 D) 0.15 m/s^2 E) 4.5 cm/s^2

5) I det vi antar at hastigheten varierer i takt med terrenget, hvor langt er det fra en bakketopp til den neste?

- A) 0.18 km B) 0.28 km C) 0.38 km D) 0.48 km E) 0.58 km

6) Skituren starter kl 10 og er 50 km lang. Omtrent når er skiløperen i mål?

- A) kl 13 B) kl 14 C) kl 15 D) kl 16 E) kl 17

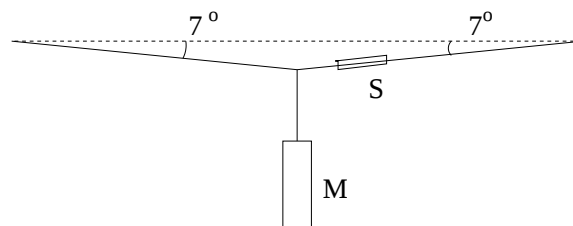


7) En masse m henger i ei snor. Snora går over ei masseløs trinse og er festet til en annen masse $3m$ som ligger på et horisontalt bord. Se bort fra all friksjon. Massen m holdes i ro og slippes. Når den har falt en distanse h vil den ha fått en fart v som kan uttrykkes ved formelen

- A) $v = \sqrt{gh/2}$ B) $v = \sqrt{gh/4}$ C) $v = \sqrt{gh}$ D) $v = \sqrt{4gh}$ E) $v = \sqrt{2gh}$

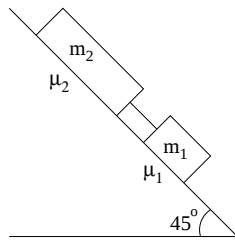
8) Hva blir farten v i oppgaven over hvis trinsa ikke er masseløs men har masse $2m$, radius R og treghetsmoment $I = mR^2$. Trinsa følger med snora uten å glippe.

- A) $v = \sqrt{2gh/9}$ B) $v = \sqrt{2gh/7}$ C) $v = \sqrt{2gh/5}$ D) $v = \sqrt{2gh/3}$ E) $v = \sqrt{2gh}$



9) Et lodd er festet i ei snor, som igjen er festet på midten av et tau. Ei fjærvekt viser at strekk-kraften i tauet nå er $S = 282$ N. Hva er loddets masse M ?

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

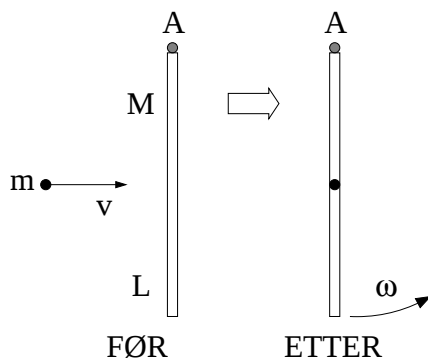


10) To klosser glir nedover et skråplan med helningsvinkel 45° og er forbundet med ei stiv og tilnærmet masseløs stang. Klossene har masse hhv m_1 og $m_2 = 2m_1$. Kinetiske friksjonskoeffisienter er $\mu_1 = \mu_2 = \mu$. Hva er klossenes akselerasjon a nedover skråplanet?

- A) $\sqrt{3}g/(1 + \mu)$ B) $g(2 - \mu/3)/\sqrt{5}$ C) $g\mu/3$ D) $g(1 - \mu)/\sqrt{2}$ E) $3g(1 - \mu/2)$

11) En liten kloss med masse m kan gli friksjonsfritt på en halvsirkelformet bane $y(x) = h - \sqrt{h^2 - x^2}$. Her er x horisontalt og y vertikalt, slik at tyngdens akselerasjon er $\mathbf{g} = -g\hat{y}$. Klossen slippes med null starthastighet i posisjon $(x, y) = (-h, h)$. Hva er klossens akselerasjon i posisjon $(0, 0)$?

- A) Null B) $g/2$ C) g D) $3g/2$ E) $2g$



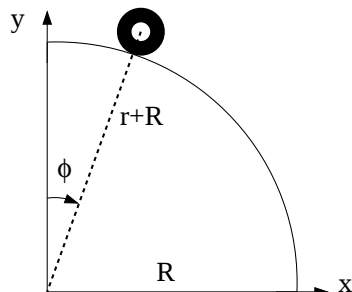
12) Ei tynn, jevntjukk stang har lengde $L = 1.0$ m og masse $M = 250$ g, og henger vertikalt i tyngdefeltet. Stanga kan svinge friksjonsfritt om en aksling i enden (A). Et prosjektil med masse $m = 2.5$ g skytes horisontalt med hastighet $v = 25.0$ m/s og treffer stanga på midten i en fullstendig uelastisk kollisjon. (Dvs prosjektilet sitter fast i stanga.) Hva blir vinkelhastigheten ω til stang med prosjektil umiddelbart etter kollisjonen? (Tips: Dreieimpulsbevarelse.)

- A) 0.17 s^{-1} B) 0.27 s^{-1} C) 0.37 s^{-1} D) 0.47 s^{-1} E) 0.57 s^{-1}

13) Anta nå at stanga med prosjektilet i forrige oppgave svinger harmonisk fram og tilbake med små utsving omkring likevekt. Hva er svingetiden (perioden) T for denne fysiske pendelen?

- A) 1.6 s B) 1.8 s C) 2.0 s D) 2.2 s E) 2.4 s

Tabellen til høyre viser posisjon (x, y) , målt i enheten centimeter (cm), og tid t , målt i enheten sekunder (s), for massesenteret til en taperull med masse $m = 70$ g, ytre radius $r = 3.75$ cm og indre radius 1.25 cm (dvs ei kompakt skive med et hull med diameter 2.50 cm i midten), som ruller på utsiden av en kvartsirkel med radius $R = 79.5$ cm. Oppgavene 14 – 17 er knyttet til denne figuren og tabellen.



t (s)	x (cm)	y (cm)
1.001	33.170	75.551
1.018	34.583	74.875
1.034	36.006	74.182
1.051	37.479	73.400
1.068	39.064	72.534
1.084	40.693	71.662
1.101	42.400	70.749
1.118	44.142	69.668
1.134	45.901	68.559
1.151	47.683	67.272
1.168	49.575	65.799
1.185	51.422	64.259
1.201	53.396	62.550
1.218	55.474	60.782
1.235	57.587	58.804
1.251	59.698	56.570
1.268	61.834	54.088
1.285	63.992	51.421
1.301	66.162	48.545
1.318	68.331	45.362
1.335	70.501	41.989
1.351	72.681	38.260
1.368	74.858	34.323
1.385	77.054	30.139
1.401	79.246	25.593

14) Et rimelig estimat for taperullens treghetsmoment med hensyn på symmetriaksen gjennom dens massesenter (dvs rotasjonsaksen) er

- A) $1.5 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2$ B) $2.5 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2$
 C) $3.5 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2$ D) $4.5 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2$
 E) $5.5 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2$

15) Taperullens hastighet ved $t = 1.351$ s (basert på tallene i tabellen) er omtrent

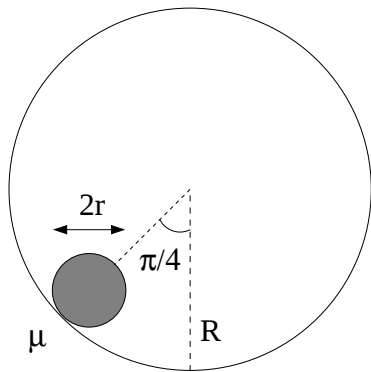
- A) 2.1 m/s B) 2.4 m/s
 C) 2.7 m/s D) 3.0 m/s
 E) 3.3 m/s

16) Hvor, angitt ved vinkelen ϕ i grader, er taperullen ved $t = 1.084$ s?

- A) 30° B) 40° C) 50° D) 60° E) 70°

17) Anta mer generelt at et legeme med masse m , radius r og treghetsmoment $I_0 = cmr^2$ starter med null hastighet praktisk talt på toppen (ved ϕ bittelitt større enn null) og ruller rent (dvs uten å gli) nedover kvartsirkelen. Hva er da legemets vinkelhastighet ω ved vinkelen ϕ ? (Tips: Energibevarelse.)

- A) $\sqrt{2g(r+R)(1-\cos\phi)/(c+1)r^2}$ B) $\sqrt{2g(r+R)(1-\cos\phi)/(c+1)r}$
 C) $\sqrt{g(1-\cos\phi)/(c+1)r}$ D) $\sqrt{gr(1-\cos\phi)/(c+1)R^2}$
 E) $\sqrt{g(r+R)(1-\cos\phi)/(c+3)}$

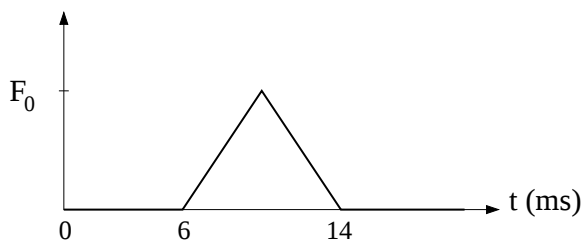


18) Et kuleskall med masse m og radius r kan rulle på innsiden av et større kuleskall med radius $R > r$. Hvis kuleskallet starter ved en vinkel på 45° (som i figuren), med null starthastighet, hvor stor må da den statiske friksjonskoeffisienten μ mellom de to kuleskallene minst være for at kuleskallet fra starten av skal rulle rent (uten å gli)? (Tips: Newtons 2. lov for translasjon og rotasjon.)

- A) $1/5$ B) $2/5$ C) $1/7$ D) $2/7$ E) $1/9$

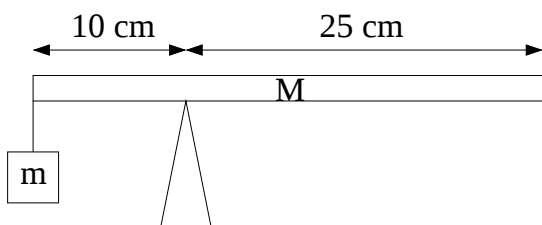
19) Kuleskallet i forrige oppgave passerer bunnen av banen med hastighet 59 cm/s . Det har masse $m = 0.15 \text{ kg}$ og radius $r = 2.0 \text{ cm}$, mens kuleskallet har radius $R = 10 \text{ cm}$. Hvor stor er nå normalkraften fra kuleskallet på kula?

- A) 0.6 N B) 1.1 N C) 1.6 N D) 2.1 N E) 2.6 N



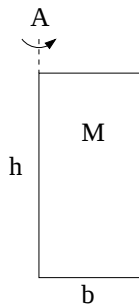
20) En bordtennisball (masse 2.7 g) kolliderer elastisk med en vegg. Ballen har hastighet 15 m/s rett mot veggen før kollisjonen. Grafen viser kraften $F(t)$ fra veggen på ballen gjennom kollisjonen, som varer en tid $\tau = 8.0 \text{ ms}$. Hva er kraftens maksimalverdi F_0 ?

- A) 10 N B) 15 N C) 20 N D) 25 N E) 30 N



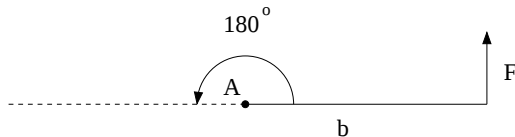
21) Ei jevntjukk stang med et lodd hengt på i enden balanserer, som vist i figuren. Stangas masse er $M = 6.0 \text{ kg}$. Hva er loddets masse m ?

- A) 3.5 kg B) 4.5 kg C) 5.5 kg D) 6.5 kg E) 7.5 kg



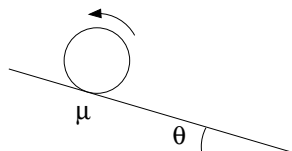
22) Hva er treghetsmomentet I_A til ei dør, med hensyn på den faste aksen (A) (ved dørans hengsler)? Døra har masse M , høyde h og bredde b .

- A) $Mb^2/6$ B) $Mb^2/5$ C) $Mb^2/4$ D) $Mb^2/3$ E) $Mb^2/2$



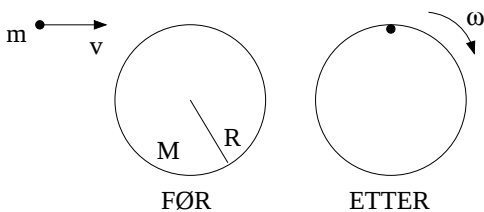
23) Ei dør, som i forrige oppgave, har treghetsmoment $I_A = 35 \text{ kg m}^2$ og bredde $b = 145 \text{ cm}$. Du bruker en konstant kraft $F = 15 \text{ N}$ som hele tiden står normalt på dørbladet, i avstand b fra aksen A. Hvor lang tid tar det da å åpne døra helt (dvs en vinkel 180°)?

- A) 2.7 s B) 3.2 s C) 3.7 s D) 4.2 s E) 4.7 s



24) Et roterende hjul settes forsiktig rett ned på et skråplan med helningsvinkel $\theta = 20^\circ$. Den kinetiske friksjonskoeffisienten er μ . Sylinderen slurer mot skråplanet. Hva er betingelsen for at hjulet skal bevege seg oppover skråplanet?

- A) $\mu > 0.20$ B) $\mu > 0.24$ C) $\mu > 0.28$ D) $\mu > 0.32$ E) $\mu > 0.36$



25) En person ("punktmasse") med masse m og fart v hopper inn tangentielt helt ytterst på en karusell med radius R , masse M og treghetsmoment $I_0 = MR^2/2$. Personen lander uten å gli. Karusellen er forankret i bakken og kan rotere tilnærmet friksjonsfritt omkring akslingen gjennom karusellens sentrum. Hva er karusellens omløpstid ("rundetid") T etter innhoppet? (Tips: Dreieimpulsbevarelse.)

- A) $\pi R(m + M)/Mv$ B) $\pi R(M/m - 1)/v$ C) $\pi R(2 + M/m)/v$ D) $\pi Rm/Mv$ E) $\pi vM/mR$

Oppgave 26-28: En harmonisk transversal bølge forplanter seg på en streng i negativ x -retning, med amplitude 2.0 cm, bølgelengde 20.0 cm og frekvens 200 Hz.

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

- A) $y(x, t) = 0.020 \cos(3.14x - 628t)$ B) $y(x, t) = 0.020 \sin(31.4x + 200t)$
C) $y(x, t) = 0.020 \sin(31.4x - 200t)$ D) $y(x, t) = 0.020 \cos(31.4x + 1257t)$
E) $y(x, t) = 0.020 \cos(31.4x - 1257t)$
-

27) Hva er bølgehastigheten (fasehastigheten)?

- A) 10 m/s B) 20 m/s C) 30 m/s D) 40 m/s E) 50 m/s
-

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

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

29) En klarinett er essensielt et tynt, sylindrisk rør som er åpent i en ende og lukket i den andre. Grunn-tonen (dvs laveste resonansfrekvens) er 175 Hz. Hvilken frekvens er da *ikke* en resonansfrekvens i en klarinett?

- A) 350 Hz B) 525 Hz C) 875 Hz D) 1225 Hz E) 1575 Hz
-

30) En politibil under utrykning passerer en dag du er ute og går. Været er bra, og du anslår lydhastigheten 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. Hvilken frekvens måler de som sitter i politibilen? (Vi antar at den har konstant hastighet.)

- A) 827 Hz B) 818 Hz C) 809 Hz D) 800 Hz E) 791
-

31) Hva er lydens hastighet inne i en tørr stekeovn med lufttemperatur 300°C? (Anta toatomig gass med midlere masse 29u pr molekyl.)

- A) 480 m/s B) 468 m/s C) 456 m/s D) 444 m/s E) 432 m/s
-

32) En høyttaler sender ut like mye akustisk energi i alle retninger. Du måler et lydintensitetsnivå 53 dB i avstand 50 m fra høyttaleren. Hva er da lydintensitetsnivået i avstand 12 m fra høyttaleren?

- A) 35 dB B) 45 dB C) 55 dB D) 65 dB E) 75 dB
-

33) Laserlys sendes inn mot et diffraksjonsgitter med 900 smale spalter pr mm. På en vegg plassert 2.50 m bak diffraksjonsgitteret observeres tre tydelige intensitetsmaksima, ett rett fram (dvs uten avbøyning av laserstrålen) og ett på hver side, i avstand 1.27 m fra det i midten. Hva er laserlysets bølgelengde?

- A) 423 nm B) 443 nm C) 463 nm D) 483 nm E) 503 nm

34) Et plutselig og kraftig uvær 3 km fra land skaper bølger med bølgelengder omkring 7 m. Hvor lang tid tar det før bølgene slår mot land? (Det er mer enn 50 m dypt hele veien inn til land.)

- A) 14 minutter B) 18 minutter C) 22 minutter D) 26 minutter E) 30 minutter

35) Et jordskjelv på havbunnen genererer overflatebølger med bølgelengder omkring 80 km. Bølgene forplanter seg med en hastighet 310 km/h. Hva er omtrentlig havdybden i dette området?

- A) 500 m B) 750 m C) 1000 m D) 1500 m E) 2500 m

36) Polyamid har lengdeutvidelseskoeffisient $1.1 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. Hvor lang er da en polyamidfiber ved temperatur 77 K (flytende nitrogen) dersom den er 21.0 mm lang i romtemperatur, 293 K?

- A) 20.2 mm B) 20.5 mm C) 20.8 mm D) 21.1 mm E) 21.4 mm

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

37) Hva er riktig påstand om endringene i gassens indre energi U i de fire delprosessene?

- 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 i de fire delprosessene?

- 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 i de fire delprosessene?

- 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) Varmepumpen utveksler varmeenergi med to varmereservoarer. I det ene er temperaturen 5°C , i det andre er temperaturen 20°C (inne i stua). Hva er varmepumpens effektivitet?

- A) 20 B) 11 C) 3.7 D) 1.8 E) 0.11
-

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

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

42) Romtemperert luft (20°C) i ei sykkelpumpe komprimeres adiabatisk til en tredjedel av opprinnelig volum. Hva er nå temperaturen i lufta?

- A) 82°C B) 132°C C) 182°C D) 232°C E) 282°C

43) Hva er volumutvidelseskoeffisienten til luft ved trykk 1 atm og temperatur 20°C ?

- A) $1.4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ B) $2.4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ C) $3.4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ D) $4.4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ E) $5.4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

44) Hva er damptrykket (metningstrykket) i luft ved 25°C ? Vannets trippelpunkt: 273.16 K og 612 Pa. Fordampingsvarmen er 45 kJ/mol. Molekylmassen er 18u.

- A) 2.9 kPa B) 3.2 kPa C) 3.5 kPa D) 3.8 kPa E) 4.1 kPa

45) Hvor stort er varmetapet (pga varmeledning) gjennom en 25 cm tykk tømmervegg med areal 10 m^2 når temperaturen inne og ute er hhv 20 varmegrader og 10 kuldegrader? Anta gran, med varmeledningsevne 0.12 W/Km .

- A) 104 W B) 124 W C) 144 W D) 164 W E) 184 W

46) Hvor stort er varmetapet (pga varmeledning) gjennom en 25 cm tykk reisverksvegg med areal 10 m^2 når temperaturen inne og ute er hhv 20 varmegrader og 10 kuldegrader? Anta 2.5 cm innvendig og utvendig granpanel og 20 cm mineralull med varmeledningsevne 0.035 W/Km .

- A) 25 W B) 31 W C) 37 W D) 43 W E) 49 W

47) En ideell gass utvider seg ved konstant temperatur 295 K slik at volumet øker fra 4.00 L til 4.10 L (L = liter). Starttrykket er 1.00 bar. Hvor mange mol gass er det her snakk om?

- A) 39 mmol B) 70 mmol C) 101 mmol D) 132 mmol E) 163 mmol

48) En varmemengde 6.6 kJ overføres fra et legeme med temperatur 450 K til et legeme med temperatur 300 K. (Begge legemer er så store at temperaturendringene er neglisjerbare.) Hva er total entropiendring for de to legemene til sammen?

- A) -7.3 J/K B) -4.8 J/K C) Null D) 4.8 J/K E) 7.3 J/K

49) Smeltevarmen til is er 335 J/g. Hva er da entropiendringen i 6.0 mL vann når det fryser til is ved 0°C ?

- A) -7.3 J/K B) -4.8 J/K C) Null D) 4.8 J/K E) 7.3 J/K

50) Hva er trykket 40 m under havoverflaten dersom det er 1 atm ved havoverflaten?

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