

I *petanque* brukes hule stålkuler med diameter mellom 70.5 og 80.0 mm og masse mellom 650 og 800 g. Oppgavene 1 – 4 dreier seg om slike kuler.

1) Stål har massetetthet  $7850 \text{ kg/m}^3$ . Hva ville massen til en petanquekule av stål med diameter 80.0 mm ha vært dersom den hadde vært kompakt?

- A) 1.30 kg    B) 1.50 kg    C) 1.70 kg    D) 1.90 kg    E) 2.10 kg

2) Hva er tykkelsen på kuleskallet av stål i ei hul petanquekule med diameter 80.0 mm og masse 800 g?

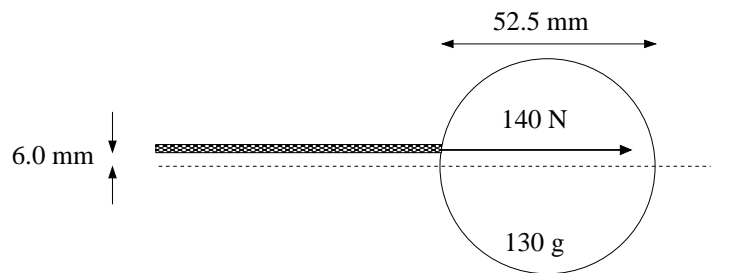
- A) 2.4 mm    B) 5.9 mm    C) 9.4 mm    D) 12.9 mm    E) 16.4 mm

3) Ei petanquekule slippes (med null startfart) fra en høyde 4.50 m over bakken. Hva er kulas hastighet rett før den treffer bakken? (Du kan se bort fra luftmotstand her.)

- A) 3.40 m/s    B) 5.40 m/s    C) 7.40 m/s    D) 9.40 m/s    E) 11.40 m/s

4) Eksperimenter, der petanquekuler med masse 800 g slippes fra store høyder i tyngdefeltet, viser at luftmotstanden beskrives bra med en hastighetsavhengig friksjonskraft  $f(v) = Dv^2$ . Kulenes maksimale hastighet (terminalhastigheten) måles til  $69.6 \text{ m/s}$ . Hva er da verdien av koeffisienten  $D$  for slike kuler?

- A) 0.42 g/m    B) 0.72 g/m    C) 1.02 g/m    D) 1.32 g/m    E) 1.62 g/m



5) Ei snookerkule (diameter 52.5 mm, masse 130 g) ligger i ro på et snookerbord. Den gis et horisontalt støt 6.0 mm over senterlinjen, med en kraft 140 N som kan regnes konstant gjennom støtets varighet på 5 ms. (Senterlinjen er den horisontale linjen som går gjennom kulas massesenter.) Friksjonskrefter kan neglisjeres i selve støtet. Når støtet er fullført, må vi ta hensyn til friksjon mellom kule og bord, som karakteriseres ved statisk og kinetisk friksjonskoeffisient hhv  $\mu_s = 0.50$  og  $\mu_k = 0.40$ . Oppgavene 5 – 7 omhandler dette systemet. Hva er snookerkulas hastighet  $V_0$  umiddelbart etter at støtet er fullført?

- A) 5.4 m/s    B) 6.4 m/s    C) 7.4 m/s    D) 8.4 m/s    E) 9.4 m/s

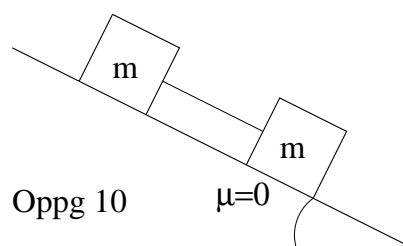
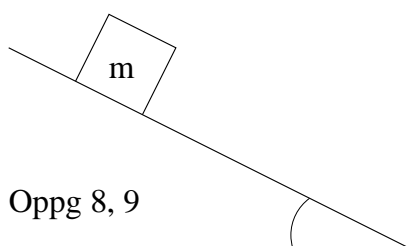
6) Hva er snookerkulas vinkelhastighet  $\omega_0$  umiddelbart etter at støtet er fullført? ( $I_0 = 2mr^2/5$ )

- A) 37 rad/s    B) 77 rad/s    C) 117 rad/s    D) 157 rad/s    E) 197 rad/s

7) Hva er snookerkulas vinkelakselerasjon  $\alpha$  etter at støtet er fullført (dvs mens den slurer og fram til den ruller rent)?

- A) 224 rad/s<sup>2</sup>    B) 274 rad/s<sup>2</sup>    C) 324 rad/s<sup>2</sup>    D) 374 rad/s<sup>2</sup>    E) 424 rad/s<sup>2</sup>

En kubisk kloss (alle sidekanter like lange) med masse  $m = 0.35$  kg er plassert på et skråplan. Statisk og kinetisk friksjonskoeffisient mellom kloss og skråplan er hhv  $\mu_s = 0.45$  og  $\mu_k = 0.35$ . Oppgavene 8 – 10 dreier seg om dette systemet.



8) Hva er normalkraften fra skråplanet på klossen dersom helningsvinkelen er lik maksimal helningsvinkel uten at klossen begynner å gli?

- A) 1.1 N    B) 2.1 N    C) 3.1 N    D) 4.1 N    E) 5.1 N

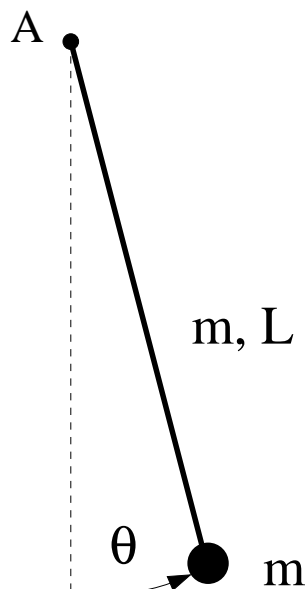
9) Anta at helningsvinkelen er  $30^\circ$ . Hva er da klossens akselerasjon?

- A) 0.7 m/s<sup>2</sup>    B) 1.0 m/s<sup>2</sup>    C) 1.3 m/s<sup>2</sup>    D) 1.6 m/s<sup>2</sup>    E) 1.9 m/s<sup>2</sup>

10) En kloss nr to plasseres på skråplanet nedenfor klossen som hittil er beskrevet. De to klossene forbindes med ei tilnærmet masseløs snor (parallell med skråplanet). Kloss nr to er så glatt at vi kan se bort fra friksjon mellom denne klossen og skråplanet. De to klossene har like stor masse. Anta at klossene glir. Hva må skråplanets helningsvinkel nå være for at de to klossene skal gli nedover med konstant hastighet?

- A)  $2^\circ$     B)  $4^\circ$     C)  $6^\circ$     D)  $8^\circ$     E)  $10^\circ$

En fysisk pendel består av ei jevntykk stang med masse  $m = 0.40$  kg og lengde  $L = 60$  cm, og ei lita kule (tilnærmet punktmasse) i enden av stanga, også med masse  $m = 0.40$  kg. Pendelen kan rotere friksjonsfritt omkring akslingen (A). Pendelens utsving fra likevekt angis med vinkelen  $\theta$ , regnet positiv mot klokka. Oppgavene 11 – 13 dreier seg om denne pendelen.



11) Hva er pendelens treghetsmoment mhp en akse som står normalt på stanga og som passerer gjennom stangas midtpunkt (dvs i avstand 30 cm fra hver ende)?

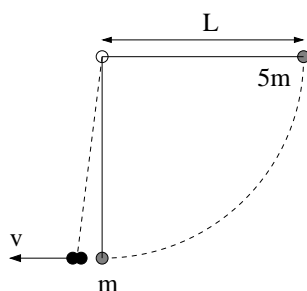
- A)  $0.038 \text{ kg m}^2$     B)  $0.048 \text{ kg m}^2$     C)  $0.058 \text{ kg m}^2$     D)  $0.068 \text{ kg m}^2$     E)  $0.078 \text{ kg m}^2$

12) Anta at pendelen starter med praktisk talt null vinkelhastighet, med pendelstanga pekende rett oppover ( $\theta = \pi$ ). Hva er pendelens vinkelhastighet i det loddet passerer bunnen av sirkelbanen (ved  $\theta = 0$ )?

- A)  $8.6 \text{ s}^{-1}$     B)  $10.6 \text{ s}^{-1}$     C)  $12.6 \text{ s}^{-1}$     D)  $14.6 \text{ s}^{-1}$     E)  $16.6 \text{ s}^{-1}$

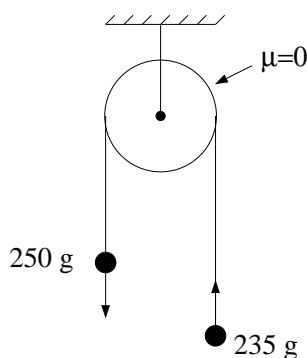
13) Kula i enden av stanga fjernes og den gjenværende stanga settes i svingninger, med små utsving fra likevekt. Hva er svingetiden (perioden) for denne stanga?

- A) 0.3 s    B) 0.8 s    C) 1.3 s    D) 1.8 s    E) 2.1 s



14) To kuler, med masse  $5m$  og  $m$ , er hengt opp i samme punkt med tynne, vektløse snorer med lengde  $L = 1.0$  m. Kula med masse  $5m$  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) 0.7 m/s    B) 1.7 m/s    C) 2.7 m/s    D) 3.7 m/s    E) 4.7 m/s



15) Figuren viser et øyeblikksbilde av to små kuler med masse hhv 250 g og 235 g, forbundet med ei tilnærmet masseløs snor som kan gli uten friksjon over ei trinse. Hva er kulenes akselerasjon?

- A)  $0.10 \text{ m/s}^2$     B)  $0.20 \text{ m/s}^2$     C)  $0.30 \text{ m/s}^2$     D)  $0.40 \text{ m/s}^2$     E)  $0.50 \text{ m/s}^2$



16) Karbondioksid,  $\text{CO}_2$ , er et lineært molekyl ( $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ ) med C i midten. En av de fire mulige vibrasjonsbevegelsene, såkalt "symmetrisk strekk", innebærer at de to O-atomene svinger hver sin vei langs molekylets akse mens C-atomet står i ro. Svingebevegelsen kan betraktes som en harmonisk oscillator, med masse  $16u$  og fjærkonstant  $0.19 \text{ N/m}$ . Med hvilken frekvens svinger da O-atomene? ( $1u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .)

- A) 0.13 THz    B) 0.43 THz    C) 0.73 THz    D) 1.03 THz    E) 1.33 THz

17) Avstanden mellom C og hvert av de to O-atomene er 116 pm. Hvor stort er da molekylets treghetsmoment, mhp en akse gjennom massesenteret og normalt på molekylets akse? (Betrakt atomene som punktmasser.)

- A)  $43 \text{ u}\text{\AA}^2$     B)  $53 \text{ u}\text{\AA}^2$     C)  $63 \text{ u}\text{\AA}^2$     D)  $73 \text{ u}\text{\AA}^2$     E)  $83 \text{ u}\text{\AA}^2$

18) Ei kompakt metallskive med diameter 66 cm og masse 250 kg roterer med 4400 omdreininger pr minutt. Hva er skivas rotasjonsenergi? (Oppgitt:  $I_0 = MR^2/2$  for kompakt skive.)

- A) 0.14 kJ    B) 1.4 kJ    C) 14 kJ    D) 0.14 MJ    E) 1.4 MJ

19) En kloss med masse 58 g er festet til ei fjær med fjærkonstant 14 N/m. Fjæra strekkes med 3.5 cm og klossen slippes, med null starthastighet. Klossen utfører deretter dempede svingninger, der dempingskraften er proporsjonal med klossens hastighet, med dempingskoeffisient  $b = 0.035$  Ns/m. Hvor mange hele perioder svinger klossen før utsvingssamplituden er redusert til 1.0 cm?

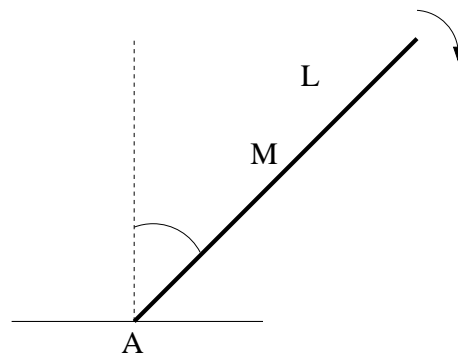
- A) 4    B) 6    C) 8    D) 10    E) 12

20) Hva er  $Q$ -faktoren til systemet i oppgave 19?

- A)  $Q = 26$     B)  $Q = 36$     C)  $Q = 46$     D)  $Q = 56$     E)  $Q = 66$

21) Hvor stor masse må vi ha i oppgave 19 for at systemet skal være kritisk dempet? (Dvs med uendret demping og fjærkonstant.)

- A) 22 mg    B) 77 mg    C) 22 g    D) 77 g    E) 22 kg



22) Ei jamntjukk stang med masse  $M = 20$  kg og lengde  $L = 7.0$  m faller slik at den roterer (uten friksjon og luftmotstand) om festepunktet  $A$  nede ved bakken. Hva er hastigheten til stangas massesenter umiddelbart før den treffer bakken? Oppgitt:  $I_0 = ML^2/12$ .

- A) 3.2 m/s    B) 5.2 m/s    C) 7.2 m/s    D) 9.2 m/s    E) 11.2 m/s

23) Med festepunktet  $A$  som referansepunkt, hvor stort dreiemoment er stanga utsatt for i det øyeblikk den danner en vinkel 45 grader med loddlinjen?

- A) 186 Nm    B) 286 Nm    C) 386 Nm    D) 486 Nm    E) 586 Nm

24) Venus' masse er 0.815 ganger Jordas masse, og Venus' volum er 0.866 ganger Jordas volum. Hva er da tyngdens akselerasjon på overflaten av Venus? ( $g$  er tyngdens akselerasjon på overflaten av Jorda.)

- A) 0.50  $g$     B) 0.70  $g$     C) 0.90  $g$     D) 1.10  $g$     E) 1.30  $g$

25) På månen er tyngdens akselerasjon ca  $1/6$  av verdien på jorden. Hva er da maksimal akselerasjon for en elektrisk bil på månen, i det du antar at statisk friksjonskoeffisient mellom bildekk og underlag har verdien 0.7?

- A) 0.8  $\text{m/s}^2$     B) 1.1  $\text{m/s}^2$     C) 1.4  $\text{m/s}^2$     D) 1.7  $\text{m/s}^2$     E) 2.0  $\text{m/s}^2$

En transversal bølge  $y(x, t) = y_0 \sin(kx - \omega t)$  forplanter seg på en streng, med  $y_0 = 4.0 \text{ mm}$ ,  $k = 45 \text{ m}^{-1}$  og  $\omega = 45 \text{ s}^{-1}$ . Oppgavene 26 – 28 dreier seg om denne harmoniske bølgen.

26) Hva er bølgelengden?

- A) 2 cm    B) 5 cm    C) 8 cm    D) 11 cm    E) 14 cm

27) Hva er bølgehastigheten?

- A) 20 cm/s    B) 40 cm/s    C) 60 cm/s    D) 80 cm/s    E) 1.0 m/s

28) Hva er strengelementenes maksimale hastighet?

- A) 18 cm/s    B) 38 cm/s    C) 58 cm/s    D) 78 cm/s    E) 98 cm/s

29) En akustisk gitar har strenger med 648 mm mellom festepunktene (dvs der strengen har null utsving). B-strengen har masse 0.78 gram pr meter og skal stemmes slik at grunntonen har en frekvens 247 Hz. Hva skal strekk-kraften i strengen være?

- A) 60 N    B) 80 N    C) 100 N    D) 120 N    E) 140 N

30) En sirene er festet ute på kanten (periferien) av ei sirkulær skive som roterer med omløpstid 0.50 s. Skivas radius er 90 cm. Sirenen genererer lyd med frekvens 300 Hz. Lydhastigheten er 340 m/s. Du står et stykke unna og hører lyd med en frekvens som varierer harmonisk mellom

- A) 295 og 306 Hz    B) 290 og 310 Hz    C) 285 og 316 Hz    D) 279 og 320 Hz    E) 276 og 324 Hz

31) Du sender grønt laserlys, med bølgelengde 500 nm, inn mot et diffraksjonsgitter og observerer intensitetsmaksima i retning  $\theta_1 = \pm 50.0^\circ$  (i tillegg til rett fram, selvsagt,  $\theta_0 = 0^\circ$ ). I hvilke retninger vil det samme diffraksjonsgitteret gi intensitetsmaksima med rødt laserlys, med bølgelengde 632 nm?

- A)  $0^\circ, \pm 35.5^\circ$     B)  $0^\circ, \pm 45.5^\circ$     C)  $0^\circ, \pm 55.5^\circ$     D)  $0^\circ, \pm 65.5^\circ$     E)  $0^\circ, \pm 75.5^\circ$

32) En høyttaler sender ut like mye akustisk energi i alle retninger. Hvis avstanden fra høyttaleren firedobles, med hvor mange dB (desibel) reduseres da lydtrykksnivået?

- A) 6 dB    B) 9 dB    C) 12 dB    D) 15 dB    E) 18 dB

33) Du befinner deg i en fiskebåt da et lokalt uvær passerer fiskefeltet. Du teller 9 sekunder mellom hver gang båten er på en bølgetopp. Vel vitende om at du er på dypt vann (dvs: dybden er betydelig større enn bølgelengden) kan du anslå at bølgepakken har (gruppe-)hastighet

- A) 1.0 m/s    B) 3.0 m/s    C) 5.0 m/s    D) 7.0 m/s    E) 9.0 m/s

34) Et jordskjelv på havets bunn, på ca tre kilometers dyp, skaper en bølge på overflaten med bølgelengde ca 100 km. Med hvilken hastighet forplanter bølgen seg?

- A) 72 m/s    B) 172 m/s    C) 272 m/s    D) 372 m/s    E) 472 m/s

35) En gaussformet transversal bølgepuls propagerer i positiv  $x$ -retning på en streng der strekk-kraften er  $S = 25$  N. Ved tidspunktet  $t = 0$  har bølgepulsen maksimalt utsving ved  $x = 0$  og kan beskrives med funksjonen

$$y(x) = y_0 \exp(-x^2/a^2),$$

med amplitude  $y_0 = 2.5$  mm og romlig utstrekning bestemt av parameteren  $a = 7.5$  cm. Hva er bølgepulsens totale energi  $E$ ?

Tips:

Energi pr lengdeenhet:  $\varepsilon(x) = S(dy/dx)^2$ .    Energi mellom  $x$  og  $x + dx$ :  $dE = \varepsilon(x) dx$ .

Potensielt (men ikke absolutt?) nødvendig integral: se formelvedlegg.

- A)  $E = 2.6$  mJ    B)  $E = 0.26$  J    C)  $E = 26$  J    D)  $E = 0.26$  kJ    E)  $E = 2.6$  kJ

36) En stålbjelke er 700 cm lang når temperaturen er  $-25^\circ\text{C}$ . Hvor mye lenger er bjelken ved en temperatur  $+25^\circ\text{C}$ ? Stål har lengdeutvidelseskoeffisient  $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

- A) 4.2  $\mu\text{m}$     B) 4.2 mm    C) 42 mm    D) 42 cm    E) 70 cm

37) En ideell gass benyttes som arbeidssubstans i en varmekraftmaskin og gjennomgår følgende reversible kretsprosess (der  $a, b, c$  og  $d$  angir ulike likevektstilstander for gassen):  $ab$ : isoterm utvidelse,  $bc$ : adiabatisk utvidelse,  $cd$ : isobar kompresjon,  $da$ : isokor trykkøkning. Hva er da korrekt rangering av temperaturene i de fire likevektstilstandene?

- A)  $T_c > T_d > T_b = T_a$     B)  $T_d > T_b = T_a > T_c$     C)  $T_b = T_a > T_d > T_c$   
 D)  $T_a = T_b > T_c > T_d$     E)  $T_c > T_b = T_a > T_d$

38) Hva slags delprosesser inngår i Carnot-prosessen?

- A) To isotermer og to isobarer.
- B) To isobarer og to adiabater.
- C) To isotermer og to adiabater.
- D) En isobar, en isoterm, en adiabat og en isokor.
- E) To isokorer og to isobarer.

39) Hva er spesielt med Carnot-prosessen?

- A) Den har maksimal teoretisk virkningsgrad.
- B) Den har virkningsgrad lik en for en varmekraftmaskin.
- C) Den kan bare brukes til å beskrive varmepumper.
- D) Den kan bare brukes til å beskrive varmekraftmaskiner.
- E) Det er den eneste kretsprosessen som kan brukes for høye temperaturer.

40) En varmekraftmaskin bruker en ideell gass som arbeidssubstans og beskrives av følgende kretsprosess: Isobar utvidelse ved 4.0 atm fra et volum 4.0 L til det dobbelte. Isokor trykkreduksjon til 1.0 atm. Isobar kompresjon til halvt volum. Isokor trykkøkning til 4.0 atm. (Tegn figur!) Hvor stort arbeid utfører varmekraftmaskinen pr syklus?

- A) 0.4 kJ    B) 0.8 kJ    C) 1.2 kJ    D) 1.6 kJ    E) 2.0 kJ

41) Ei aluminiumsstang har lengde 150 cm og tverrsnitt  $10 \text{ cm}^2$ . Stangas to ender er i kontakt med vann (varmereservoarer) med temperatur hhv  $20^\circ\text{C}$  og  $100^\circ\text{C}$ . I dette temperaturintervallet er varmeledningsevnen til Al omtrent konstant, med verdi  $235 \text{ W/m K}$ . Hvor mye varmeenergi overfører stanga i løpet av et minutt, ved stasjonære forhold?

- A) 152 J    B) 352 J    C) 552 J    D) 752 J    E) 952 J

42) Betong har varmeledningsevne  $\kappa = 1.0 \text{ W/m K}$ . Hva er da byggebransjens U-verdi (i enheten  $\text{W/m}^2 \text{ K}$ ) for en 25 cm tykk betongvegg?

- A)  $U = 2.5$     B)  $U = 4.0$     C)  $U = 6.5$     D)  $U = 8.0$     E)  $U = 9.5$



43) En vegg er konstruert slik, fra innerst til ytterst: 12 mm panel (P), 200 mm mineralull (M), 18 mm panel (P). Varmeledningsevnene er  $\kappa_P = 0.13 \text{ W/m K}$ ,  $\kappa_M = 0.035 \text{ W/m K}$ . Anta at temperaturen inne og ute er hhv 20 og 0 grader celsius. Hvor stor er varmestrømmen gjennom 1 kvadratmeter av en slik vegg? Vi antar stasjonære (tidsuavhengige) forhold.

- A) 1.4 W    B) 1.9 W    C) 2.4 W    D) 2.9 W    E) 3.4 W

44) En bensinmotor tilføres 6.5 kJ varme pr syklus. Netto arbeid utført av motoren pr syklus er 1.7 kJ. Hva er virkningsgraden til denne motoren?

- A) 0.16    B) 0.26    C) 0.36    D) 0.46    E) 0.56

45) Hvor stor effekt yter motoren i forrige oppgave dersom den gjennomgår 60 sykler pr sekund?

- A) 102 kW    B) 202 kW    C) 302 kW    D) 402 kW    E) 502 kW

I en reversibel Carnot-varmekraftmaskin med 7.00 mol ideell gass som arbeidssubstans utvider gassen seg isotermt ved temperatur 1400 K fra et volum  $V_0 = 0.400 \text{ m}^3$  til et dobbelt så stort volum. Den isoterme kompresjonen finner sted ved 600 K. Oppgavene 46 – 50 omhandler denne varmekraftmaskinen.

46) Hvor stort arbeid  $W$  utføres av gassen under den isoterme utvidelsen?

- A) 16.5 kJ    B) 36.5 kJ    C) 56.5 kJ    D) 76.5 kJ    E) 96.5 kJ

47) Hva er varmekraftmaskinens virkningsgrad?

- A) 0.37    B) 0.47    C) 0.57    D) 0.67    E) 0.77

48) Arbeidssubstansen er en gass med adiabatkonstant 1.4. Hva er gassens maksimale volum i den beskrevne kretsprosessen?

- A)  $3.65 \text{ m}^3$     B)  $4.65 \text{ m}^3$     C)  $5.65 \text{ m}^3$     D)  $6.65 \text{ m}^3$     E)  $7.65 \text{ m}^3$

49) Hva er det maksimale trykket i gassen i den beskrevne kretsprosessen?

- A) 2.0 atm    B) 3.0 atm    C) 4.0 atm    D) 5.0 atm    E) 6.0 atm

50) Hva er entropiendringen i gassen i den isoterme utvidelsen ved 1400 K?

- A)  $-40.3 \text{ J/K}$     B)  $-17.3 \text{ J/K}$     C) Null    D)  $+17.3 \text{ J/K}$     E)  $+40.3 \text{ J/K}$