

1



En sugekopp har tre sirkulære "skiver", hver med diameter 115 mm. Hva er sugekoppens maksimale (teoretiske) løfteevne ved normale betingelser (dvs lufttrykk 1 atm)?

- A 252 kg B 287 kg C 322 kg D 357 kg E 392 kg

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

2 Vi betrakter reversible prosesser i en ideell gass. Hvor mange påstander er riktige?

- I en isoterm prosess er $dU = 0$
- I en adiabatisk prosess er $dQ = 0$
- I en isokor prosess er $dQ = dU$
- I en isobar prosess er $dp = 0$

- A 0 B 4 C 3 D 2 E 1

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

- 3** En ideell gass befinner seg i en tilstand 1 med volum V_1 . Gassen gjennomgår følgende reversible prosesser:
Isoterm utvidelse fra V_1 til $V_2 = 2V_1$ (tilstand 2).
Adiabatisk kompresjon fra $V_2 = 2V_1$ til $V_3 = V_1$ (tilstand 3).
Hvilken påstand er rett?

- A Gassens indre energi er størst i tilstand 3
- B Trykket er lavest i tilstand 1
- C Tilført varme i prosessen $1 \rightarrow 2$ er lik avgitt varme i prosessen $2 \rightarrow 3$
- D Temperaturen er lavest i tilstand 3
- E Netto arbeid utført av gassen er positivt i prosessen $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

- 4** Luft består stort sett av nitrogen (N_2) og oksygen (O_2), samt litt av edelgassen argon (Ar; ca 1%). Ved normale betingelser (trykk 1 atm og romtemperatur), hva er forholdet mellom midlere kinetiske energi pr nitrogenmolekyl og midlere kinetiske energi pr argonatom?

- A 1.67 B 1.55 C 1.43 D 1.31 E 1.19

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

- 5

I en varmepumpe gjennomgår "kjølemediet" en kretsprosess der det for hver syklus absorberer 4.5 kJ varme fra et varmereservoar med lav temperatur og gir fra seg 6.0 kJ varme til lufta innendørs (høytemperaturreservoaret). Varmepumpas effektfaktor er da

A 8.5 B 7.0 C 5.5 D 4.0 E 2.5

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

- 6

Oppgave 31 - 34:
En reversibel kretsprosess med en ideell gass som arbeidssubstans går fra tilstand a til tilstand b i en isoterm utvidelse, fra tilstand b til tilstand c i en isobar kompresjon, og til slutt fra tilstand c tilbake til tilstand a i en isokor prosess. Volum og temperatur i tilstand a er hhv V og T . Volumet i tilstand b er $2V$.
Ranger temperaturene i de tre tilstandene a, b og c.

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

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

7 Ranger gassens entropi i de tre tilstandene a, b og c i forrige oppgave.

- A $S_b > S_a > S_c$
- B $S_c > S_b > S_a$
- C $S_b > S_a = S_c$
- D $S_c > S_a > S_b$
- E $S_a = S_b > S_c$

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

8 Hvilket uttrykk tilsvare kretsprosessens virkningsgrad?

- A $\frac{W_{ab}}{Q_{ab}+Q_{bc}}$
- B $\frac{W_{ab}+W_{bc}}{Q_{ab}+Q_{bc}+Q_{ca}}$
- C $\frac{W_{bc}}{Q_{bc}}$
- D $\frac{W_{ab}+W_{bc}}{Q_{ab}+Q_{ca}}$
- E $\frac{W_{ab}}{Q_{ab}}$

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

9 Arbeidssubstansen er 1.00 mol toatomig ideell gass. Anta at temperaturen i den isoterme utvidelsen er 500 K. Hva er da netto arbeid utført av gassen pr syklus av kretsprosessen?

- A 645 J B 724 J C 803 J D 882 J E 961 J

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

10 En ideell gass er i utgangspunktet innestengt i den ene tredjedelen (2.5 liter) av en termisk isolert beholder med totalt volum 7.5 liter. I gassen er trykket 9.0 atm og temperaturen er 300 K. I det resterende volumet (5.0 liter) er det i utgangspunktet vakuum. En vegg fjernes hurtig, slik at gassen utvider seg isotermt (og irreversibelt) og fyller hele volumet på 7.5 liter. Hva blir endringen i gassens entropi?

- A 4.1 J/K B 5.5 J/K C 6.9 J/K D 8.3 J/K E 9.7 J/K

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

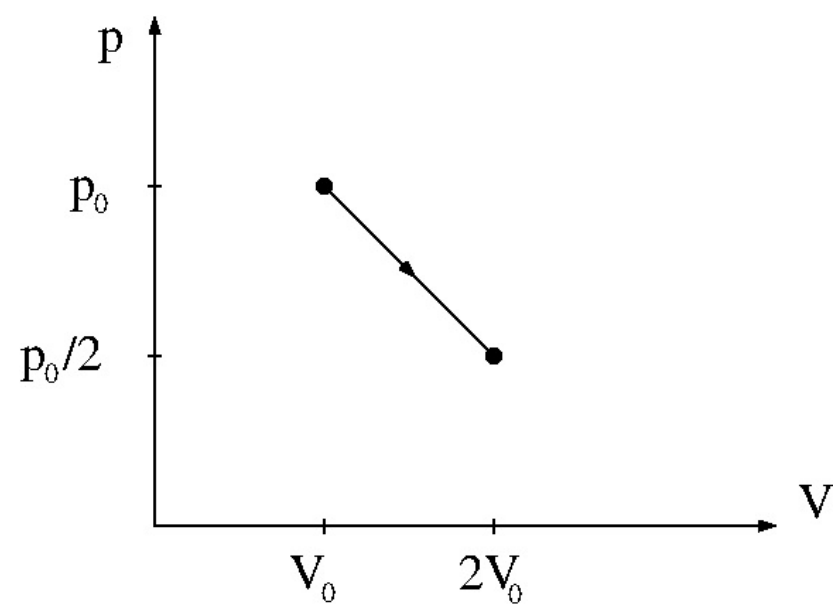
11 I en blanding av vann og is smelter 150 gram is (smeltevarme 334 J/g). Varmen tas fra omgivelsene, som holder konstant temperatur 23 grader celsius. Hva er entropiendringen i omgivelsene?

- A **−339 J/K** B **−169 J/K** C **−44 J/K** D **57 J/K** E **296 J/K**

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

12



En ideell gass utvider seg reversibelt fra en tilstand med trykk og volum hhv p_0 og V_0 til en tilstand med dobbelt så stort volum og halvparten så stort trykk. Prosessen foregår som skissert i figuren. Hvor stor er gassens entropiendring pr mol?

- A 5.8 J/K B 8.7 J/K C 13.1 J/K D 19.6 J/K E 29.4 J/K

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

13

Oppgave 38 - 46:

Isobutan, C_4H_{10} (R600a), brukes som kjølemedium i moderne kjøleskap og frysebokser. Ved normalt trykk (1 atm) koker isobutan ved $-11.7^\circ C$. Temperaturen i trippelpunktet er mye lavere, 113.55 K. Molar fordampingsvarme er 21.3 kJ/mol, og molar masse (masse pr mol) er 58.12 g. Faselikevekten mellom isobutan i væske- og gassform beskrives brukbart med van der Waals tilstandsligning, med parameterverdier $a = 1.3041 \text{ m}^6 \text{ Pa} / \text{mol}^2$ og $b = 0.0001142 \text{ m}^3 / \text{mol}$ (dvs $b = 0.1142 \text{ L} / \text{mol}$).

Vi betrakter 1.00 mol isobutan i gassform ved romtemperatur, 293 K, og med volum lik 7.88 L. Hva er trykket dersom vi benytter tilstandsligningen for ideell gass?

- A 2.19 atm B 2.62 atm C 3.05 atm D 3.48 atm E 3.91 atm

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

14 Dersom vi i forrige oppgave benytter van der Waals tilstandsligning, hva er trykket i 7.88 L isobutangass ved 293 K, med samme stoffmengde, 1.00 mol?

- A 1.17 atm B 1.60 atm C 2.03 atm D 2.46 atm E 2.89 atm

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

15 Ved samme temperatur og ved samme trykk som du beregnet i forrige oppgave kan 1.00 mol isobutan komprimeres og kondensere i sin helhet til væske. Hvor stort væskevolum gir van der Waals tilstandsligning ved disse betingelsene?

(Tips: Det er ikke nødvendig å kjenne svaret på forrige oppgave for å finne riktig svar her.)

- A 0.03 L B 0.17 L C 3.1 L D 6.2 L E 7.4 L

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

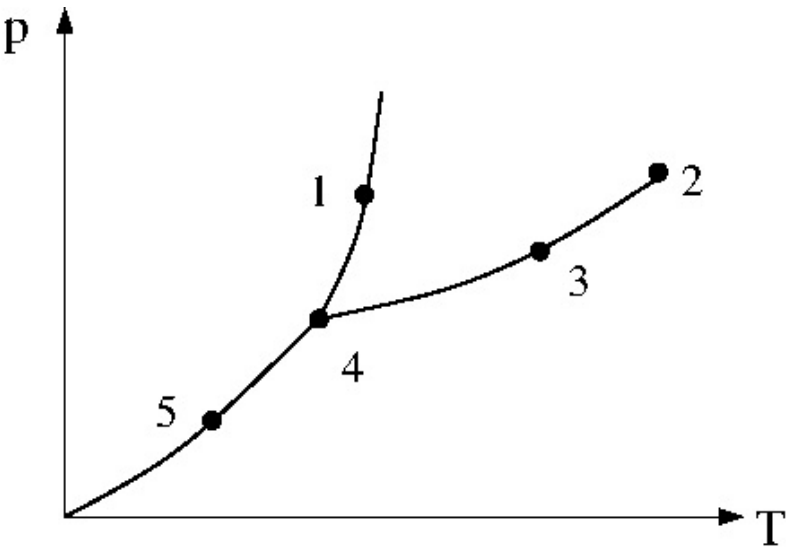
16 Med van der Waals tilstandsligning er trykk og volum i fluidets kritiske punkt hhv $p_c = a/27b^2$ og $V_c = 3b$. Hva blir da temperaturen i det kritiske punktet til isobutan?

- A 345 K B 376 K C 407 K D 438 K E 469 K

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

17



I hvilken tilstand i fasediagrammet i figuren ovenfor finner du kritisk punkt?

- A 2 B 5 C 1 D 4 E 3

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

18 Hva er rms-hastigheten til molekylerne i isobutangass ved 293 K, i henhold til ideell gass tilstandsligning?
($v_{\text{rms}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle}$)

- A 795 m/s B 685 m/s C 575 m/s D 465 m/s E 355 m/s

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

- 19

Molar varmekapasitet til isobutangass ved normale betingelser (1 atm og romtemperatur), målt ved konstant volum, er $C_V = 88.3$ J/K. Hvor mange kvadratiske vibrasjonsfrihetsgrader bidrar da - sånn omtrent - til indre energi i 1.00 mol isobutangass ved disse betingelsene, i følge det klassiske ekvipartisjonsprinsippet?

A 1 B 15 C 45 D 75 E 105

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

- 20

Isobutanmolekylet er ikke kulesymmetrisk, men uavhengig av aksens orientering så er treghetsmomentet av størrelsesorden 10^{-45} kg m². Hvilket rotasjonsenerginivå, gitt ved kvantetallet l , er da nærmest verdien av termisk energi $k_B T$ ved temperatur 300 K?

$(E_{\text{rot}}^{(l)} = \frac{l(l+1)\hbar^2}{I} \quad l = 0, 1, 2, \dots)$

- A 144 B 1 C 58 D 3 E 19

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

21 Isobutan koker ved 11.7 kuldegrader ved normalt trykk (1 atm). Molar fordampingsvarme er 21.3 kJ/mol. Hva er damptrykket til isobutan ved trippelpunktet (113.55 K)?
(Vi antar her ideell gass, samt at fordampingsvarmen er uavhengig av temperaturen.)

- A 0.64 atm B 87 kPa C 37 Pa D 0.29 Pa E 5.1 mPa

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

22 En innvendig vegg mellom ei stue og et soverom har 12.5 mm tykke gipsplater på begge sider av et 75 mm tykt lag med glava (mineralull). Gipsplater isolerer godt mot lyd og hemmer spredning av brann, men isolerer dårlig mot varmeledning: $\kappa_{\text{gips}} = 0.25 \text{ W/Km}$ mens $\kappa_{\text{glava}} = 0.035 \text{ W/Km}$. Hvor stor varmeeffekt overføres gjennom veggen pr kvadratmeter dersom temperaturen på soverommet er 15 grader celsius og temperaturen i stua er 23 grader celsius?

- A 1.8 W B 2.4 W C 3.0 W D 3.6 W E 4.2 W

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

- 23

En yttervegg i reisverk vil pr m^2 veggflate bestå av ca 0.86 m^2 mineralull (glava) og ca 0.14 m^2 trebjelker, begge med tykkelse 20 cm. Varmeledningsevnen til mineralull og tre er hhv 0.035 og 0.12 W/Km . La oss her for enkelhets skyld se bort fra innvendig og utvendig panel.

Med 23 varmegrader på den ene siden og 7 kuldegrader på den andre, hva blir effekttapet pr m^2 vegg pga varmeledning?

A 1.9 W B 7.0 W C 17 W D 3.7 W E 13 W

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

- 24

Ei massiv kule som holder temperatur T_1 emitterer varmemstråling med effekt P_1 .

Ei massiv kule med halvparten så stort volum men med dobbelt så høy temperatur, $T_2 = 2T_1$, emitterer varmemstråling med effekt P_2 . Hvor stort er da forholdet P_2/P_1 ?

A 1 B 5 C 10 D 15 E 20

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

- 25** Jernbanesporet fra Trondheim til Østersund er ca 260 km. Lengdeutvidelseskoeffisienten til stål er ca 10^{-5} pr kelvin. Hvor mye lenger er jernbaneskinnene på denne strekningen om sommeren i 25 varmegrader enn om vinteren i 25 kuldegrader?

A 0.50 mm B 5.20 m C 130 m D 192 m E 2.60 km

Velg ett alternativ

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E