

TFY4165 Termisk fysikk Eksamen 1. desember 2022

1) Kva for ein storleik er intensiv?

- A) Volum B) Entropi C) Entalpi D) Indre energi E) Trykk F) Gibbs fri energi

2) Kor mange molekyl inneheld 4 liter luft ved trykk 1 atm og temperatur 293 K?

- A) 10^{20} B) 10^{29} C) 10^{26} D) 10^{23} E) 10^{32} F) 10^{17}

3) Kor mange molekyl inneheld 4 liter vatn?

Massetettleiken til vatn er 1 kg/L, og molar masse er 18 g/mol.

- A) $1.3 \cdot 10^{26}$ B) $1.3 \cdot 10^{30}$ C) $1.3 \cdot 10^{32}$ D) $1.3 \cdot 10^{34}$ E) $1.3 \cdot 10^{28}$ F) $1.3 \cdot 10^{24}$

4) I troposfæren, som strekkjer seg frå havnivå og opp til ca 10 km over havet, kan temperaturprofilen med brukbar tilnærming beskrivast som $T(z) = T_0 - \alpha z$. Anta at $T_0 = 290$ K og $\alpha = 0.007$ K/m. Kva er da trykket 10 km over havet?

Trykket ved havnivå er 1 atm.

Oppgjeve: $dp = -mgpdz/RT(z)$. Her er g tyngda sin akselerasjon, R den molare gasskonstanten, og molar masse for luft er $m = 29$ g/mol.

- A) 0.56 atm B) 0.66 atm C) 0.46 atm D) 0.26 atm E) 0.36 atm F) 0.16 atm

5) Polypropylen (PP), eit mykje brukt plastmateriale, har lineær utvidingskoeffisient $1.50 \cdot 10^{-4}$ K $^{-1}$. Ei kvadratisk plate av PP har areal 400 cm 2 ved 10°C.

Kva er arealet ved 90°C?

- A) 404 cm 2 B) 407 cm 2 C) 419 cm 2 D) 410 cm 2 E) 416 cm 2 F) 413 cm 2

6) Nitrogen i fast form ved temperatur 22 K har isoterm kompressibilitet 0.5 GPa $^{-1}$.

Kor mykje utvider kuleforma nitrogen seg ved denne temperaturen dersom trykket reduserast frå 61 bar til 1 bar?

- A) 0.5% B) 0.8% C) 0.4% D) 0.7% E) 0.6% F) 0.3%

7) Høgaste og lågaste lufttrykk som er offisielt registrert i Noreg er 1061 og 936 hPa i hhv Dalen og Bergen i januar 1907.

Kor stort arbeid må utførast på eit mol luft ved konstant temperatur 0°C for å redusere trykket frå 1061 til 936 hPa?

- A) 585 J B) 485 J C) 785 J D) 685 J E) 285 J F) 385 J

8) **Kva er ikkje ein tilstandsfunksjon?**

- A) Temperatur B) Varme C) Trykk D) Indre energi E) Entalpi F) Entropi

9) Ei vanleg energieining innan kjemi er framleis kcal/mol. $1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$.

Kva er 1.00 kcal/mol i eininga meV?

- A) 93.4 B) 13.4 C) 73.4 D) 23.4 E) 63.4 F) 43.4

10) Ein krinsprosess bruker 1.0 mol ideell gass som arbeidssubstans og består av to isobarar, ei isobar utviding ved trykk $3p_0 = 3.0 \text{ bar}$ frå volum V_0 til $2V_0$ og ein isobar kompresjon ved trykk $p_0 = 1.0 \text{ bar}$ frå volum $3V_0$ til $2V_0$. Dei to isobarane er forbunde med to prosessar der $|dp/dV| = 2p_0/V_0$ vert halde konstant. Krinsprosessen sin høgaste temperatur er 1200 K.

Kor stort arbeid vert utført pr syklus?

(Tips: Tegn krinsprosessen i eit pV -diagram.)

- A) 5.3 kJ B) 3.3 kJ C) 6.3 kJ D) 2.3 kJ E) 4.3 kJ F) 1.3 kJ

11) **Kva er krinsprosessen sin lågaste temperatur i førre oppgåve?**

- A) 800 K B) 600 K C) 400 K D) 300 K E) 500 K F) 700 K

12) Eitt mol toatomig ideell gass med adiabatkonstant 1.40 utvider seg isentropisk slik at gassen sin temperatur vert redusert frå 400 K til 200 K.

Kor stort arbeid har gassen utført?

- A) 9.16 kJ B) 6.16 kJ C) 5.16 kJ D) 7.16 kJ E) 8.16 kJ F) 4.16 kJ

13) Eitt mol einatomig ideell gass komprimerast isobart slik at temperaturen vert redusert frå 400 K til 300 K.

Kor mykje endrer gassen sin entalpi seg?

- A) -4.08 kJ B) -6.08 kJ C) -1.08 kJ D) -3.08 kJ E) -5.08 kJ F) -2.08 kJ

14) Ein ideell gass strøymer isentalpisk gjennom ein porøs plugg (ekspansjonsventil).

Kor mykje endrer gassen sin temperatur seg?

- A) $\Delta T = -2.2 \text{ K}$ B) $\Delta T = -1.1 \text{ K}$ C) $\Delta T = -3.3 \text{ K}$
D) $\Delta T = 0$ E) $\Delta T = 2.2 \text{ K}$ F) $\Delta T = 1.1 \text{ K}$

15) I eit Carnot-kjøleskap fjerner kjølemediet ei varmemengd 250 J pr sekund frå kjøleskapet og avgir varmemengda 275 J pr sekund til kjøkkenlufta.

Kva er kjøleskapet sin virkningsgrad (effektfaktor)?

- A) 16 B) 19 C) 7 D) 10 E) 4 F) 13

16) Eitt mol einatomig ideell gass gjennomgår ein reversibel prosess frå ein starttilstand der temperaturen er 300 K og trykket er 3.00 bar, til ein slutt-tilstand der temperaturen er 350 K og trykket er 2.50 bar.

Kva blir endringa i gassen sin entropi?

- A) 6.72 J/K B) 5.72 J/K C) 2.72 J/K D) 7.72 J/K E) 3.72 J/K F) 4.72 J/K

17) To like store aluminiumsblokker, begge med masse 1.00 kg, er termisk isolerte frå omverda, men i termisk kontakt med kvarandre. I starttilstanden har dei to blokkene temperaturer hhv 300 K og 600 K.

Kor mykje har dei to blokkene sin totale entropi auka når likevekt er oppnådd, med felles temperatur 450 K?

Aluminium har varmekapasitet 910 J/kg K. Vi kan anta konstant volum for dei to blokkene.

- A) 167 J/K B) 257 J/K C) 227 J/K D) 197 J/K E) 107 J/K F) 137 J/K

18) Vi kaster kron-og-mynt med 4 kronestykker. Vi betegner entropien i eit kast med n kron (og $4 - n$ mynt) som S_n . Med Boltzmann sin definisjon av entropi,

kva er entropidifferansen $(S_2 - S_4)/k_B$, dvs målt i einingar av Boltzmann sin konstant k_B ?

- A) 1.79 B) 1.39 C) 2.19 D) 1.19 E) 1.59 F) 1.99

19) Vi kaster kron-og-mynt med 1000 kronestykker. Vi betegner sannsynet for n kron (og $1000 - n$ mynt) med P_n , som er proporsjonal med antall ulike mikrokonfigurasjonar som tilsvarer n kron,

$$\Omega_n = \binom{1000}{n} = \frac{1000!}{n!(1000 - n)!}.$$

Kva er P_{500}/P_{250} ?

(Tips: Stirling sin formel.)

- A) $6 \cdot 10^{76}$ B) $6 \cdot 10^{26}$ C) $6 \cdot 10^{66}$ D) $6 \cdot 10^{36}$ E) $6 \cdot 10^{46}$ F) $6 \cdot 10^{56}$

20) Vi tilordner ein kubisk boks med sidekantar L til kvart molekyl i ein ideell gass ved temperatur 77 K og trykk 100 Pa.

Kor stor er L ?

- A) 10 nm B) 14 nm C) 30 nm D) 18 nm E) 22 nm F) 26 nm

21) Kva er forholdet mellom midlere kinetiske translasjonsenergi pr CO_2 -molekyl og H_2O -molekyl i lufta, dvs $\langle K_{\text{trans}}(\text{CO}_2) \rangle / \langle K_{\text{trans}}(\text{H}_2\text{O}) \rangle$?

- A) 0.64 B) 1.00 C) 0.52 D) 0.88 E) 0.76 F) 1.12

22) Luft inneheld blant anna CO_2 og H_2O , med molekylmasser hhv ca $44u$ og $18u$.

Kva er forholdet mellom rms-hastigheiten til disse molekylene, dvs $v_{\text{rms}}(\text{CO}_2)/v_{\text{rms}}(\text{H}_2\text{O})$?

- A) 1.00 B) 0.64 C) 0.88 D) 1.18 E) 0.52 F) 0.76

23) Trykket i ein ideell gass vert dobla mens volumet vert halvert.

Korleis går det da med temperaturen?

- A) $T \rightarrow 2T$ B) $T \rightarrow T/2$ C) $T \rightarrow 3T$ D) $T \rightarrow 4T$ E) $T \rightarrow T/4$ F) T er uendra

24) Trykket i ein van der Waals-gass vert dobla frå verdien $a/50b^2$ medan volumet vert halvert frå verdien $10b$.

Korleis går det da med temperaturen?

- A) $\Delta T = 11a/20Rb$ B) $\Delta T = a/20Rb$ C) $\Delta T = 7a/20Rb$ D) $\Delta T = 17a/20Rb$
E) $\Delta T = 3a/20Rb$ F) $\Delta T = 19a/20Rb$

Oppgåve 25–32: Propan, C_3H_8 , har i trippelpunktet ein temperatur 85.5 K. Fasejamvekta mellom gass og væske beskrivast brukbart med van der Waals tilstandslikning, med parametre $a = 0.905 \text{ Pa m}^6$ og $b = 0.0905 \text{ L}$ for 1.00 mol propan.

25) La oss først beskrive 1.00 mol propan som ein ideell gass. Ved 301 K og med volum 0.881 L, kva er trykket?

- A) 31.4 bar B) 34.4 bar C) 28.4 bar D) 22.4 bar E) 25.4 bar F) 37.4 bar

26) La oss så nytte van der Waals tilstandslikning for same mengd propan som i f rre oppgåve, og med same temperatur og volum.

Kor stort trykk gjev dette?

- A) 16.0 bar B) 20.0 bar C) 24.0 bar D) 18.0 bar E) 26.0 bar F) 22.0 bar

27) Ved same temperatur og ved same trykk som du berekna i f rre oppgåve kan 1.00 mol propan komprimerast og kondensere i sin heilhet til væske.

Kor stort væskevolum gjev van der Waals tilstandslikning ved disse tilhøva?

(Tips: Kritisk molart volum er $V_c = 3b$.)

- A) 0.055 L B) 0.703 L C) 0.586 L D) 0.432 L E) 0.149 L F) 0.042 L

28) Kva er kritisk temperatur for propan med van der Waals tilstandslikning?

- A) 356 K B) 329 K C) 347 K D) 320 K E) 338 K F) 311 K

29) Kva er rms-hastigheiten til molekyla i propangass ved 301 K, i henhold til ideell gass tilstandslikning?

Atom re masser for karbon og hydrogen er hhv ca 12u og 1u.

- A) 424 m/s B) 382 m/s C) 402 m/s D) 435 m/s E) 413 m/s F) 393 m/s

30) Molar varmekapasitet til propangass ved normale tilhøve (1 atm og romtemperatur), målt ved konstant volum, er 65.3 J/mol K.

Kor mange kvadratiske friheitsgrader bidreg da - sånn omtrent - til indre energi i propangass ved disse tilhøva, ifølgje det klassiske ekvipartisjonsprinsippet?

- A) 31 B) 16 C) 11 D) 6 E) 26 F) 21

31) Propan koker ved 231 K ved normalt trykk (1 atm). Molar fordampingsvarme er 19 kJ/mol. **Kva er damptrykket til propan ved trippelpunktet (85.5 K)?**
(Anta konstant fordampingsvarme.)

- A) 5 mPa B) 0.17 atm C) 169 Pa D) 0.31 atm E) 0.61 atm F) 13 Pa

32) Bruk av propan som kjølemiddel i eit kjøleskap krev at Joule-Thomson-koeffisienten er positiv. Da må trykket p vere mindre enn inversjonstrykket, dvs det trykket som gjev $\mu_{JT} = 0$ ved den aktuelle temperaturen. Med van der Waals tilstandslikning vil du vurdere om propan ved 301 K og 20 bar gjev avkjøling.

Kva er inversjonstrykket ved 301 K?

- A) 66 bar B) 44 bar C) 55 bar D) 22 bar E) 11 bar F) 33 bar

33) Kva for ein relasjon mellom tilstandsvariable følgjer av at $dH = TdS + Vdp$?

- A) $\left(\frac{\partial p}{\partial S}\right)_T = \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_U$
B) $\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_S = \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_p$
C) $\left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_p = \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_S$
D) $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_U = \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_V$
E) $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_S = \left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T$
F) $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_T$

34) Eit system med ikkje-vekselverkande partikler er i termisk likevekt med eit varmereservoar som har temperatur T . Ein gitt partikkel befinn seg i ein av tre moglege tilstander, med energi $E_n = nE_0$, der $n = 1, 2, 3$ nummererer dei tre moglege tilstandane. Det er inga begrensing på antall partikler som kan finne seg i ein gitt energitilstand. Anta at $E_0 = k_B T$.

Kva er sannsyna P_n for at ein gitt partikkel har energiane E_n ?

- A) $P_1 = 0.456$, $P_2 = 0.444$, $P_3 = 0.180$
B) $P_1 = 0.115$, $P_2 = 0.265$, $P_3 = 0.620$
C) $P_1 = 0.665$, $P_2 = 0.245$, $P_3 = 0.090$
D) $P_1 = 0.500$, $P_2 = 0.300$, $P_3 = 0.200$
E) $P_1 = 0.334$, $P_2 = 0.333$, $P_3 = 0.333$
F) $P_1 = 0.802$, $P_2 = 0.167$, $P_3 = 0.041$

35) For systemet beskrive i førre oppgåve,
kva er midlere energi pr partikkel dersom $E_0 = k_B T/100$?

- A) $3.5E_0$ B) $2.5E_0$ C) $1.0E_0$ D) $2.0E_0$ E) $1.5E_0$ F) $3.0E_0$

36) I overflata av Dødehavet er det ca 280 g NaCl pr kg væske. Du kan anta at resten er vatn. Molar smeltevarme for is er 6.0 kJ/mol. Molare masser for NaCl og H₂O er hhv 58.45 g/mol og 18 g/mol.
Ved kva for ein temperatur ville Dødehavet si overflate fryse til is?

- A) -10°C B) -5°C C) -25°C D) -15°C E) -30°C F) -20°C

37) I denne oppgåva antek vi at H₂O har konstante latente varmer i det aktuelle temperaturområdet, hhv molar fordampingsvarme $l_f = 45$ kJ/mol og molar sublimasjonsvarme $l_{\text{sub}} = 51$ kJ/mol. Vinterluft med temperatur 268 K og relativ luftfuktigheit 70% strøymmer inn i stua, erstatter innelufta og vert varma opp til 298 K.

Kva er nå relativ luftfuktigheit i stua?

Tips 1: Relativ luftfuktigheit: $\phi = 100\% \cdot p_{\text{H}_2\text{O}}/p_d$. $p_{\text{H}_2\text{O}}$ er faktisk partialtrykk pga vatndamp. p_d er metningstrykket.

Tips 2: Bruk trippelpunktet som referanse, med temperatur 273 K og damptrykk 612 Pa.

- A) 5% B) 13% C) 17% D) 25% E) 21% F) 9%

38) To store parallelle plater nr 1 og 3 (svarte lekam) har faste temperaturar hhv $T_1 = 300$ K og $T_3 = 400$ K. Ei tredje plate nr 2 (svart lekam) vert plassert mellom og parallelt med dei to første. Etter ei stund har vi ein situasjon med stasjonær varmestraum i heile området mellom plate nr 1 og 3.

Kva er nå temperaturen T_2 til plata i midten?

- A) 370 K B) 350 K C) 380 K D) 360 K E) 340 K F) 330 K

39) Ein yttervegg har 20.0 cm mineralull mellom ei asfaltplate på utsida og ei sponplate på innsida, begge med tjukkleik 12 mm. I nemnte rekkefølgje har disse materiala varmeleiingsevne $\kappa_m = 0.037$, $\kappa_a = 0.048$ og $\kappa_s = 0.13$ W/m K. På ein kald vinterdag er det 25 kuldegrader ute og 25 varmegrader inne.

Kva er effekttapet pr kvadratmeter yttervegg?

- A) 8.7 W B) 6.5 W C) 9.8 W D) 5.4 W E) 7.6 W F) 4.3 W

40) Ein virrevandrar tek like lange skritt med lengd 50 cm med jamne mellomrom, eitt skritt pr sekund. Kvart skritt går i tilfeldig retning, men alltid enten mot nord, øst, syd eller vest, og med same sannsyn ($1/4$) i kvar retning. Etter to sekund er det dermed tre moglege avstandar r mellom startposisjonen og virrevandraren sin noverande posisjon.

Kva er rms-avstanden $\sqrt{\langle r^2 \rangle}$ etter to sekund?

(Tips: Tegn opp det kvadratiske gitteret og finn ut kor mange vegar som resulterer i dei ulike avstandane frå startposisjonen.)

A) 50 cm B) 71 cm C) 35 cm D) 42 cm E) 0 cm F) 100 cm