

TFY4106 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.

Øving 11.

1) Damptrykket for vann ved  $0^\circ\text{C}$  er 4.58 mm Hg (4.58/760 atm). Anta at vanndampen er ideell gass med volum som er mye større enn volumet til samme mengde vann. Anta videre at fordampningsvarmen (ved  $100^\circ\text{C}$ ),  $l = 40.7$  kJ/mol, kan benyttes for alle temperaturer. Med disse antagelsene, hva gir Clapeyrons ligning, og dermed damptrykk-kurven, for kokepunktet til vann ved 1 atm (760 mm Hg)?

- A)  $91^\circ\text{C}$     B)  $100^\circ\text{C}$     C)  $109^\circ\text{C}$     D)  $118^\circ\text{C}$

2) Ved temperaturene  $T_1 = 0^\circ\text{C}$  og  $T_2 = 20^\circ\text{C}$  er damptrykket for  $\text{CCl}_4$  (karbontetraklorid) henholdsvis 4402 Pa og 12139 Pa. Anta at dampen er ideell gass, at væskevolumet kan neglisjeres, og at fordampningsvarmen er uavhengig av  $T$ . Hva er da molar fordampningsvarme  $l$  for  $\text{CCl}_4$ ?

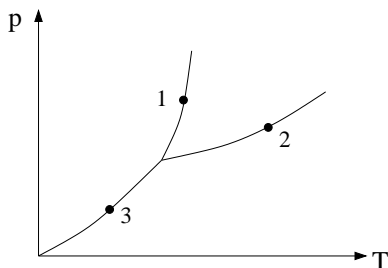
- A) 22.6 kJ    B) 33.7 kJ    C) 44.8 kJ    D) 55.9 kJ

3) Hva blir damptrykket for  $\text{CCl}_4$  ved  $T = 30^\circ\text{C}$ ?

- A) 13.8 kPa    B) 15.6 kPa    C) 17.4 kPa    D) 19.2 kPa

4) En svart overflate som holdes på konstant (høy) temperatur  $T_H$  er parallell med en annen svart overflate med konstant temperatur  $T_L < T_H$ . Det er vakuum mellom platene. For å redusere varmestrømmen på grunn av stråling, som i utgangspunktet er  $j_0$ , innføres et varmeskjold som består av  $N$  parallelle svarte plan som plasseres mellom den kalde og varme overflata. Etter en stund oppnås stasjonære forhold. Hva blir varmestrømmen  $j(N)$  når  $N$  slike svarte plan settes inn mellom de to svarte overflatene?

- A)  $j(N) = j_0/\sqrt{N}$     B)  $j(N) = j_0/\sqrt{N+1}$     C)  $j(N) = j_0/(N+1)$     D)  $j(N) = j_0/N^2$



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

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

6) Hvis temperaturen i en ideell gass halveres, hvordan endres molekylenes rms-hastighet? ( $v_{\text{rms}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle}$ )

- A)  $v_{\text{rms}}$  halveres.  
 B)  $v_{\text{rms}}$  blir uendret.  
 C)  $v_{\text{rms}}$  reduseres med ca 30 prosent.  
 D)  $v_{\text{rms}}$  blir ca dobbelt så stor.

7) Hvis trykket i en ideell gass fordobles samtidig som gassen komprimeres til halvparten så stort volum, hvordan endres  $v_{\text{rms}}$ ?

- A)  $v_{\text{rms}}$  halveres.
- B)  $v_{\text{rms}}$  blir uendret.
- C)  $v_{\text{rms}}$  reduseres med ca 30 prosent.
- D)  $v_{\text{rms}}$  blir ca dobbelt så stor.

8) 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, 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  $W_0$ ?

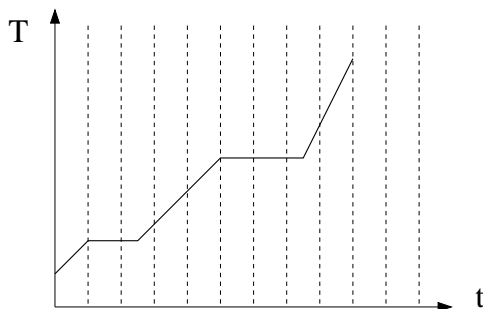
- A)  $W_1 > W_0$
- B)  $W_1 < W_0$
- C)  $W_1 = W_0$
- D) Umulig å si noe sikkert om  $W_1$  relativt  $W_0$ .

9) Varmemengden  $Q_p > 0$  tilføres en ideell gass ved konstant trykk. Gassens indre energi øker da med

- A) energimengden  $Q_p$ .
- B) en energimengde mindre enn  $Q_p$ .
- C) en energimengde større enn  $Q_p$ .
- D) en energimengde som avhenger av om gassen er en- eller toatomig.

10) Luft er med god tilnærming en ideell blanding av  $\text{O}_2$ - og  $\text{N}_2$ -molekyler. (Dvs, begge stoffer oppfører seg som ideelle gasser som ikke påvirker hverandre.) Hva kan du si om  $v_{\text{rms}}$  og midlere kinetisk translasjonsenergi  $\langle K \rangle$  for de ulike molekylene?

- A)  $v_{\text{rms}}(\text{O}_2) = v_{\text{rms}}(\text{N}_2)$ ,  $\langle K \rangle_{\text{O}_2} = \langle K \rangle_{\text{N}_2}$
- B)  $v_{\text{rms}}(\text{O}_2) < v_{\text{rms}}(\text{N}_2)$ ,  $\langle K \rangle_{\text{O}_2} < \langle K \rangle_{\text{N}_2}$
- C)  $v_{\text{rms}}(\text{O}_2) = v_{\text{rms}}(\text{N}_2)$ ,  $\langle K \rangle_{\text{O}_2} > \langle K \rangle_{\text{N}_2}$
- D)  $v_{\text{rms}}(\text{O}_2) < v_{\text{rms}}(\text{N}_2)$ ,  $\langle K \rangle_{\text{O}_2} = \langle K \rangle_{\text{N}_2}$



11) Varme tilføres et rent stoff i en lukket beholder. Tilført varme pr tidsenhet er konstant. Figuren viser hvordan stoffets temperatur  $T$  endrer seg med tiden. Hva er forholdet mellom stoffets smeltevarme  $L_s$  og stoffets fordampningsvarme  $L_f$ ?

- A)  $L_s/L_f = 0.33$
- B)  $L_s/L_f = 0.60$
- C)  $L_s/L_f = 1.00$
- D)  $L_s/L_f = 1.67$

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

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

### 13 – 16: Dårlig isolert hyttegulv

En hytteeier har ubehagelige erfaringer med en bekk i nærheten, som i vårløsningen kan finne på å gå sine egne veier og i verste fall krype helt oppunder hyttegulvet, med ødelagt glava-isolasjon som resultat. Isoporplater tåler bedre et kortvarig opphold i vann. Hytteeieren legger derfor nytt gulv i hytta, ganske enkelt med en 24 mm sponplate øverst og en 50 mm isoporplate festet på undersiden. Sponplate og isoporplate har varmeledningsevne hhv 0.12 W/mK og 0.035 W/mK. Varmeovergangstall innvendig og utvendig er hhv 7.5 W/m<sup>2</sup>K og 25 W/m<sup>2</sup>K.

13) Hva blir den totale varmemotstanden  $R$  til 1 m<sup>2</sup> hyttegulv? (Varmemotstanden  $R_T$  til en del av en bygningskonstruksjon er gitt ved forholdet mellom temperaturforskjellen  $\Delta T$  og overført varmeenergi pr tidsenhet  $P$ . Hyttegulvet kan betraktes som en seriekobling av 4 varmemotstander: Inverse varmeovergangstall inne og ute, og varmemotstanden til sponplate og isoporplate. På den aktuelle hytta er det et lag med gulvbelegg oppå sponplaten, men dette ser vi bort fra her.)

- A)  $R = 1.8$  K/W    B)  $R = 11.8$  K/W    C)  $R = 21.8$  K/W    D)  $R = 31.8$  K/W

14) Med 20°C inne i hytta og -20°C ute (under hytta), hva blir varmetapet  $P$  pr kvadratmeter hyttegulv?

- A)  $P = 1.3$  W    B)  $P = 1.8$  W    C)  $P = 3.4$  W    D)  $P = 22.2$  W

15) Byggebransjen opererer med den såkalte  $U$ -verdien til en gitt bygningskonstruksjon.  $U$ -verdien angir hvor mye varmeenergi (J) som strømmer pr tidsenhet (s) gjennom 1 m<sup>2</sup> av konstruksjonen når det er en temperaturforskjell på 1 K mellom den varme og den kalde siden av konstruksjonen. Enheten til  $U$ -verdien er følgelig W/m<sup>2</sup>K. (Eller rett og slett W/K, siden  $A = 1$  m<sup>2</sup> er gitt!) For (endimensjonal) varmeledning gjennom en homogen del av en konstruksjon med varmeledningsevne  $\kappa$  og tykkelse  $a$  er  $j = (\kappa/a)\Delta T = (1/R_T)\Delta T$ . Av definisjonen av  $U$ -verdien se vi at vi også kan skrive  $j = U \Delta T$ , som gir  $U = 1/R_T = \kappa/a$ . Når den totale varmemotstanden  $R$  til en konstruksjon er bestemt, har vi  $j = \Delta T/R = U \Delta T$ , og dermed  $U = 1/R$ . Etter denne lange innledningen: Hva er  $U$ -verdien til hyttegulvet beskrevet i oppgave 13?

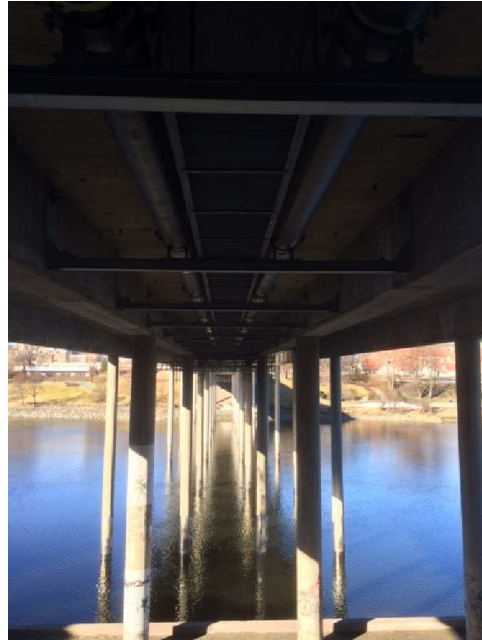
- A)  $U = 0.22$     B)  $U = 0.55$     C)  $U = 0.88$     D)  $U = 1.21$

16) Hva blir temperaturen i grenseflaten mellom sponplaten og isoporplaten? (Med betingelser som i oppgave 14.)

- A) 12.6°C    B) 2.6°C    C) - 2.6°C    D) - 12.6°C

## 17 – 19: Fjernvarmeanlegg

På Tiller produseres varme ved forbrenning av avfall. Årlig energiproduksjon er 600 GWh. Varmen distribueres til kunder i Trondheim og Klæbu ved hjelp av varmt vann som strømmer gjennom isoporisolerte rør. Rørene ligger stort sett under bakken men går åpent under Elgesæter bro:



17) Hvor stor (gjennomsnittlig) effekt leverer fjernvarmeanlegget?

- A) 68.5 W    B) 68.5 kW    C) 68.5 MW    D) 68.5 GW

18) Dersom den produserte varmen benyttes til å heve temperaturen i vann fra 15 til 95°C, hvor mye vann kan da passere gjennom anlegget på Tiller pr tidsenhet? (Varmekapasiteten til vann er  $c = 1 \text{ cal/g K}$ , dvs 4184 J/kg K.)

- A) 2.5 L/s    B) 25 L/s    C) 205 L/s    D) 2050 L/s

19) Anta at dette vannet sirkulerer i to hovedsløyfer, en til Trondheim og en til Klæbu, begge med sirkulære rør med (indre) diameter  $d_2 = 25 \text{ cm}$ . Hva blir da maksimal strømningshastighet?

- A) 0.2 m/s    B) 2 m/s    C) 20 m/s    D) 200 m/s