

**TFY4102 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.**  
**Øving 13.**

1) En kretsprosess består av to isobarer og to isokorer, der trykket varierer mellom  $p_0$  og  $5p_0$  og volumet varierer mellom  $V_0$  og  $4V_0$ . Arbeidssubstansen er en 2-atomig ideell gass med  $N$  molekyler. Hva er  $C_p$  og  $C_V$  for en slik gass? (For temperaturer omkring romtemperatur.)

A)  $C_p = 3Nk_B/2$ ,  $C_V = 7Nk_B/2$     B)  $C_p = 7Nk_B/2$ ,  $C_V = 3Nk_B/2$

C)  $C_p = 7Nk_B/2$ ,  $C_V = 5Nk_B/2$     D)  $C_p = 3Nk_B/2$ ,  $C_V = 5Nk_B/2$

2) Denne kretsprosessen benyttes i en varmekraftmaskin. Hvor stort arbeid  $W$  utfører gassen på omgivelsene pr syklus av kretsprosessen?

A)  $W = 4p_0V_0$     B)  $W = 5p_0V_0$     C)  $W = 12p_0V_0$     D)  $W = 20p_0V_0$

3) Hva er temperaturene i de fire "hjørnene" av kretsprosessen? (I stigende rekkefølge, og i enheter av  $p_0V_0/Nk_B$ .)

A) 1, 5, 6, 9    B) 4, 5, 6, 20    C) 1, 5, 10, 20    D) 1, 4, 5, 20

4) Hva er kretsprosessens virkningsgrad  $\eta = W/Q_{\text{inn}}$ , der  $Q_{\text{inn}}$  er varmen som *tilføres* gassen pr syklus? (Du kan anta at  $C_p$  og  $C_V$  er konstante for hele kretsprosessen.)

A)  $\eta = 0.19$     B)  $\eta = 0.45$     C)  $\eta = 0.95$     D)  $\eta = 1.02$

5) En ideell gass benyttes som arbeidssubstans i en varmekraftmaskin og gjennomgår følgende kretsprosess (der  $a$ ,  $b$ ,  $c$  og  $d$  angir fire ulike likevektstilstander for gassen):

$ab$ : isobar utvidelse.

$bc$ : isoterm utvidelse.

$cd$ : isokor trykkreduksjon.

$da$ : adiabatisk kompresjon.

Hva kan du da si om temperaturene i de ulike likevektstilstandene?

A)  $T_a < T_b = T_c < T_d$     B)  $T_d < T_a < T_b = T_c$

C)  $T_c = T_d < T_a < T_b$     D)  $T_b = T_c < T_d < T_a$

6) En ideell gass benyttes som arbeidssubstans i en varmepumpe og gjennomgår følgende kretsprosess (der  $a$ ,  $b$ ,  $c$  og  $d$  angir fire ulike likevektstilstander for gassen):

$ab$ : isobar kompresjon.

$bc$ : isoterm utvidelse.

$cd$ : isokor trykkøkning.

$da$ : adiabatisk kompresjon.

Hva kan du da si om temperaturene i de ulike likevektstilstandene?

A)  $T_a < T_b = T_c < T_d$     B)  $T_d < T_a < T_b = T_c$

C)  $T_c = T_d < T_a < T_b$     D)  $T_b = T_c < T_d < T_a$

7) Din venn har installert en ny varmepumpe som forbruker 1 kW elektrisk effekt når den står på. Han er spesielt fornøyd med hvor godt varmepumpa virker på ekstra kalde vinterdager, og han hevder at den

leverer 10 kW selv med 20 kuldegrader ute. Hva er din kommentar til dette?

- A) Du skryter av at *din* varmepumpe er enda mer effektiv.
- B) Du gratulerer din venn med en god investering.
- C) Du gratulerer din venn med en god investering, men legger til at han neppe får riktig så mye varme i stua på så kalde dager.
- D) Du spør din venn om han har hørt om termodynamikkens andre hovedsetning og sier belærende at han aldri kan få mer enn 1 kW effekt ut av en slik varmepumpe.

8) En fryseboks er så smart konstruert at den fungerer praktisk talt like godt som en Carnot-kjølemaskin. Den er også godt isolert, og varmetapet gjennom fryseboksens vegger er ikke mer enn 500 W. Hvor mye elektrisk effekt vil denne fryseboksen forbruke dersom den skal holde 18 kuldegrader innvendig i et rom der temperaturen er 15 varmegrader?

- A) 15 W
- B) 65 W
- C) 500 W
- D) 850 W

En bensinmotor tilføres 8 kJ varme pr syklus. Netto arbeid utført av motoren pr syklus er 2 kJ. Varmen kommer fra forbrenning av bensin med brennverdi 46 kJ/g.

9) Hva er virkningsgraden  $\eta$  til denne bensinmotoren?

- A)  $\eta = 0.17$
- B)  $\eta = 0.25$
- C)  $\eta = 0.56$
- D)  $\eta = 5.75$

10) Hvor mye "spillvarme" avgir motoren pr syklus?

- A) 2 kJ
- B) 4 kJ
- C) 6 kJ
- D) 8 kJ

11) Hvor mye bensin forbrennes pr syklus?

- A) 0.17 g
- B) 0.25 g
- C) 0.56 g
- D) 5.75 g

12) Hvilken effekt yter motoren når den gjennomgår 120 sykler pr sekund?

- A) 960 kW
- B) 720 kW
- C) 240 kW
- D) 120 kW

13) En Otto-motor bruker en toatomig ideell gass som arbeidssubstans (med  $\gamma = C_p/C_V = 1.4$ ). Kompresjonsforholdet  $V_1/V_2$  er 8, og før den adiabatisk kompresjonen starter er temperaturen  $T_1 = 22^\circ\text{C}$ . Hva er da temperaturen  $T_2$  etter kompresjonen (men før antenning)?

- A)  $T_2 = 51^\circ\text{C}$
- B)  $T_2 = 128^\circ\text{C}$
- C)  $T_2 = 405^\circ\text{C}$
- D)  $T_2 = 678^\circ\text{C}$

14) Starttrykket er  $p_1 = 85$  kPa (litt mindre enn 1 atm). Hva er trykket  $p_2$  etter kompresjonen (men før antenning)?

- A) 37 kPa
- B) 195 kPa
- C) 1.56 MPa
- D) 12.5 MPa

15) Hva er virkningsgraden til denne reversible Otto-motoren?

- A)  $\eta = 0.17$
- B)  $\eta = 0.25$
- C)  $\eta = 0.56$
- D)  $\eta = 5.75$

16) Hva slags figur danner Carnot-prosessen i et  $ST$ -diagram?

- A) Rombe    B) Rektangel    C) Parallelogram    D) Trapez

17) En ideell gass som starter i tilstand A kan (1) utvide seg ved konstant trykk og deretter avkjøles ved konstant volum til en slutt-tilstand B. Alternativt kan gassen (2) ekspandere adiabatisk og reversibelt fra A til B. Hva er entropiendringen i gassen i det ene og det andre tilfellet?

- A) Null i begge prosesser.    B) Positiv i begge prosesser.  
C) Størst i prosess (1).    D) Størst i prosess (2).

18) Smeltevarmen til is er  $335 \text{ J/g}$  (ved  $0^\circ\text{C}$ ). Fordampningsvarmen til vann er  $2272 \text{ J/g}$  (ved  $100^\circ\text{C}$ ). Hva er entropiendringen (i isen/vannet) når  $1 \text{ kg}$  is smelter?

- A)  $1.23 \text{ kJ/K}$     B)  $-1.23 \text{ kJ/K}$     C)  $1.23 \text{ J/K}$     D)  $-1.23 \text{ J/K}$

19) Og hva er entropiendringen (i vannet, evt vanndampen) når  $1 \text{ kg}$  vanndamp kondenserer?

- A)  $6.09 \text{ kJ/K}$     B)  $-6.09 \text{ kJ/K}$     C)  $6.09 \text{ J/K}$     D)  $-6.09 \text{ J/K}$

20) Jorda mottar varme via stråling fra sola, der energien er fordelt over et spektrum som tilsvarer solas overflatetemperatur, ca  $5800 \text{ K}$ . Jorda avgir varme via stråling, der energien er fordelt over et spektrum som tilsvarer jordas midlere overflatetemperatur, ca  $290 \text{ K}$ . Dersom vi antar at jorda er omtrent i termisk likevekt, hvordan påvirkes jordas samlede entropi som følge av varmestrålingen inn og ut?

- A) Den endres ikke.    B) Den øker.  
C) Den reduseres.    D) Det er det ikke mulig å svare på.

21) To like store klosser av samme type metall har starttemperaturer  $T_1$  og  $T_2 > T_1$ . Varmekapasiteten til hver av de to klossene er  $C$ . ( $C_V \simeq C_p$  for faste stoffer.) Klossene er fullstendig varmeisolert fra omgivelsene, men bringes i termisk kontakt med hverandre. Hva blir klossenes felles slutt-temperatur  $T_s$  når de har oppnådd termisk likevekt med hverandre?

- A)  $T_s = T_1 T_2 / (T_1 + T_2)$     B)  $T_s = (T_1 + T_2) / 2$     C)  $T_s = (T_1 + T_2)$     D)  $T_s = (T_1 + T_2) / 4$

22) Hva blir total entropiendring  $\Delta S$  for de to metallklossene i oppgave 13? Klossenes volum endres så lite at vi ser bort fra volumendringene.

- A)  $\Delta S = C \ln(1 - (T_1 - T_2)^2 / 4T_1 T_2)$     B)  $\Delta S = C \ln(1 + (T_1 + T_2)^2 / 4T_1 T_2)$   
C)  $\Delta S = C \ln(1 - (T_1 + T_2)^2 / 4T_1 T_2)$     D)  $\Delta S = C \ln(1 + (T_1 - T_2)^2 / 4T_1 T_2)$

23) En toatomig ideell gass utvider seg reversibelt og ved konstant trykk til et dobbelt så stort volum. Hva blir entropiendringen pr molekyl?

- A)  $0.69k_B$     B)  $1.04k_B$     C)  $1.73k_B$     D)  $2.43k_B$