Le 10: Q 7, 8, 10 ; 1, 43, 25, 6, 4 ; 38, 10, 18, 37, 29, 14

---

1 En Carnotmaskin har effektivitet $\varepsilon = 15{,}0\%$. Den verkar mellan två isotermiska reservoarer med inbördes $\Delta T = 55\,K$. Vad har den svala reservoaren för temperatur?

Vi sätter $T_H = T_L + 55$ [K]

Formel för effektivitet $\varepsilon_{carnot} = 1 - \frac{T_H}{T_L} \Leftrightarrow 0{,}15 = 1 - \frac{T_L}{T_L + 55} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow T_L = 0{,}85(T_L + 55) \Leftrightarrow 0{,}15 T_L = 0{,}85 \cdot 55 \Rightarrow T_L = \frac{0{,}85 \cdot 55}{0{,}15} = 311{,}66\,K \approx 39\,°C$

Svar: $T_L = -94\,°C$

43: En Carnotmaskin jobbar mellan $T_H = 235\,°C$ & $T_L = 115\,°C$ & absorberar $3.00 \cdot 10^4$ J per cykel vid högre temperatur

(a.) Hur mycket energi/cykel avleds per cykel

(b.) Hur mycket arbete kan maskinen utföra per cykel

Vi har två formler för ε:

$$\begin{cases} \varepsilon = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \left|\frac{Q_{bortförd}}{Q_{tillförd}}\right| \Rightarrow \left|\frac{Q_{bortförd}}{Q_{tillförd}}\right| = \frac{T_L}{T_H} \\ \varepsilon = \frac{W_{netto}}{Q_{tillförd}} \end{cases}$$

$$|Q_{bortförd}| = |Q_{tillförd}| \cdot \frac{T_L}{T_H} = 3{,}00 \cdot 10^4\,J \cdot \left(\frac{(115+273)\,K}{(235+273)\,K}\right) = 22913 \approx 22{,}91\,kJ$$

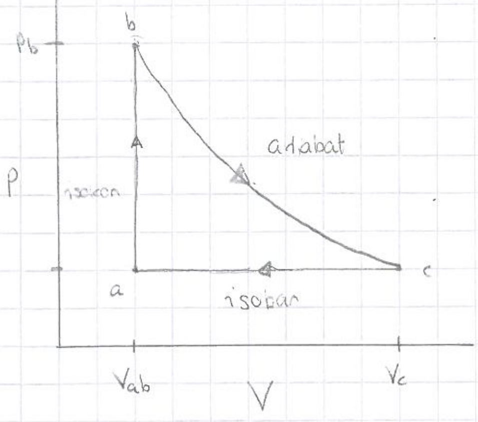
$\therefore Q_{bortförd} = -22{,}91\,kJ$

$$W_{netto} = \varepsilon \cdot Q_{tillförd} = \left(1 - \frac{(115+273)\,K}{(235+273)\,K}\right) \cdot 3{,}00 \cdot 10^4\,J \approx 7086{,}614 \approx 7{,}09\,kJ$$

Svar: a.) 22,91 kJ

b.) 7,09 kJ

25



För cykeln abca gäller: $n_{sampel} = 1{,}00$ mol
$V_c = 8{,}00 V_{ab}$
$p_b = 5{,}00$ atm
$V_{ab} = 1{,}00 \cdot 10^{-3}\ m^3$

(a.) Finn $Q_{\text{tillförd}}$ under cykel
(b.) $Q_{\text{bortförd}}$ under cykel
(c.) W_{netto} utfört av gasen
(d.) Effektiviteten under en cykel

$$\begin{cases} \text{adiabat} := \text{" Q är konstant"} & Q = 0 \\ \text{isobar} := \text{" p är konstant"} & Q = n C_p \Delta T \\ \text{isokor} := \text{" V är konstant"} & Q = n C_V \Delta T \end{cases}$$

$\therefore$ Vi behöver T_a, T_b, T_c

$$\begin{cases} \text{AGL} \Rightarrow & pV = nRT \\ \text{Adiabat} \Rightarrow & pV^{\gamma} = \text{konstant} \\ \text{Gamma} \Rightarrow & \gamma = C_p / C_V \\ & TV^{\gamma-1} = \text{konstant} \\ \text{Arbete} & U = \frac{3}{2} nRT \end{cases}$$

T_b: $\quad T_b = \dfrac{V_{ab} p_b}{nR}$,

T_c: Villkor för adiabat $\quad pV^{5/3} = \text{konstant} \Rightarrow p_b V_{ab}^{5/3} = p_c V_c^{5/3} \Rightarrow p_c = p_b \left(\dfrac{V_{ab}}{V_c}\right)^{5/3}$

$$T_c = \frac{V_c p_c}{nR} = \frac{V_c p_b}{nR}\left(\frac{V_{ab}}{V_c}\right)^{5/3}$$

T_a: $\quad T_a = \dfrac{V_{ab} p_a}{nR} = \{p_a = p_b\} = \dfrac{V_{ab}}{nR} p_b \left(\dfrac{V_{ab}}{V_c}\right)^{5/3}$

$\therefore$ I isokor $a \to b$ ger $Q = n \cdot \frac{3}{2} R (T_b - T_a) = \cancel{n} \frac{3}{2} \cancel{R} \left(\dfrac{V_{ab} p_b}{\cancel{nR}} - \dfrac{V_{ab}}{\cancel{nR}} p_b \left(\dfrac{V_{ab}}{V_c}\right)^{5/3} \right) =$

$$= \frac{3}{2} V_{ab} p_b \left(1 - \left(\frac{V_{ab}}{V_c}\right)^{5/3} \right) = \frac{3}{2} \cdot 1{,}00 \cdot 10^{-3} m^3 \cdot 5{,}00 \cdot (101{,}3 \cdot 10^3 \text{ Pa}) \left(1 - \left(\frac{1}{8}\right)^{5/3} \right) \approx 736{,}00 \text{ J}$$

II isobar $c \to a$ ger $Q = n \frac{5}{2} R (T_a - T_c) = \cancel{n} \frac{5}{2} \cancel{R} \left(\dfrac{V_{ab}}{\cancel{nR}} p_b \left(\dfrac{V_{ab}}{V_c}\right)^{5/3} - \dfrac{V_c p_b}{\cancel{nR}} \left(\dfrac{V_{ab}}{V_c}\right)^{5/3} \right) =$

$$= \frac{5}{2} \left(\frac{V_{ab}}{V_c}\right)^{5/3} p_b (V_{ab} - V_c) = \frac{5}{2} \left(\frac{1}{8}\right)^{5/3} 5{,}00 \cdot 101 \cdot 10^3 \text{ Pa} \left(1{,}00 \cdot 10^{-3} m^3 - 8{,}00 \cdot 10^{-3} m^3 \right) \approx -277{,}00 \text{ J}$$

$Q = \underbrace{\Delta E_{int}}_{=0} + W_{netto} \Rightarrow W_{netto} = Q_{ab} + Q_{bc} + Q_{ca} = 736{,}00 \text{ J} - 277{,}00 \text{ J} = 459 \text{ J}$

$\varepsilon = 1 - \left| \dfrac{Q_{\text{bortförd}}}{Q_{\text{tillförd}}} \right| = 1 - \dfrac{277}{736} = 0{,}6236 \approx 62{,}4\%$

Svar:
(a) 736,00 J
(b) −277 J
(c.) 459 J
(d) 62,4 %

10 I en hypotetisk nuklear fusionsreaktor, är eldningsmaterialet $T_H = 7 \cdot 10^8 K$.
Om den gas som skapas skulle kunna användas för att driva en Carnotmotor
med $T_L = 50 0°C$, hur effektiv blir motorn?

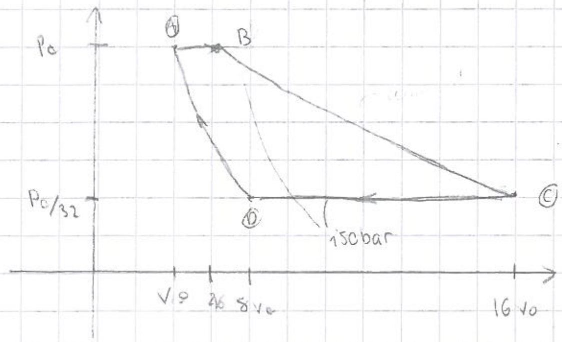
Carnot ger $\varepsilon = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{(273+50°)K}{7 \cdot 10^8 K} = 0{,}99999960 98 = 99.99996\,\%$

Svar: Väldigt effektiv

---

18 En ideal gas ($n_{sample} = 3.0\,mol$) arbetar i en motor enligt figuren.
Process DA & BC är reversibla & adiabatiska.

(a.) Är gasen enatomig, tvåatomig eller fleratomig?
(b.) Vad är motorns effektivitet?



$\begin{cases} C_V = \left(\frac{f}{2}\right)R \quad , \quad f = 3 \Rightarrow \text{Mono} \, , \; f = 5 \Rightarrow \text{diatomisk} \\ \text{för } B \to C \;\&\; D \to A \text{ gäller } pV^{\gamma} = \text{konstant} \\ \text{men } \gamma = C_P/C_V \end{cases}$

(a.) $A \to D$ ger $\cancel{P_0}(2V_0)^{\gamma} = \frac{\cancel{P_0}}{32}(16V_0)^{\gamma} \Rightarrow \left(\frac{2V_0}{16V_0}\right)^{\gamma} = \frac{1}{32} \Leftrightarrow \left(\frac{1}{8}\right)^{\alpha} = \frac{1}{32}$

$\Rightarrow \alpha \ln\left(\frac{1}{8}\right) = \ln\left(\frac{1}{32}\right) \Leftrightarrow \alpha = \frac{\ln 32}{\ln 8} = \frac{5}{3}$

$\therefore \frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3} \Leftrightarrow \frac{\frac{f}{2}R + R}{\frac{f}{2}R} = \frac{5}{3} \Leftrightarrow \frac{\frac{f}{2}+1}{\frac{f}{2}} = \frac{5}{3} \Leftrightarrow \frac{f}{2}+1 = \frac{5f}{6} \Leftrightarrow \frac{f\,2}{6} = 1$

$\Rightarrow f = 3$ $\therefore$ Monoatomisk

(b.) $\varepsilon = \left|\frac{Q}{W}\right|$, $Q = C_P\, n\, \Delta T$

T_A : $T_A = \frac{P_0 V_0}{nR}$, $T_B = \frac{P_0\, 2V_0}{nR} \Rightarrow \Delta T = \frac{P_0 V_0}{nR}$

6 En kylmaskins elektriska motor överför värmeenergi från utomhus vid -10°C till ett rum på 17°C. Anta att det är en Carnotmotor, hur mycket energi överförs till rummet för varje joule av elektrisk energi som förbrukas.

Vi antar att det är en Carnotmaskin

"För varje J av elektrisk energi som förbrukas" = $W = 1\,J$

$$K = \left|\frac{Q_L}{W}\right| \Rightarrow |Q_L| = KW = \left\{ K = \frac{T_L}{T_H - T_L} \right\} = \frac{T_L}{T_H - T_L} W = \frac{(273-10)K}{((273+17)-(273-10))K} \cdot 1\,J =$$

$$= \frac{263}{27} \cdot 1\,J = 9{,}746\,J$$

Svar: 9,7 J / J i elektrisk energi

---

4 En motor i en kylmaskin har effekten $P = 200\,W$. Om $T_L = 260\,K$ & $T_H = 300\,K$. Anta att det är en Carnotmaskin, vad är maximala energiöverföringen under 15 min

$$\left.\begin{array}{l} K = \dfrac{T_L}{T_H - T_L} = \dfrac{260}{40} = 6{,}5 \\ W = P\,\Delta t = 200\,W \cdot 15 \cdot 60\,s \end{array}\right\} Q = 6.5 \cdot 15 \cdot 60\,s \cdot 200\,W = 1{,}17\,MJ$$

Svar: Den maximala värmeöverföringen blir 1,17 MJ.

---

38 En Carnot-motor absorberar 52 kJ som värme & bortför 30 kJ som värme i varje cykel. Beräkna

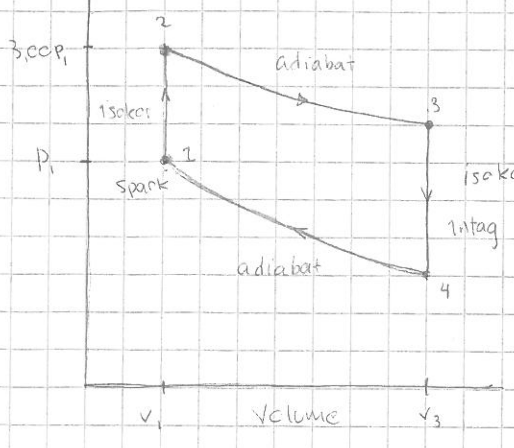
(a.) Motorns effektivitet, (b.) W/cycle i kJ

Carnot ⇒ / 1 H.S / ⇒ $Q = \Delta E_{int} + W = \{\Delta E_{int} = 0\} = W = (52-30)\,kJ = 22\,kJ$

$$\varepsilon = \left|\frac{W}{Q_H}\right| = \frac{22\,kJ}{52\,kJ} = 0{,}4230 \approx 42\%$$

Svar: (a.) $\varepsilon = 42\%$, (b.) 22 kJ / cykel

37



Bilden visar en förbränningsmotor. Volym $V_3 = 4.00V_1$. Antag att intagsluften är en ideal gas med $\gamma = 1.30$. Vad blir

(a.) T_2/T_1 (b.) T_3/T_1 (c.) T_4/T_1 (d.) p_3/p_1
(e.) p_4/p_1 (f.) ϵ

- För adiabater gäller pV^{γ} = konstant vilket ger: Hittar vi trycket p_3 & p_4 kan vi då lösa ut T_1, T_2, T_3 & T_4

- För adiabater gäller även $TV^{\gamma-1}$ = konstant

AGL ger situationen för isokora processer

$$\left.\begin{aligned} p_1 V_1 &= nRT_1 \\ 3p_1 V_1 &= nRT_2 \end{aligned}\right\} \frac{T_2}{T_1} = \frac{3p_1V_1}{p_1V_1} = 3.00$$ Svar i a

$$T_3 V_3^{\gamma-1} = T_2 V_1^{\gamma-1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_3} = 4^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = T_3 4^{\gamma-1}$$

insatt i a $\Rightarrow$ $$\frac{T_3 4^{\gamma-1}}{T_1} = 3.00 \Rightarrow \frac{T_3}{T_1} = \frac{3.00}{4^{0.30}} = 1,98$$

$$T_4 V_3^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1} \Leftrightarrow \frac{T_4}{T_1} = \left(4^{\gamma-1}\right)^{-1} = \left(4^{0.30}\right)^{-1} = 0,660$$

För adiabaterna har vi $p_3 V_3^{\gamma} = p_2 V_1^{\gamma}$ $p_4 V_3^{\gamma} = p_1 V_1^{\gamma}$
För isokorerna har vi $p_2 = 3,00p_1$

$$p_3 = p_2\left(\frac{V_1}{V_3}\right)^{\gamma} = p_2\left(\frac{1}{4}\right)^{\gamma} = 3p_1\left(\frac{1}{4}\right)^{\gamma} \Rightarrow \frac{p_3}{p_1} = 3\cdot\left(\frac{1}{4}\right)^{\gamma} = 0,495$$

$$p_4 = p_1\left(\frac{V_1}{V_3}\right)^{\gamma} \Rightarrow \frac{p_4}{p_1} = \left(\frac{1}{4}\right)^{\gamma} = 0,165$$

$$\epsilon = 1 - \left|\frac{Q_{12}}{Q_{34}}\right| = 1 - \left|\frac{C_p n \Delta T_{12}}{C_p n \Delta T_{34}}\right| = 1 - \left|\frac{\Delta T_{12}}{\Delta T_{34}}\right| = 1 - \frac{1}{4^{0.30}} = 1 - 0.66 = 0.34$$

$$\left.\begin{aligned} \Delta T_{12} &= T_2 - T_1 = \frac{p_1V_1}{nR}(3-1) \\ \Delta T_{34} &= T_4 - T_3 = \frac{T_1}{4^{0.30}} - \frac{T_2}{4^{0.30}} = \frac{1}{4^{0.30}}\left(\frac{p_1V_1}{nR}(1-3)\right) \end{aligned}\right\} \frac{\Delta T_{12}}{\Delta T_{34}} = 4^{0.30}$$