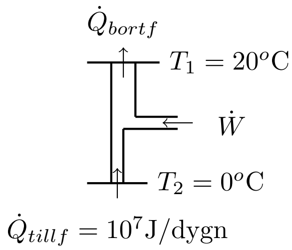
Tentamen 2021-06-02 fråga 5

Temperaturen i ett kylskåp ska vara 0.0°C, och rummet i vilket kylskåpet är placerat har temperaturen +20°C. Hur stor effekt måste vi tillföra kylmaskinen, om denna är en ideal carnotmaskin och det per dygn läcker in 10^7 J värme i kylskåpet.

Givet		Sökt
T_1	$= 293^o$K	$\dot{W}$
T_2	$= 273^o$K	
$\dot{Q}$	$= 10^7$ J/dygn	



$\dot{Q}_{tillf}$ = 107J/dygn, vilket blir $10^7/(24 \cdot 3600)$W. Carnotmaskinen arbetar såsom kylmaskin. Vi vet att den teoretiska verkningsgraden η_c för Carnotmaskin såsom värmemotor härletts från uttrycket för den den teoretiska verkningsgraden eta_t i det allmänna fallet

$$\eta_t = \frac{q_{tillf} - |q_{bortf}|}{q_{tillf}} = \frac{w}{q_{tillf}} \quad (1)$$

$$\eta_c = 1 - \frac{T_1}{T_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2} \quad (2)$$

och i boken väljer man T_1 som den lägre temperaturen när man avhandlar värmemotorer men konventionen i boken är tvärtom för kylmaskiner för då definierar man T_1 som den högre temperaturen och därför har vi valt variabelbeteckningarna som vi har gjort. Men vi har nu en kylmaskin och för en sådan definieras den s.k. köldfaktorn istället för verkningsgraden.

$$\epsilon_t = \frac{q_{tillf}}{|q_{bortf}| - q_{tillf}} \quad (3)$$

$$= \frac{q_{tillf}}{w} \quad (4)$$

Observera att för värmemotorn gäller

$$w = q_{tillf} - |q_{bortf}| \quad (5)$$

men för kylmaskinen gäller

$$w = |q_{bortf}| - q_{tillf} \quad (6)$$

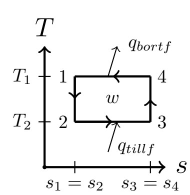
Från det utritade kanalernas bredder så ser man att ekvation (6) stämmer med vad som ritats ut

$$w + q_{tillf} = |q_{bortf}|$$

På samma sätt så måste man för att rita korrekt schematisk figur för en värmemotor så måste det då ur ritningen framgå ur de utritade bredderna på kanalerna att

$$w + |q_{bortf}| = q_{tillf}$$

Vi vill beräkna carnotködfaktorn och sätta det värdet lika med ekvation (3) men formeln finns inte i formelsamlingen så vi måste göra härledningen enligt boken på sidan 317. För en Carnot kylmaskin har vi följande T-s diagram



Vi ska nu teckna ϵ_c

$$\epsilon_c = \frac{q_{tillf}}{|q_{bortf}| - q_{tillf}} = \frac{T_2 \cdot (s_3 - s_1)}{T_1 \cdot (s_3 - s_1) - T_2 \cdot (s_3 - s_1)} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad (7)$$

Vilket för vårat fall blir

$$\epsilon_c = \frac{273}{293 - 273} \tag{8}$$

Kvoten mellan flödena av q_{tillf} och w måste ge samma kvot utan tidsderivering

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= \frac{\dot{q}_{tillf}}{\dot{w}} \qquad (9)\\ &= \frac{\dot{Q}_{tillf}}{\dot{W}} \qquad (10)\end{aligned}$$

Vi sätter nu (10) och (8) lika med varandra

$$\begin{aligned}\frac{T_2}{T_1 - T_2} &= \frac{\dot{Q}_{tillf}}{\dot{W}}\\ \dot{W} &= \frac{\dot{Q}_{tillf} \cdot (T_1 - T_2)}{T_2}\\ &= \frac{10^7}{24 \cdot 3600} \cdot \frac{293 - 273}{273}\\ &= 8.479175146\text{W}\end{aligned}$$

Detta ska avrundas till två värdesiffror eftersom minsta antalet värdesiffror i problemformuleringen ges av 0.0 so har två värdesiffror och 20 som antingen har två eller 1 värdesiffra. 0.0 har två värdesiffror i enligt regeln *"nollan i slutet räknas eftersom den kommer efter ett decimalkomma och det finns andra värdesiffror före decimalkommat"* [1] Således måste vi tillföra effekten 8.5 W.

[1]`https://web.archive.org/web/20220514213530/https://grundskoleboken.se/wiki/Avrundning`