

[H14] Wärmepumpe

(4 Punkte)

Eine Wärmepumpe kann ein Gebäude heizen, indem sie einer externen Quelle (etwa der Außenluft) Wärme entzieht. Dadurch kann eine Wärmepumpe effizienter arbeiten als herkömmliche Heizungen. Sei τ_i die Temperatur innerhalb eines geheizten Gebäudes, und sei τ_o die Temperatur des Reservoirs (der Wärmequelle), welchem die Pumpe Wärme entzieht.

- (a) Nehmen Sie an, die Temperatur der Wärmequelle sei kleiner als die Temperatur im Gebäude, also $\tau_o < \tau_i$. Wie groß ist die Arbeit, welche die Pumpe je im Gebäude abgegebener Wärmeeinheit mindestens leisten muss, als Funktion von τ_i und τ_o ?
- (b) Nehmen Sie an, die Elektrizität für eine optimale Wärmepumpe werde durch eine Carnot-Maschine erzeugt, welche zwischen den Temperaturen τ_o und $\tau_h > \tau_o$ arbeitet. Wie groß ist das Verhältnis Q_h/Q_i zwischen der bei Temperatur τ_h entzogenen Wärmemenge Q_h im Elektrizitätswerk und der bei τ_i abgegebenen Wärmemenge Q_i im geheizten Gebäude? Vernachlässigen Sie Übertragungsverluste. Berechnen Sie das Verhältnis für den Fall $\tau_h/k_B = 600$ K, $\tau_i/k_B = 300$ K und $\tau_o/k_B = 270$ K.

[H15] Klimaanlage

(4 Punkte)

Eine (idealisierte) Klimaanlage realisiert einen Carnot-Zyklus zwischen einer Außentemperatur τ_o (Wärmeabgabeseite) und einer Zimmertemperatur $\tau_i < \tau_o$ (Wärmeaufnahme-seite). Da das Zimmer nicht perfekt isoliert ist, nimmt es mit einer konstanten Rate $A(\tau_o - \tau_i)$ Wärme von außen auf. Bestimmen Sie die Gleichgewichtstemperatur τ_i im Zimmer als Funktion der Außentemperatur τ_o und der Leistung P der Klimaanlage.

Bitte wenden

[H16] Entropieabnahme der Erde

(4 Punkte)

- (a) In [P19] haben wir den Energiefluss der von der Sonne auf die Erde treffenden Strahlung berechnet. Die Erde emittiert denselben Energiefluss als thermische Strahlung. Bestimmen Sie die minimale Rate, mit welcher die Entropie der Erde durch diesen Prozess zunehmen kann, als Funktion der Oberflächentemperatur τ_E der Erde, der Oberflächentemperatur τ_S der Sonne, und der von der Sonne empfangenen Leistung P . Die minimale Rate ist negativ, die Erde kann ihre Entropie in diesem Prozess also verringern. Diese Tatsache macht Selbstorganisation und Leben auf der Erde möglich.
- (b) In der Informationstheorie ist die Entropie ein Maß für den Mangel an bekannter Information über ein System. In diesem Zusammenhang ist die Entropie üblicherweise durch den Logarithmus zur Basis 2 der Anzahl zugänglicher Zustände definiert, und nicht durch den Logarithmus Naturalis. Berechnen Sie die Rate, mit welcher durch den Prozess in (a) Information über die Erde gewonnen werden kann. Schreiben Sie die Rate in Tb/s (Terabits pro Sekunde, $1 \text{ Tb} = 10^{12} \text{ bits}$). Nehmen Sie an, dass die von der Sonne empfangene Leistung $P \simeq 1,82 \cdot 10^{17} \text{ W}$ beträgt.