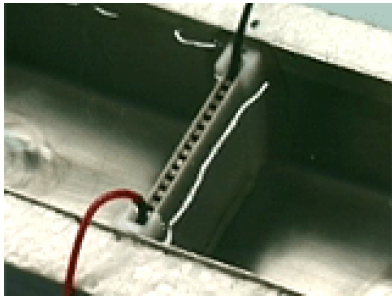
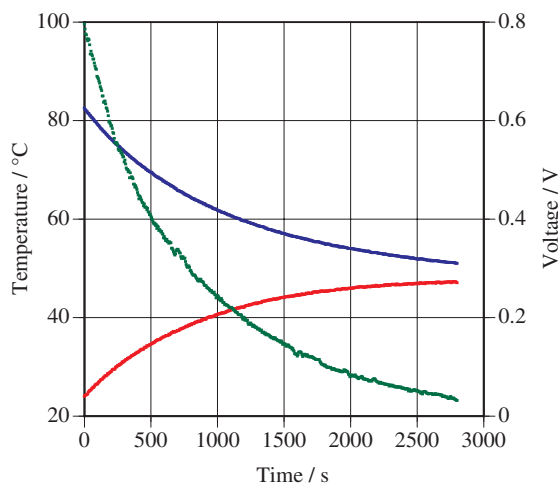


PHYSICS EXAM

Ein Peltierelement befindet sich als Trennwand zwischen zwei Kammern in einem isolierten Tank. In die linke Kammer wird heisses Wasser eingefüllt, rechts kaltes (je 0.5 kg). Beide Wassermengen werden mechanisch umgerührt. Ein Widerstandselement wird an die Kabel des Peltierelements angeschlossen. Der Deckel wird geschlossen.



Die Temperaturen der beiden Wassermengen und die elektrische Spannung über dem Widerstand werden gemessen.



Die Charakteristik des elektrischen Widerstandslementes wurde durch 6 Messungen bestimmt:

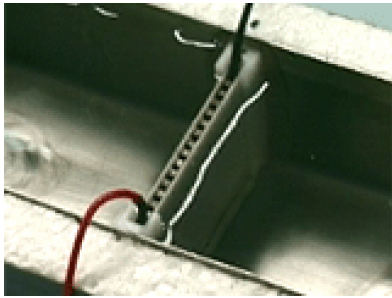
Table 1: Resistor Characteristic

I_Q / A	U_R / V
0.058	0.074
0.098	0.122
0.204	0.255
0.337	0.424
0.518	0.659
0.753	0.984

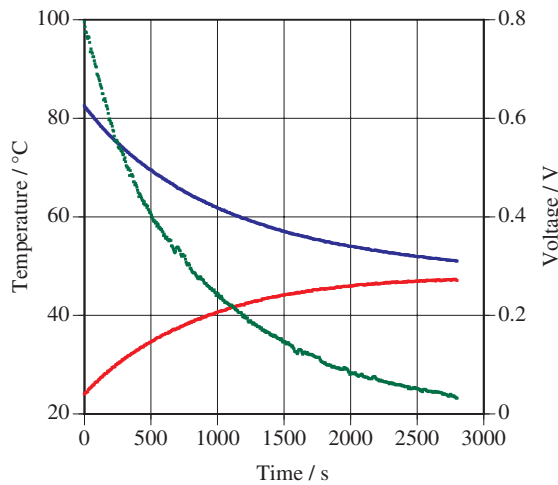
- Formulieren Sie die momentane Form der Entropiebilanz für das heisse Wasser. Begründung.
- Bestimmen Sie die Änderungsraten der Temperaturen gerade am Anfang (aus den Daten).
- Schätzen Sie den Entropiestrom durch das Peltierelement am Anfang ab ($t = 0$ s).
- Zeichnen Sie das charakteristische Diagramm für das elektrische Widerstandselement. Bestimmen Sie eine einfache Interpolationsfunktion für die Charakteristik.
- Bestimmen Sie für etwa 6 Punkte (500 s, 750 s, ..., 1750 s) die Temperaturdifferenz zwischen links und rechts und die elektrische Leistung des Peltierelements. Stellen Sie die Leistung in einer Grafik als Funktion des *Quadrates* der Temperaturdifferenz dar.
- Erklären Sie, warum man das Ergebnis in Aufgabe e erwarten sollte (d.h., interpretieren und erklären Sie, was man da erhalten hat).
- Wie gross ist die elektrische Leistung im Vergleich zur thermischen Leistung, die man bei der Temperaturdifferenz zwischen dem Wasser links und rechts ideal erwarten könnte? ($t = 0$ s.)

PHYSICS EXAM

A Peltier device serves as a separating wall between two chambers in an insulated container. Hot water is poured into the left chamber, cold water into the right one (0.50 kg each). The water is stirred mechanically. A resistor is connected to the cables of the Peltier device. The lid of the container is closed.



The temperatures of the two bodies of water and the voltage across the resistor are measured.



The characteristic relation of the resistor has been determined by six measurements:

Table 2: Resistor Characteristic

I_Q / A	U_R / V
0.058	0.074
0.098	0.122
0.204	0.255
0.337	0.424
0.518	0.659
0.753	0.984

- Formulate the instantaneous form of the law of balance of entropy of one of the bodies of water. Explain.
- Determine the rates of change of temperature of the bodies of water right at the beginning (at $t = 0$ s).
- Estimate the entropy current through the Peltier device right at the beginning (at $t = 0$ s).
- Draw the characteristic diagram for the resistor. Determine a simple interpolating function for the characteristic relation.
- Determine the temperature difference between left and right and the electric power of the Peltier device for about 6 points (500 s, 750 s, ..., 1750 s). Graphically represent the power as a function of the *square* of the temperature difference.
- Explain why we should expect the result of problem e (i.e., interpret and explain what you obtained).
- Compare the electric power to the ideal thermal power we should expect for the temperature difference between the right and the left sides (for $t = 0$ s).

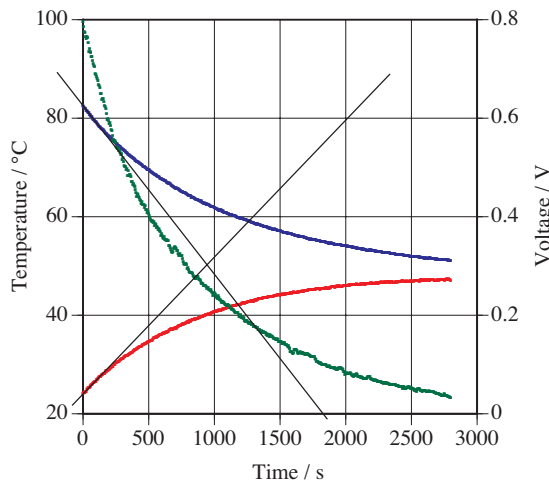
SOLUTIONS

a. Balance of entropy for the (hot) water:

$$\dot{S}_1 = -I_{S,Peltier} - I_{S,loss} + \dot{I}_S$$

$I_{S,Peltier}$: entropy current through Peltier device;
 $I_{S,loss}$: entropy current through insulation to environment;
 \dot{I}_S : entropy production rate due to mixer.

b.



Slope of tangents to the temperature curves at $t = 0$ s:
 $dT/dt_1 = -0.034$ K/s, $dT/dt_2 = 0.029$ K/s

c. Take balance of entropy of hot water, neglect entropy loss and entropy production rate:

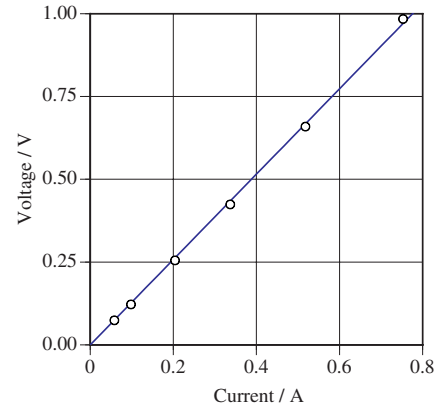
$$\dot{S}_1 = -I_{S,Peltier}$$

$$\dot{S}_1 = mk_S \dot{T}_1, \quad k_S = \frac{c_W}{T}$$

$$I_{S,Peltier} = -m \frac{c_W}{T} \dot{T}$$

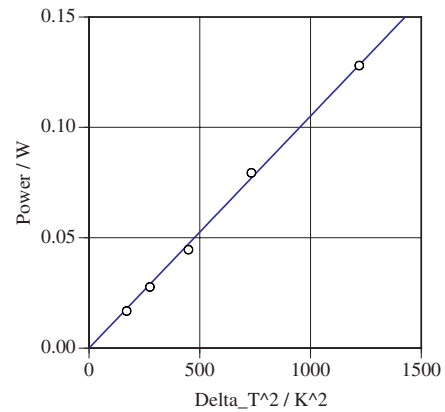
$$= 0.50 \frac{4200}{273 + 83} \cdot 0.034 \frac{W}{K} = 0.20 \frac{W}{K}$$

d.



$$UR(I_Q) = 1.29 \cdot I_Q$$

e. Relation between electric power and $(\Delta T)^2$:



f. If we assume the electric power to be a fixed fraction of the thermal power, we should get a linear relation. The thermal power is $\Delta T \cdot I_S$, and I_S is proportional to ΔT .

g.

$$P_{th} = \Delta T I_S = 59K \cdot 0.20 \frac{W}{K} = 12W$$

$$P_{el} = U I_Q = \frac{1}{R} U^2 = \frac{0.79^2}{1.28} W = 0.50W$$

The efficiency of the device is about 4%.