Vorbemerkung

Dies ist ein korrigierter Übungszettel aus dem Modul physik211.

Dieser Übungszettel wurde von einem Tutor korrigiert. *Dies bedeutet jedoch nicht, dass es sich um eine Musterlösung handelt. Weder ich, noch der Tutor implizieren, dass dieses Dokument keine Fehler enthält.*

Alle Übungszettel zu diesem Modul können auf http://martin-ueding.de/de/university/bsc_physics/physik211/ gefunden werden.

Sofern im Dokuments nichts anderes angegeben ist: Dieses Werk von Martin Ueding ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.

[disclaimer]

physik210 Übung 3

Gruppe ~~3~~ 2
Tutor: Tobias Guttenberger

Martin Ueding
mu@uni-bonn.de

Christoph Hansen

24. April 2012

1 Wärmekapazität

1a Fenster

Für das Doppelglas muss man die einzelnen Leitfähigkeiten invers addieren:

$$U_{\text{ges}}^{-1} = \frac{4\,\text{mm}}{\lambda_{\text{Glas}}} + \frac{5\,\text{mm}}{\lambda_{\text{Luft}}} + \frac{4\,\text{mm}}{\lambda_{\text{Glas}}} = 0.21\,\text{m}^2\cdot\text{K/W}$$

Somit gilt für das Doppelglas:

$$U_{\text{Doppelglas}} = 4.76\,\text{W/m}^2\cdot\text{K}$$ ✓ +1

Für die einzelne Scheibe gilt:

$$U_{\text{Einzelglas}} = 1266.67\,\text{W/m}^2\cdot\text{K}$$ ✓ +1

1b Wand

Für die Wand alleine gilt:

$$U_{\text{Wand}} = \frac{\lambda_{\text{Hohlziegel}}}{30\,\text{cm}} = 2.67\,\text{W/m}^2\cdot\text{K}$$ ✓ +1

Zusammen mit der Isolierung gilt, analog zu den Fenstern:

$$U_{\text{ges}}^{-1} = \frac{30\,\text{cm}}{\lambda_{\text{Hohlziegel}}} + \frac{20\,\text{mm}}{\lambda_{\text{Isolierung}}} = 0.775\,\text{m}^2\cdot\text{K/W}$$

Invertiert also:

$$U_{\text{ges}} = 1.29\,\text{W/m}^2\cdot\text{K}$$ ✓ +1

Fazit

Sei $\epsilon = \frac{A_F}{A_M}$ das Verhältnis der Fensterfläche zur Mauerfläche.

Dann gilt für die Summe:

$$G = U_{\text{Doppelfenster}} A_F + U_{\text{Wand}} A_M$$

Sowie:

$$G = U_{\text{Einzelfenster}} A_F + U_{\text{Isolierung}} A_M$$

Gleichsetzen der beiden Gleichungen über G und ersetzen von A_F durch ϵA_M ergibt:

$$\epsilon = \frac{U_{\text{Isolierung}} - U_{\text{Wand}}}{U_{\text{Doppelfenster}} - U_{\text{Einzelfenster}}} \approx \text{0.00109358}$$ 0,01132 ✓ +1

Somit lohnt sich die Fensterisolierung nur, wenn man mehr als etwa $\epsilon \approx$ 0.1 % der Fläche Fenster hat. Oder andersherum sind es:

$$\epsilon^{-1} \approx \text{914.428}$$ 88,3

(5)

realistische Antwort

Leider führt eine Dämmung dazu, dass sich Kondenzwasser zwischen Dämmung und der Wand bildet, daher kann es sein, dass das Gebäude schnell baufällig wird. Daher sollte man lieber zuerst die Fenster isolieren. Wobei undichte Fenster den Vorteil haben, dass sie kontinuierlich die Luft austauschen und somit gegen Schimmel innerhalb der Räume wirken.) sin.

Fenster sollten immer der höher Wärme austausch haben, damit das Wasser um das Glas kondensiert, statt an den Wänden.

2 Barometrische Höhenformel

Da eine stabile Verteilung herrscht, muss der Nettostrom gleich Null sein:

$$j = j_{\text{sink}} + j_{\text{diff}} = 0$$

Die Sinkgeschwindigkeit ist $\vec{v} = \mu \vec{G}$ gegeben. Dies ergibt einen Sinkstrom von $j_{\text{sink}} = -\mu m g n(h)$.

Die Diffusion hängt allerdings vom Gradienten der Verteilung $n(h)$ ab. Somit ergibt sich für den Diffusionsstrom:

$$j_{\text{diff}} = -D \frac{\mathrm{d}n(h)}{\mathrm{d}h}$$ ✓

Die Differentialgleichung lautet also:

$$-\mu m g n(h) - D \frac{\mathrm{d}n(h)}{\mathrm{d}h} = 0$$

Gelöst wird dies durch:

$$n(h) = n_0 \exp\left(-\frac{\mu m g h}{D}\right)$$ ✓

Der Vergleich mit der Höhenformel liefert:

$$\frac{\mu}{D} = \frac{1}{kT}$$

Also:

$$D = \mu k T$$ ✓

(6)

3 Spezifische Wärmekäpazität

Zuerst berechne ich die Volumina der beiden Stoffe:

$$V_1 = \frac{m}{\rho_1} = 100\,\mathrm{ml}$$

$$V_2 = \frac{m}{\rho_2} = 125\,\mathrm{ml}$$

Die Summe ist:

$$\Sigma V = 225\,\mathrm{ml}$$

Das Volumen des Produkts berechnet sich analog:

$$V_3 = \frac{2m}{\rho_3} = 210.526\,\mathrm{ml}$$

Der Luftdruck hat also eine Volumenarbeit geleistet:

$$W = p\Delta V = 1\,\mathrm{atm} \cdot 14.4737\,\mathrm{ml} = 1.46908\,\mathrm{J}$$ ✓

Die abgegebene Wärme berechnet sich aus der neuen Wärmekapazität:

$$\Delta Q = c_p 2m\Delta T = -3762\,\mathrm{J}$$ ✓

Die Volumenarbeit ist in das Material über gegangen, die Wärme wurde abgegeben. Somit ist die innere Energie um ein großes Stück gesunken und um ein kleines gestiegen. Zusammen gilt also:

$$\Delta U = \Delta Q + W = -3760.53\,\mathrm{J}$$ (V) (4)

4 Ottomotor

4a Zyklen

adiabatische Kompression Zum einen gilt die Gasgleichung:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$ p-V-Diagramm!

Zum anderen gilt die Adiabatengleichung:

$$p_1 V_1^k = p_2 V_2^k$$

Außerdem ist gegeben, dass $\epsilon V_2 = V_1$. Zusammen kann man p_2 und T_2 errechnen, siehe Tabelle.

isochore Druckerhöhung Da das Volumen konstant bleibt, gilt schlicht:

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3}$$

Damit lässt sich p_3 bestimmen, siehe Tabelle.

adiabatische Expansion Hier gilt wie oben auch:

$$\frac{p_3 V_3}{T_3} = \frac{p_4 V_4}{T_4}$$

Sowie:

$$p_3 V_3^k = p_4 V_4^k$$

Damit lässt sich p_4 und T_4 bestimmen, das Ergebnis ist unten in der Tabelle.

isochore Druckerniedriegung Auf Grund des konstanten Volumens gilt:

$$\frac{p_4}{T_4} = \frac{p_1}{T_1}$$

Damit lässt sich p_1 kontrollieren, es ist genau der gegebene Anfangswert.

Hier alle Werte im Überblick:

Teil	Druck	Volumen	Temperatur
1	1 Bar	1.5 dm^3	303 K
2	18.3792 Bar	0.18750 dm^3	696.111 K
3	52.0924 Bar	0.18750 dm^3	1973 K
4	2.83432 Bar	1.5 dm^3	858.798 K

+2

4b Druckarbeit

Die Druckarbeit bei einem solchen Prozess lässt sich durch Integrieren entlang der Adiabaten bestimmen:

$$W_{1,2} = \int_{V_1}^{V_2} p\,\mathrm{d}V = \int_{V_1}^{V_2} \frac{p_1}{V_1^k} V^k\,\mathrm{d}V = -0.620749\,\mathrm{bar}\cdot\mathrm{dm}^3 = -62.0749\,\mathrm{J}$$

Analog für den Rückweg:

$$W_{3,4} = \int_{V_3}^{V_4} p\,\mathrm{d}V = \int_{V_3}^{V_4} \frac{p_3}{V_3^k} V^k\,\mathrm{d}V = 594.315\,\mathrm{bar}\cdot\mathrm{dm}^3 = 59431.5\,\mathrm{J}$$

Zusammen sind das $W = 59369.4\,\mathrm{J}$.

Bei einer Frequenz von $f = 4500\,{}^1/_{\mathrm{min}}$ sind dies

$$P = Wf = 4.45271 \cdot 10^6\,\mathrm{W}.$$

Für ein Auto wäre dies durchaus üppig.

4c Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad einer Carnot-Maschine mit den Temperaturen T_1 und T_3 ist:

$$\eta_C = \cancel{1 - \frac{T_3}{T_1}} \quad 1 - \frac{T_1}{T_3} \approx 0{,}846$$

Für den Ottomotor gilt:

$$\eta_M = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\kappa-1}} \approx 0.56472$$

4

1	5
2	6
3	4
4	4
Σ	19