



Integrierter Kurs Physik III

Exp.-Teil, Optik und Thermodynamik

WS 10/11

Prof. G. Maret, Dr. P. Keim

Übungsblatt Nr. 13,

Ausgabedatum: 31.01.2010

Abgabedatum: Mo 07.02.2011 in der Vorlesung

Besprechung: Mi 09.02.2011 in den Übungsgruppen

Aufgabe 39: Wärmeleitung

Betrachten Sie die Erdoberfläche als ebene Trennfläche $z = 0$ eines Halbraumes. Die Oberflächentemperatur sei durch die Amplitude A und eine Frequenz $\bar{\omega}$ beschrieben: $T(z = 0; t) = A \cdot \cos(\bar{\omega}t)$. Als repräsentativer Wert für die Temperaturleitzahl des Bodens wird $D = 4 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$ gewählt. Die Temperaturverteilung genüge der eindimensionalen Diffusionsgleichung der Wärmeleitung: $\partial_t T(z; t) = D \partial_z^2 T(z, t)$

- a) Die Amplitude für die Temperaturschwankung im Laufe eines Jahres ist etwa $A = \pm 10^\circ\text{C}$: Berechnen Sie $T(z, t)$ und zeichnen Sie die Temperatur als Funktion der Tiefe z (in Meter) für Zeiten im Abstand Δt von einem Monat. Wie tief muss ein Weinkeller angelegt werden, wenn nur Temperaturschwankungen kleiner als 2°C zugelassen sind? Das Temperaturminimum auf der Oberfläche sei im Februar erreicht; wann liegt im Weinkeller die tiefste Temperatur vor? *Hinweis:* Verwenden Sie den Ansatz

$$T(z, t) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d\omega}{2\pi} e^{-i\omega t} \tilde{T}(z, \omega)$$

wobei für $z = 0$ die Dirac- δ Darstellung $\int_{-\infty}^{\infty} e^{ixy} dx = 2\pi\delta(y)$ benötigt wird.

- b) Die tägliche Temperaturschwankung sei ebenfalls durch eine Amplitude von $A = 10^\circ\text{C}$ beschrieben. Welche Dicke d muss die Bodenschicht jetzt haben, damit die Temperaturschwankung ebenfalls nur 2°C ist? Um wie viele Stunden ist das Temperaturminimum in dieser Tiefe nun gegenüber der Oberfläche verschoben?

Aufgabe 40: Die Entropie als totales Differential

Damit $df = udx + vdy$ ein vollständiges Differential darstellt, also eine Funktion $f(x, y)$ existiert, die eine Zustandsgröße im Raum der Parameter x und y beschreibt, muss $\partial u/\partial y = \partial v/\partial x$ gelten.

- a) Für einen reversiblen Prozess eines idealen Gases wird gemäß Energieerhaltung die Energie als Summe aus hinzugefügter Wärme Q und geleisteter Arbeit pdV angesetzt.

$$dU = \delta Q - p dV$$

Die Ableitung $\partial U(T, V)/\partial T = C_V$ ist die Wärmekapazität bei konstantem Volumen (die fürs ideale Gas nicht vom Volumen abhängt). Zeigen Sie durch Einsetzen der Zustandsgleichung des idealen Gases, dass δQ kein totales Differential darstellt, also keine zustandsbezogene Funktion $Q(T, V)$ existiert.

- b) Leiten Sie die Größe $dS := \delta Q/T$ her und zeigen Sie, dass dies ein vollständiges Differential in T und V ist. Bilden Sie die Stammfunktion $S(T, V)$ für die Zustandsgröße Entropie.

Aufgabe 41: Kreisprozess Ottomotor (schriftlich)

Sie haben in ihrer Physikvorlesung den Carnotschen Kreisprozess kennengelernt und wollen nun ihre eigene Maschine bauen. Sie informieren sich noch einmal über den Carnotprozess und dessen Wirkungsgrad um ihn mit anderen Maschinen zu vergleichen.

- a) Welche Bedingungen müssen die Wärmebäder mit den Temperaturen T_1 und T_2 erfüllen um den Wirkungsgrad des Carnotprozesses zu erhöhen. Ist es möglich einen Wirkungsgrad $\eta = 1$ zu erreichen. Begründen sie ihre Aussage.
- b) Sie entschließen sich einen Ottomotor zu bauen. Erklären sie den prinzipiellen Aufbau und zeichnen sie die Arbeitsschritte in ein p - V -Diagramm ein. Wie unterscheidet sich dieser Prozeß vom Carnot Prozess.
- c) Berechnen sie nun zu jedem Arbeitsschritt die verrichtete Arbeit, sowie die Änderung der Wärme. Nutzen sie ihre Ergebnisse um eine einfache Formel des Wirkungsgrades des Ottomotors aufzustellen. Gehen sie bei ihrer Betrachtung davon aus, dass sie den Ottomotor mit einem idealen Gas betreiben.
- d) Gehen sie davon aus, dass es möglich ist ein Volumenverhältnis von 1:10 zu erreichen und errechnen sie den damit zu erreichenden Wirkungsgrad. Wieso erreichen sie in der Realität einen kleineren Wirkungsgrad?

6 Punkte