

0. Übungsblatt zu Physik B2

Prof. Dr. Thomas Weis

SS 2017

Abgabe in der Vorlesung

Ausgabe: Do, 13.04.17

Abgabe: Do, 20.04.17

Aufgabe 1: Die Bieraufgabe

Der Inhalt einer Flasche Bier (0,5 l) hat einen Brennwert (vom menschlichen Körper verwertbare, chemische Energie) von 250 kcal (kcal = Kilokalorien). Die spezifische Wärmekapazität und die Dichte von Bier entsprechen in etwa der des Wassers. Nehmen Sie daher für alle Aufgabenteile als spezifische Wärmekapazität den Wert $c_{\text{Wasser}} = 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ an. Die Dichte von Wasser beträgt $\rho = 1 \text{ kg/l}$.

- Eine Kalorie (cal) ist eine alte Einheit für die Wärmemenge. Sie ist definiert als die Wärmemenge, die benötigt wird, um ein Gramm Wasser von $14,5^\circ \text{C}$ auf $15,5^\circ \text{C}$ bei Normaldruck ($p = 1013 \text{ mbar}$) zu erhitzen. Rechnen Sie mit dieser Angabe den Brennwert einer Halbliter-Flasche Bier von Kilokalorien (kcal) in die Einheit Joule (J) um.
- Der Leistungsbedarf eines nichtstuenden Durchschnittsbürgers beträgt im Tagesmittel 100 Watt. Wie viele Halbliter-Flaschen Bier muss er pro Tag trinken, um seinen Energiebedarf zu decken? Hinweis : Beachten Sie, dass 100 Watt einem Energiebedarf von 100 Joule pro Sekunde entspricht. Rechnen Sie sich so den Energiebedarf pro Tag aus.
- Ganz schlaue Trinker behaupten, man müsse nur auf etwa 4°C gekühltes Bier trinken, um abzunehmen. Dem Körper würde durch das Aufwärmen des Bieres im Magen auf die Körpertemperatur von 37°C mehr Wärme entzogen, als der über den Brennwert des Bieres zugeführten Energie entspricht. Kann das stimmen? Berechnen Sie hierfür das Verhältnis von dem Körper entzogener Wärme und dem Brennwert des Bieres.

Aufgabe 2: Erhitzen und Verdampfen

Wie viel Wasser verdampft, wenn Sie 6 kg glühende Stahlschrauben mit einer Temperatur von 1200°C in 3 kg Wasser mit einer Temperatur von 20°C tauchen? Die spezifische Wärmekapazität von Stahl betrage $c_{\text{Stahl}} = 0,50 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ und die Verdampfungswärme des Wassers sei durch $\mu_{\text{Wasser}} = 2257 \text{ kJ/kg}$ gegeben.

Aufgabe 3: Ideales Gas und kinetische Energie

In einem Ultrahoch-Hochvakuum, in dem nur molekularer Wasserstoff als stark verdünntes Gas vorliegt, herrsche ein Druck von $1,3 \cdot 10^{-11} \text{ mbar}$ und eine Temperatur von 200°C .

- Wie viele Moleküle befinden sich in einem 1 cm^3 großen Volumen dieses Vakuums?
- Mit welcher mittleren Geschwindigkeit $\langle v \rangle$ bewegen sich die Wasserstoffmoleküle?

Aufgabe 4: Mathematische Voraussetzungen

Es soll der Umgang mit den 3D Vektoroperatoren Gradient, Divergenz und Rotation, d.h.

$$\text{grad}(U) = \vec{\nabla}U = \begin{pmatrix} \partial_x U \\ \partial_y U \\ \partial_z U \end{pmatrix}, \quad (1)$$

$$\text{div}(\vec{E}) = \vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \partial_x E_x + \partial_y E_y + \partial_z E_z \quad \text{und} \quad (2)$$

$$\text{rot}(\vec{E}) = \vec{\nabla} \times \vec{E} = \begin{pmatrix} \partial_y E_z - \partial_z E_y \\ \partial_z E_x - \partial_x E_z \\ \partial_x E_y - \partial_y E_x \end{pmatrix} \quad (3)$$

geübt werden. Die Maxwell-Gleichungen werden in differentieller Form mit diesen Operatoren geschrieben. Es gelten die abgekürzten Schreibweisen

$$\partial_x = \frac{\partial}{\partial x}, \quad \partial_y = \frac{\partial}{\partial y} \quad \text{und} \quad \partial_z = \frac{\partial}{\partial z}. \quad (4)$$

- a) Machen Sie sich die Definitionen der Vektoroperatoren Gradient, Divergenz und Rotation mit Hilfe des Differentialoperators $\vec{\nabla}$ klar. Was bedeuten die Operationen anschaulich?
- b) Betrachten Sie das Skalarfeld (Potential)

$$U(x, y, z) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \quad (5)$$

Berechnen Sie den (negativen) Gradienten $\vec{E} = -\text{grad}(U(x, y, z))$ dieses Feldes. Welche physikalische Größe stellt dieses Feld dar?

- c) Berechnen Sie die Divergenz $\text{div}(\vec{E})$ sowie die Rotation $\text{rot}(\vec{E})$ für das Vektorfeld

$$\vec{E}(x, y, z) = E_0 \begin{pmatrix} x^2 y \\ z \cos(y) \\ x^2 + y^2 + z^2 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Beurteilen Sie zudem, ob es sich um ein konservatives Feld handelt.

- d) Berechnen Sie, wie im vorangegangenen Aufgabenteil, die Divergenz $\text{div}(\vec{E})$ sowie die Rotation $\text{rot}(\vec{E})$ für das Vektorfeld

$$\vec{E}(\vec{r}) = E_0 r^2 \frac{\vec{r}}{r} \quad (7)$$

Ist das Feld konservativ?