

# Übungen zur Physik PHY 117, Serie 4, HS 2011

Abgabe: Gruppen 5 bis 8: 15.11., Gruppen 1 bis 4: 22.11., jeweils 12.00 Uhr

---

## Aufgaben

Ein allgemeiner Hinweis zum Rechnen ohne Taschenrechner: Bestimmen Sie immer zuerst eine Beziehung zwischen den gegebenen Variablen (lösen Sie das Problem als Gleichung). Erst dann setzen Sie Zahlenwerte ein. Zur Vereinfachung von Rechnungen können Sie folgende Näherungen verwenden (alle diese Näherungen stimmen auf mindestens 2% Genauigkeit):  $\pi^2 = 10$ ;  $\sqrt{3} = 1.7$ ;  $\sqrt{2} = 1.4$ ;  $1/\sqrt{2} = 0.7$ ;  $\pi/2 = 1.6$ ;  $k_B T = 4pNnm$  (bei einer Temperatur von 293 K);  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ;

### 1. Energieerhaltung [4P]

Energieerhaltung kann auf praktische Weise benützt werden um physikalische Probleme zu lösen. Verwenden Sie Energieerhaltung um zwei Probleme, die wir uns in der Vorlesung angeschaut haben zu lösen.

a) Bestimmen Sie die Fallzeit eines Objekts das von einer Höhe  $h$  herunterfällt. Beim Loslassen ist das Objekt in Ruhe und hat nur potentielle Energie, beim Aufprall ist diese in kinetische übergegangen. Aus der Geschwindigkeit beim Aufprall und der Beschleunigung können Sie die Fallzeit bestimmen.

b) Wie weit fällt ein Bungee-Springer? Nehmen Sie an der Springer hat eine Masse von  $m = 100 \text{ kg}$  und das Gummiseil ist im nicht ausgezogenen Zustand  $L = 10 \text{ m}$  lang. Ausserdem hat das Seil eine Federkonstante von  $k = 100 \text{ N/m}$ . Um das Problem zu lösen betrachten Sie die Energien vor dem Sprung und bei der maximalen Auslenkung, wo das Seil um  $x$  ausgedehnt wird. Aufgrund der Energie-Erhaltung müssen diese gleich sein.

c) Wir haben in der Vorlesung ein Federpendel betrachtet. Dabei haben wir gesehen, dass die Frequenz des Pendels von der Federkonstante  $k$  und der Masse der Kugel  $m$  abhängt. Berechnen Sie für alle Zeiten die totale Energie des Pendels aus der Summe von kinetischer ( $mv^2/2$ ) und potentieller Energie ( $kx^2/2$ ). Setzen Sie dazu an, dass der Körper harmonisch schwingt, also die Position durch eine Cosinus-Funktion beschrieben wird:  $x(t) = x_0 \cdot \cos(\omega t)$ .

d) Fassen Sie die Terme aus c) in einen zeitabhängigen und einen zeitunabhängigen Term zusammen. Benützen Sie dazu, dass  $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ . Wenn die Energie zeitlich konstant sein muss wegen Energieerhaltung, was können wir dann aus dem zeitabhängigen Teil der Energie über die Kreisfrequenz der Oszillation lernen? Sehen Sie sich dazu insbesondere den Vorfaktor dieses Terms an.

### 2. Diffusion von Molekülen [5P]

(a) Wie gross ist die Diffusivität eines Moleküls? Erinnern Sie sich an die Einstein Beziehung,  $D = k_B T / f$ . Nehmen Sie an, das Molekül sei ein Stab, so dass die Mobilität durch  $\mu = 1/f = 1/(2\pi\eta L)$  gegeben ist, wobei  $\eta$  die Viskosität der Lösung ist (nehmen Sie an der Stoff diffundiere bei Raumtemperatur (20 °C) in Wasser,  $\eta = 1.00(1) \cdot 10^{-3} \text{ Pas}$ ) und  $L$  die Länge des Moleküls, nehmen Sie an  $L = 31.5(3) \text{ nm}$ .

(b) Bestimmen Sie den Fehler der in a) bestimmten Grösse.

(c) Es wird ja oft gesagt, dass die Diffusion dafür verantwortlich ist, dass es eine Weile dauert bis man am anderen Ende eines Raums eine geöffnete Parfumflasche riecht. Typischerweise riecht man nach spätestens einer Minute, dass die Flasche geöffnet wurde. Wie lange würde es eigentlich dauern bis ein Parfum-Molekül in Luft eine Strecke von 10 Metern diffundiert ist? Betrachten Sie dazu ein Molekül in einem Gas mit einer Diffusivität von  $16(1) \text{ mm}^2/\text{s}$  (das entspricht gerade Methan in Luft) und betrachten Sie wann die mittlere quadratische Abweichung des Teilchens  $\langle x^2 \rangle = 6Dt$  einem Abstand von 10 Metern entspricht.

(d) Wie lange hat das gleiche Molekül um eine Strecke von 500  $\mu\text{m}$  zurückzulegen? Die Diffusivität ist wieder  $16(1) \text{ mm}^2/\text{s}$ .

(e) Bestimmen Sie den Fehler der in c) und d) berechneten Werte.

### 3. Wechselwirkung zwischen Molekülen [4P]

Die Gesamtwechselwirkung von zwischenmolekularen Kräften wird oft durch das sogenannte Lennard-Jones Potential beschrieben. Hierbei ist die potentielle Energie zweier Moleküle niedriger Molmasse im Abstand  $r$  gegeben durch

$$E_{pot} = -\frac{M}{r^6} + \frac{N}{r^{12}} \text{ mit } M, N > 0$$

(a) Leiten Sie die Kräfte zwischen den Molekülen separat für die beiden Summanden dieser potentiellen Energie her. Welcher Term ist anziehend, welcher ist abstoßend?

(b) Bei welchem  $r_{min}$ , angegeben als Funktion von  $M$  und  $N$  befinden sich zwei Moleküle in der Gleichgewichtslage? Welche potentielle Energie haben die Teilchen bei diesem Abstand ( $r_{min}$ ), wenn sie bei unendlich grossem Abstand keine potentielle Energie haben?

(c) Skizzieren Sie in einem Graphen die potentielle Energie normiert auf den Betrag des Energieminimums,  $E_{pot}/E_{pot}^{min}$ , als Funktion von  $r/r_{min}$ .

(d) Bestimmen Sie den Fehler der unter b) bestimmten Werte ( $r_{min}$  und  $E_{pot}(r_{min})$ ) für den Fall, dass  $M$  und  $N$  je einen relativen Fehler von 1% haben.

---

## Multiple-Choice Aufgaben

### 1. ideales Gas - Typ A, 1P

Für ein ideales Gas (z.B. Helium in guter Näherung) ist der Energie-Inhalt direkt proportional zur Temperatur (ideales Gasgesetz). Wenn ein Helium Ballon bei einer Temperatur von  $2^\circ\text{C}$  soweit geheizt wird, dass er doppelt so viel Energie-Inhalt hat, bis zu welcher Temperatur muss man dann heizen?

- A 4 °C
- B 4 K
- C 278 K
- D 277 °C
- E 138 K

### 2. Impulserhaltung - Typ A, 1P

Was gilt bei einer direkten Kollision zwischen einer Möve mit einem Linienjet?

- A Der Impuls des Flugzeugs ist genau erhalten.
- B Die totale kinetische Energie bleibt konstant
- C Die Impulsänderung der Möve geteilt durch die Kollisionszeit ergibt die mittlere Kraft auf den Jet
- D Ohne Reibung wäre der Impuls des Flugzeugs erhalten
- E Der Gesamtimpuls ist gleich Null
- F keine der obigen Antworten

### 3. Energie - Typ B, 3P

Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- A Bei Prozessen mit Reibung wird Energie vernichtet
- B Die potentielle Energie einer gespannten Feder ist  $kx^2/2$
- C Die kinetische Energie einer Translationsbewegung ist  $mv/2$
- D Wärme ist eine Form von Energie

- E In einem abgeschlossenen System ist die Summe der potentiellen und der kinetischen Energie konstant, ausser es gibt Reibung oder andere nicht-konservative Kräfte
- F Eine Kraft ist durch das örtliche Integral der Energie gegeben

November 3, 2011