# Übungen zur Physik für Chemiker I WS20/21

Prof. Dr. M. Agio, L. Strauch

Übungsblatt 2 Lösung

Ausgabe: Mi, 18.11.2020

**Aufgabe 1.** *Kurzfragen*

(a) Zwei Kugeln befinden sich auf gleicher Höhe $h$. Die eine fällt genau vertikal nach unten, die andere wird horizontal angestoßen (horizontaler Wurf) und ihre Bahnkurve ist eine Wurfparabel mit dem Abwurfort als Scheitel. Welche Kugel ist schneller am Boden ? Antworten Sie in Worten.

(b) Ein mit Drall fliegendes Gewehrgeschoss (dient der Stabilisierung der Flugbahn) erzeugt eine Schraubenlinie. Nennen Sie die Bewegungsarten einer Schraubenlinie.

(c) Ein Echolot bestimmt die Meerestiefe durch einen kurzen Ton, dessen Echo nach $\Delta t = 1{,}4\,\mathrm{s}$ wieder an der Meeresoberfläche ankommt. Wie tief ist das Wasser, wenn die Schallgeschwindigkeit in Wasser $c = 1475\,\mathrm{m/s}$ beträgt ?

(d) Ein $300\,\mathrm{m}$ langer Zug überquert mit $72\,\mathrm{km/h}$ eine $200\,\mathrm{m}$ lange Brücke. Wie lange dauert es, bis der gesamte Zug die Brücke passiert hat ?

**Lösung 1.**

(a) Beide Kugeln treffen gleichzeitig auf dem Boden auf, da die Kugelbewegung der Kugel, die horizontal angestoßen wird, eine Überlagerung von einer gleichförmigen Bewegung in x-Richtung und einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung in y-Richtung ist. Nur die Bewegung in y-Richtung muss berücksichtigt werden, um die Zeit zu berechnen, die die Kugel braucht, um auf den Boden aufzutreffen.

(b) Die Bewegung des Gewehrgeschosses ist eine Überlagerung von mehreren Bewegungen. Einmal eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung (Geschoss fällt), dann eine gleichförmig geradlinige Bewegung in x-Richtung und eine Kreisbewegung durch den Drall.

(c) Für die Strecke $\Delta s$ zum Meeresboden benötigt der Schall genau die Hälfte der Zeit, also $\Delta t = 0{,}7\,\mathrm{s}$. Das Meer ist also $\Delta s = c \cdot \Delta t = 1475\,\mathrm{m/s} \cdot 0{,}7\,\mathrm{s} = 1032{,}5\,\mathrm{m}$.

(d) Gefragt ist nach der Zeitspanne $\Delta t$ zwischen dem Befahren der Brücke durch die Lok, und dem Verlassen der Brücke durch den letzten Wagen. Dann ist die Lok aber schon $300\,\mathrm{m} + 200\,\mathrm{m}$ gefahren und es folgt:

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{500\,\mathrm{m}}{20\,\mathrm{m/s}} = 25\,\mathrm{s}$$

**Aufgabe 2.** *Gleichmäßig beschleunigte Bewegung*

(a) Ein 400 m langer Zug beschleunigt mit $1\,\mathrm{m/s^2}$ aus dem Stand. Wie schnell ist das Zugende, wenn es den Bahnhof verlässt ? Wie lange benötigt der Zug, bis er 252 km/h erreicht hat ? Welche Strecke hat er bis dahin zurückgelegt ?

(b) In welcher Entfernung vor dem Bahnhof muss ein 72 km/h schneller Triebwagen mit der Bremsung beginnen, wenn die Bremsen eine Verzögerung von $-1\,\mathrm{m/s^2}$ bewirken ? Wie lange dauert der Bremsvorgang ?

(c) Eine Kugel besitzt am Austritt eines Gewehrlaufs von 1,2 m Länge eine Geschwindigkeit von 640 m/s. Ermitteln Sie unter der Annahme, dass die Beschleunigung konstant ist, wie lange sich die Kugel nach dem Abfeuern im Gewehrlauf befand.

**Lösung 2.**

(a) Hier wird die Anfangszeit $t_0 = 0$ gesetzt. Da der Zug zum beginn ruht und der Ursprung des Koordinatensystems an den Ort des Bahnsteigs gelegt wird, sind beide Integrationskonstanten ebenfalls gleich Null. Damit vereinfacht sich die Formel $s(t) = \frac{1}{2}a(t-t_0)^2 + v_0(t-t_0) + s_0$ entsprechend. Bis das Zugende den Bahnhof verlässt wird folgende Zeit $t_E$ benötigt:

$$x(t_E) = \frac{1}{2}at_E^2 \Leftrightarrow 400s^2 = \frac{1}{2}t_E^2 \Leftrightarrow t_E = \sqrt{800}\,\mathrm{s} \approxeq 28{,}3\,\mathrm{s}$$

Dann hat das Zugende die Geschwindigkeit:

$$v_E = a \cdot t_E = 28{,}3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 101{,}8\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

Um die Geschwindigkeit $v_1 = 252\,\mathrm{km/h} = 70\,\mathrm{m/s}$ zu erreichen benötigt er die Zeit:

$$v_1 = at_1 \Leftrightarrow t_1 = \frac{v_1}{a} = 70\,\mathrm{s}$$

(b) Aus $0 = at_0 + v_0$ erhält man die Bremszeit $t_0 = \frac{-v_0}{a} = 20\,\mathrm{s}$ und den Bremsweg $x = \frac{1}{2}at_0^2 + v_0t_0 = 200\,\mathrm{m}$

(c) Nach einer Zeit $t_E$ befinde sich die Kugel am Ende des Laufes also bei $s(t_E) = 1{,}2\,\mathrm{m}$. Außerdem hat die Kugel dann die Geschwindigkeit $v(t_E) = 640\,\mathrm{m/s}$. Damit folgt:

$$s(t_E) = \frac{1}{2}at_E^2 = 1{,}2\,\mathrm{m}$$
$$v(t_E) = at_E = 640\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \Rightarrow a = \frac{640\,\mathrm{m/s}}{t_E}$$
$$\Leftrightarrow \frac{1}{2}\frac{640\,\mathrm{m/s}}{t_E}t_E^2 = 1{,}2\,\mathrm{m} \Rightarrow t_E = \frac{1{,}2\,\mathrm{m}}{320\,\mathrm{m/s}} = 3{,}75 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{s}$$

**Aufgabe 3.** *2D-Bewegung*

Ein Ball wird von dem Dach eines Gebäudes von 80 m mit einem Winkel von 80° zur Horizontalen und mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 40 m/s getreten.

(a) Wie lange braucht der Ball, um den Boden zu erreichen ?

(b) Wie schnell ist der Ball kurz bevor er den Boden trifft ?

**Lösung 3.**

Sei die Anfangsposition des Balls der Ursprung des Koordinatensystems. Somit ist $x_0 = y_0 = 0$, die Beschleunigung ist die Gravitationsbeschleunigung $a = a_y = -g$ und die Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 40\,\mathrm{m/s}$ hat die Komponenten:

$$v_{0x} = v_0 \cos(\Theta) = 6{,}95\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$
$$v_{0y} = v_0 \sin(\Theta) = 39{,}39\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

(a) In dem Moment, in dem der Ball den Boden berührt ist $y_f = 80\,\mathrm{m}$. Benutzt man die Relation:

$$y_f = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

und setzt alle Werte ein, erhält man eine quadratische Gleichung für die Zeit $t$, die der Ball braucht, um den Boden zu erreichen. Durch einsetzen bekommt man:

$$(5\,\mathrm{m/s^2})t^2 - (39{,}39\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}})t - 80\,\mathrm{m} = 0$$

Löst man nach $t$ auf, findet man, dass die Zeit, die der Ball benötigt, um den Boden zu erreichen $t \approxeq 9{,}55\,\mathrm{s}$ beträgt.

(b) Die Geschwindigkeit des Balls, kurz bevor er auf den Boden trifft, kann mithilfe der Zeit $t$ berechnet werden, die er benötigt, um den Boden zu erreichen. Da $\vec{v} = \vec{v_0} + \vec{a}t$ kann man sehen, dass $v_y = v_{0y} + a_y t$ und offensichtlich ist $v_x = v_{0x}$. Durch einsetzen der korrekten Werte erhält man $v_y = -56{,}11\,\mathrm{m/s}$ und $v_x = 6{,}95\,\mathrm{m/s}$. Das Minuszeichen kennzeichnet, dass die Bewegung nach unten geht. Die Effektivgeschwindigkeit des Balls kann dann berechnet werden:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Also $v \approxeq 56{,}54\,\mathrm{m/s}$

**Aufgabe 4.** *Gleichmäßige Kreisbewegung*

(a) Ein geostationärer Satellit umkreist die Erde einmal pro Tag. Solche Satelliten müssen die Erde in einem Abstand von $4{,}27 \cdot 10^7\,\mathrm{m}$ vom Erdmittelpunkt umkreisen. Was ist der Betrag der Beschleunigung, die der Satellit spürt ?

(b) Ein Teilchen bewegt sich mit Geschwindigkeit $v$ auf einer Kreisbahn mit Radius $r$. Es erhöht seine Geschwindigkeit auf $4v$. Dabei bleibt es auf derselben Kreisbahn. Um welchen Faktor verändert sich die zentripetale Beschleunigung und Periode des Teilchens ?

**Lösung 4.**

(a) Ein geostationärer Satellit braucht einen Tag oder auch $t = 86\,400\,\mathrm{s}$ um einmal um die Erde zu fliegen. Eine Umdrehung hat eine Strecke von $s = 2\pi r$, wobei $r$ der Abstand vom Satelliten zum Erdmittelpunkt ist ($r = 4{,}27 \cdot 10^7\,\mathrm{m}$). Benutzt man die Definition von Geschwindigkeit:

$$v = \frac{s}{t}$$

erhält man eine Geschwindigkeit des Satelliten von $v \approxeq 3{,}1\,\mathrm{km/s}$. Der Betrag der Beschleunigung, die der Satellit spürt, ist gegeben durch:

$$a = \frac{v^2}{r}$$

Durch einsetzen der entsprechenden Werte findet man eine Beschleunigung von $a \approxeq 0{,}23\,\mathrm{m/s^2}$

(b) Zu beginn bewegt sich das Teilchen mit einer Geschwindigkeit $v_1 = v$ auf einer Kreisbahn mit Radius $r$. Also ist seine Beschleunigung $a_1 = \frac{v_1^2}{r}$ und seine Periodendauer $\tau_1 = \frac{2\pi r}{v}$. Dann erhöht sich die Geschwindigkeit auf $v_2 = 4v$ während es sich auf derselben Kreisbahn bewegt. Daher wird seine Beschleunigung jetzt $a_2 = \frac{(4v)^2}{r}$ sein und seine Periodendauer $\tau_2 = \frac{2\pi r}{4v}$. Aus den Berechnungen bekommt man $\frac{a_2}{a_1} = 16$ und $\frac{\tau_2}{\tau_1} = 0.25$. Durch eine vervierfachung der Geschwindigkeit hat sich also die Beschleunigung versechszehnfacht und seine Periodendauer geviertelt.