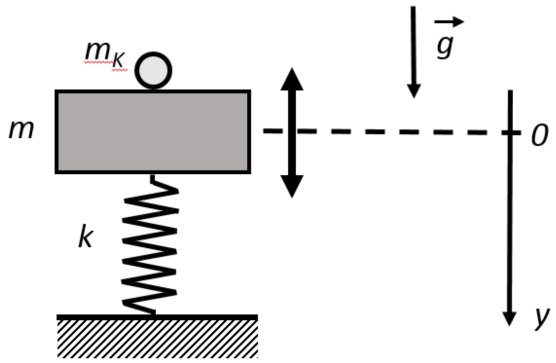
Wintersemester	2016/17	Blatt 1 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Gesamtpunktzahl: 86

Aufgabe 1: **Kügelchen auf Feder-Masse-System** **(42 Punkte)**



Ein ungedämpftes Feder-Masse-System mit der Masse m = 1000 g und der Federkonstanten k = 100 kg/s^2 kann reibungsfrei vertikal entlang der y-Achse schwingen (siehe Abbildung). Die Masse m ist mit der Feder fest verbunden.

Das System wird nun aus der entspannten Ruhelage (y = 0) nach unten auf y_0 = 15 cm zusammengedrückt und vor dem Loslassen bei t = 0 legen wir vorsichtig ein Kügelchen mit der Masse m_K = 1 g auf die Masse m.

a) Geben Sie die Kreisfrequenz ω und die Schwingungsdauer T des ungedämpften Feder-Masse-Systems an.

b) Geben Sie das Ort-Zeit-Gesetz der resultierenden Schwingung an.

c) Geben Sie das Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz der resultierenden Schwingung an.

d) Geben Sie das Beschleunigung-Zeit-Gesetz der resultierenden Schwingung an.

e) Berechnen Sie die maximalen (v_{max}) und minimalen (v_{min}) Geschwindigkeiten des Systems. Bei welchen Auslenkungen $y(t)$ treten sie auf?

Während des Schwingungsvorgangs findet eine ständige Energieumwandlung von elastischer Energie E_{elast} der Feder in kinetische Energie E_{kin} der Masse statt.

f) Welche maximale kinetische Energie E_{kin} hat das System? Bei welchen Auslenkungen $y(t)$ tritt sie auf?

g) Welche maximale elastische Energie E_{elast} hat das System? Bei welchen Auslenkungen $y(t)$ tritt sie auf?

h) Berechnen Sie die maximalen (a_{max}) und minimalen (a_{min}) Beschleunigungen des Systems. Bei welchen Auslenkungen $y(t)$ treten sie auf?

Wintersemester	2016/17	Blatt 2 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Fortsetzung von Aufgabe 1

i) Welche Kräfte wirken auf das Kügelchen während des Schwingungsvorgangs? Skizzieren Sie das System zu den Zeitpunkten $t_0 = 0$, $t_1 = T/4$ und $t_2 = T/2$. Tragen Sie die jeweils wirkenden Kräfte ein.

j) Bleibt das Kügelchen bei einer Anfangsauslenkung $y_0 = 15$ cm während des gesamten Schwingungsvorgangs auf dem Massestück liegen oder fliegt es nach oben davon? Begründen Sie Ihre Aussage.

k) Wie groß darf die Anfangsauslenkung y_{0c} maximal sein, damit die Kugel gerade noch liegenbleibt? Welche Bedingung läßt sich hierbei für die wirkenden Kräfte formulieren?

<u>Lösungsvorschlag Aufgabe 1:</u> **Kügelchen auf Feder-Masse-System**

a) Gesamtmasse $M = m + m_K \approx m$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{M}} \approx \sqrt{\frac{k}{m}} = 10/s = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \quad T = \frac{2\pi}{\omega} \approx 0{,}628\,s$$

b)

$$y(t) = y_m \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (mit\ Amplitude\ \ y_m = y_0 = 0{,}15m\ und\ \varphi_0 = 0)$$

c)

$$v(t) = -v_m \sin(\omega t + \varphi_0) = -y_m \omega \sin(\omega t + \varphi_0)$$

d)

$$a(t) = -a_m \cos(\omega t + \varphi_0) = -y_m \omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

e)

$$v_{\min}(y = 0) = -y_m \omega = -1{,}50\frac{m}{s} \quad (Bewegung\ nach\ oben, t = {}^{T}\!/_{4})$$

$$v_{\max}(y = 0) = +y_m \omega = +1{,}50\frac{m}{s} \quad (Bewegung\ nach\ unten, t = {}^{3T}\!/_{4})$$

f)

$$\mathrm{E}_{kin} = \frac{m}{2} v_m^2 = 1{,}125\,J \quad (bei\ y = 0)$$

g)

$$\mathrm{E}_{elast} = \frac{k}{2} y_m^2 = 1{,}125\,J \quad (bei\ y = \pm y_m)$$

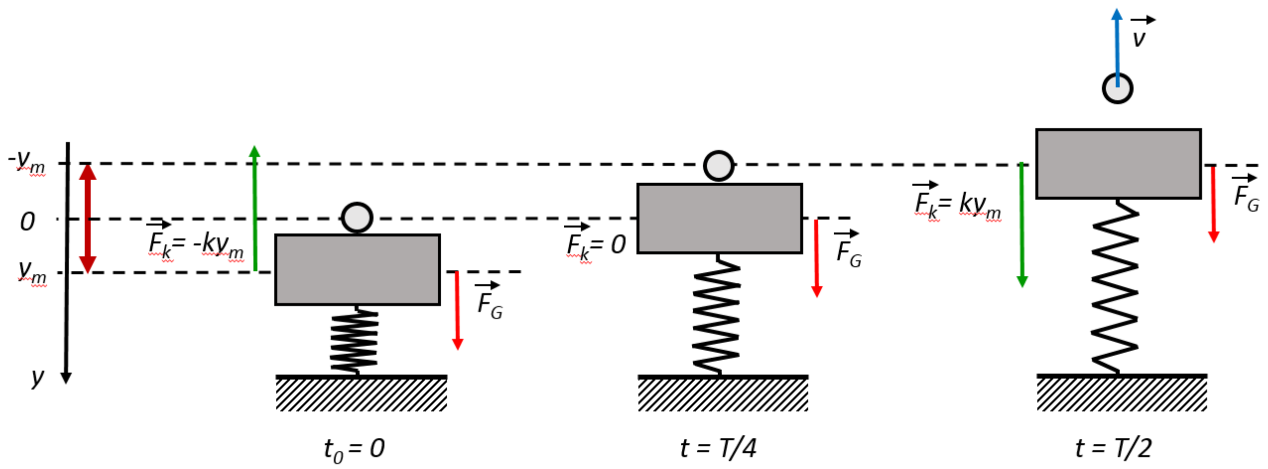
h)

$$a_{\min} = -y_m \omega^2 = -15{,}0\frac{m}{s^2}\ (bei\ y = +y_m, am\ unteren\ Umkehrpunkt)$$

$$a_{\max} = +y_m \omega^2 = +15{,}0\frac{m}{s^2}\ (bei\ y = -y_m, am\ oberen\ Umkehrpunkt)$$

i)

$$Schwerkraft: F_G = m_K g = 9{,}81mN\ und\ Rückstellkraft\ der\ Feder: F_k = -ky(t)$$



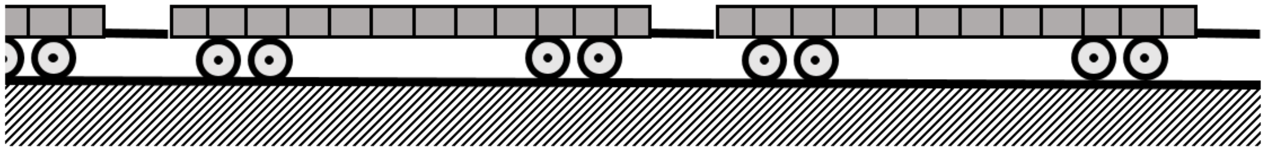
j) Das Kügelchen bleibt nur solange liegen, wie $F_G > F_k$ ist. Während des Schwingungsvorgangs bleibt F_G konstant, aber F_k ändert sich ständig. Für $y > 0$ (zusammengedrückte Feder) ist immer $F_G > 0 > F_k$. Für $y < 0$ (auseinandergezogene Feder) kompensieren sich die beiden Kräfte. Da das Maximum von F_k von der Anfangsauslenkung y_0 abhängt, hat sich das Kügelchen für $y_0 = 15$ cm noch vor Erreichen des oberen Umkehrpunkts aufgrund seiner Trägheit von der Masse gelöst, da dort die Masse mit $F_k > F_G$ nach unten beschleunigt wird. Das Kügelchen fliegt also nach oben.

k) Kräftegleichgewicht: $F_G = F_k$

$$F_G = mg = F_k = ky_{mc} \Rightarrow y_{0c} = y_{mc} = \frac{g}{\omega^2} = 0{,}0981m$$

Wintersemester	2016/17	Blatt 3 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Aufgabe 2: Zuglärm (19 Punkte)



Gemessen wurden die Schallpegel eines in r = 30 m Entfernung vorbeifahrenden ICE von L_1 = 72 dB und eines Güterzuges (mit Eisenbremsklötzen) von L_2 = 85 dB.

a) In welcher Entfernung r_1 entspricht der Schallpegel des ICE einem Radio/TV mit Zimmerlautstärke (d.h. L_0 = 55 dB)?

b) In welcher Entfernung r_2 entspricht der Schallpegel des Güterzugs einem Radio/TV mit Zimmerlautstärke (d.h. L_0 = 55 dB)?

Nehmen Sie hierbei an, daß ein Zug eine lineare Schallquelle darstellt und sich entlang einer geraden Strecke in der unverbauten Ebene (Boden absorbiert ideal) bewegt.

Lärm macht krank. Aus diesem Grund sieht der aktuelle Gesetzentwurf der Bundesregierung vor, den Einsatz besonders lauter Güterwaggons ab Ende 2020 zu verbieten. Gefordert wird eine Absenkung des Schallpegels von Güterzügen um 10 dB, was durch technische Umrüstung von Eisenbremsklötzen auf Kunststoffbremsklötze realisiert werden kann. Bei jedem Bremsvorgang drücken die Bremsklötze auf die Laufflächen der Räder. Die Eisenbremsklötze rauen dabei die Laufflächen derart auf, daß bei der Fahrt laute Rollgeräusche entstehen. Die Kunststoffbremsklötze dagegen rauen die Laufflächen weniger auf, wodurch die Fahrgeräusche reduziert werden.

c) Welchen Schallpegel L_3 hat ein Güterzug mit Kunststoffbremsklötzen in r = 30 m?

d) In welcher Entfernung r_3 entspricht der Schallpegel des Güterzugs mit Kunststoffbremsklötzen einem Radio/TV mit Zimmerlautstärke (d.h. L_0 = 55 dB)?

e) Ihr Haus steht in 200 m Entfernung von der Bahnlinie. Welche weiteren Maßnahmen (neben dem Austausch der Bremsklötze) könnten den Schallpegel reduzieren?

Lösungsvorschlag Aufgabe 2: **Zuglärm**

a) Der Lautstärkepegel nimmt um $\Delta L = L_1 - L_0 = 17$ dB ab, wenn die Schallintensität von 72 dB auf 55 dB abfällt, d.h.:

$$\Delta \mathrm{L} = 17\,\mathrm{dB} = 10 \cdot \lg(\frac{r_1}{r})dB$$

$$\Rightarrow \frac{r_1}{r} = 10^{1,7} \Rightarrow r_1 = 1503m$$

b) Der Lautstärkepegel nimmt um $\Delta L = L_2 - L_0 = 30$ dB ab, wenn die Schallintensität von 85 dB auf 55 dB abfällt, d.h.:

$$\Delta \mathrm{L} = 30\,\mathrm{dB} = 10 \cdot \lg(\frac{r_2}{r})dB$$

$$\Rightarrow \frac{r_2}{r} = 10^{3} \Rightarrow r_2 = 30\,km$$

c) L_3 = 85 dB – 10 dB = 75 dB

d) Der Lautstärkepegel nimmt um $\Delta L = L_3 - L_0 = 20$ dB ab, wenn die Schallintensität von 75 dB auf 55 dB abfällt, d.h.:

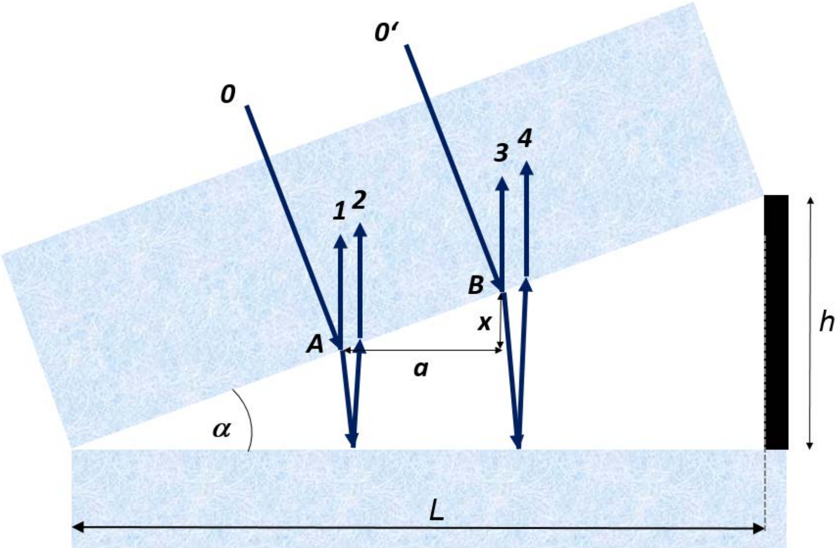
$$\Delta \mathrm{L} = 20\,\mathrm{dB} = 10 \cdot \lg(\frac{r_3}{r})dB$$

$$\Rightarrow \frac{r_3}{r} = 10^{2} \Rightarrow r_3 = 3000\,m$$

e) Langsamer fahren, Schallschutzwand, Schallschutzfenster, Gehörschutz

Wintersemester	2016/17	Blatt 4 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Aufgabe 3: **Dunkle Streifen** **(25 Punkte)**



Die linke Seite einer planaren, rechteckigen Glasplatte (Länge L = 10 cm) liegt auf einem teildurchlässigen Planspiegel während die rechte Seite der Glasplatte durch einen Abstandshalter (Höhe h) vom Planspiegel getrennt ist (Abbildung des Querschnitts nicht maßstäblich). Die Glasplatte wird senkrecht von oben mit kohärentem, monochromatischem Licht (λ = 532 nm in Luft) ausgeleuchtet. Ein Beobachter erkennt im reflektierten Licht abwechselnd helle und dunkle äquidistante Streifen parallel zur linken bzw. rechten Seite der Glasplatte. Die Punkte A und B liegen beispielsweise in benachbarten dunklen Streifen (Abstand a), dazwischen liegt ein heller Streifen. Die wesentlichen einfallenden und reflektierten Lichtstrahlen durch die Punkte A und B sind eingetragen.

a) Warum sieht der Beobachter eine unterdrückte Lichtreflektion in den Punkten A und B? Beschreiben Sie die Lichtwege der Strahlen 1 und 2 bzw. 3 und 4. Geben Sie die Gangunterschiede Δ der Strahlen 1 und 2, 3 und 4 sowie 1 und 3 an.

Der Raum zwischen Glasplatte und Spiegel ist mit Luft gefüllt. Sie messen einen Abstand a_1 = 2 mm zwischen benachbarten Streifen.

b) Welche Höhe h hat der Abstandshalter?

c) Wie groß ist der Winkel α?

d) Wie viele dunkle Streifen sind entlang L erkennbar?

e) Wenn Licht größerer Wellenlänge eingestrahlt wird, sind dann mehr oder weniger Streifen sichtbar?

Fortsetzung von Aufgabe 3

An einer anderen Stelle der Anordnung ist der Raum zwischen Glasplatte und Spiegel mit einer fettartigen, transparenten Masse gefüllt. Hier messen Sie einen Abstand a_2 = 1,36 mm zwischen benachbarten Streifen.

f) Welche Wellenlänge λ_2 hat das Licht in der fettartigen Masse?

g) Welche Brechzahl n_2 bestimmen Sie für diese fettartige Masse?

h) Welche Ausbreitungsgeschwindigkeit c_2 hat das Licht in dieser fettartigen Masse?

Lösungsvorschlag Aufgabe 3: Dunkle Streifen

a) Es kommt zur destruktiven Interferenz zwischen den reflektierten Strahlen 1 und 2 bzw. 3 und 4.

Der einfallende Strahl (0) fällt auf die Grenzfläche Glas-Luft. Dabei teilt er sich in einen reflektierten Anteil (1) und einen transmittierten Anteil auf. Der transmittierte Strahl tritt in Luft ein und wird gebrochen. Am unteren Spiegel erfährt der reflektierte Anteil einen Phasensprung von π und wird zurück auf die Glas-Luft-Grenzfläche gelenkt. Beim Wiedereintritt ins Glas wird der Strahl (2) zurückgebrochen und interferiert mit Strahl (1). Es kommt zur destruktiven Interferenz, wenn für den Gangunterschied Δ von 1 und 2 gilt (analog 3 und 4):

$$\Delta = (\mathrm{m} + \frac{1}{2})\lambda \quad \text{mit } \mathrm{m} = 1,2,3,...$$

Für benachbarte Streifen ist der Gangunterschied λ, d.h. $x = \lambda/2$.

Nach dem Strahlensatz gilt somit:

$$\frac{x}{a} = \frac{\lambda}{2a} = \frac{\mathrm{h}}{\mathrm{L}}$$

b)

$$h = \frac{\lambda L}{2a} = 13{,}3\,\mu m$$

c)

$$\tan\alpha = \frac{\mathrm{h}}{\mathrm{L}} \Rightarrow \alpha = 27{,}43'' = 0{,}00762°$$

d) Zahl der Streifen N:

$$N = \frac{L}{a} = 50$$

e) Weniger Streifen

f)

$$\lambda_2 = h\frac{2a_2}{L} = 361{,}8\,nm$$

g)

$$n_2 = \frac{\lambda}{\lambda_2} = 1{,}47$$

h) Die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Medium berechnet sich über die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit $c_0 = 2{,}9979 \cdot 10^8$ m/s:

$$c_2 = \frac{\mathrm{c}_0}{\mathrm{n}_2} = 2{,}04 \cdot 10^8\,\frac{m}{s}$$