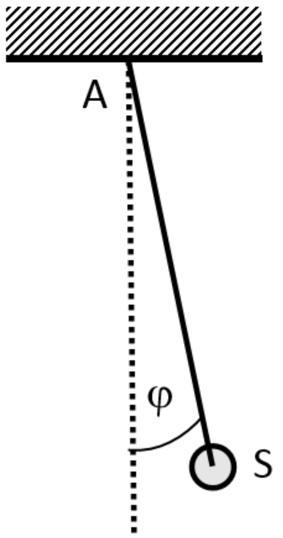
Sommersemester 2017	Blatt 1 (von 4)
Studiengang: TIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Gesamtpunktzahl: 94

Aufgabe 1: **Pendelschwingung** **(34 Punkte)**



Eine Kugel mit der Masse m = 100 g hängt im Schwerefeld der Erde an einem dünnen Stahldraht (Draht-Masse ist vernachlässigbar) und führt Pendelschwingungen um den Aufhängepunkt A aus (siehe Abbildung). Die Länge zwischen Aufhängepunkt und Schwerpunkt S der Kugel (Kugelradius $r << L$) ist L = 1 m.

Zu Beginn (t = 0) wird das Pendel um φ_0 = 5° ausgelenkt und aus der Ruhe losgelassen.

a) Wie groß ist bei der Anfangsauslenkung φ_0 die Rückstellkraft F_R in Bahnrichtung, die das Pendel zurück zu $\varphi = 0$ bringt?

b) Wie groß ist die maximale Kraft, die während des Schwingungsvorgangs auf den Draht wirkt? Bei welchem Auslenkungswinkel $\varphi(t)$ wird sie erreicht?

Bei Abwesenheit von Reibung würde das Pendel ungedämpft schwingen.

c) Wie groß sind die Kreisfrequenz ω_0, die Frequenz f_0 und die Schwingungsdauer T_0 des ungedämpften Pendels?

d) Geben Sie das Auslenkungswinkel-Zeit-Gesetz für die ungedämpfte Schwingung an. Berücksichtigen Sie die Anfangsbedingungen.

e) Berechnen Sie die betragsmäßig maximalen (v_{max}) und minimalen (v_{min}) Bahn-Geschwindigkeiten der Kugel. Bei welchen Winkeln $\varphi(t)$ treten sie auf?

Das reale Pendel unterliegt jedoch Reibungseffekten und führt schwach gedämpfte Schwingungen aus. Sie beobachten einen exponentiellen Abfall der Auslenkungsmaxima auf die Hälfte der Anfangsauslenkung φ_0 nach 20 Schwingungsperioden.

f) Geben Sie den Abklingkoeffizienten δ und den Dämpfungsgrad D_{gr} des gedämpften Pendels an.

g) Wie groß sind die Kreisfrequenz ω_d, die Frequenz f_d und die Schwingungsdauer T_d des gedämpften Pendels?

Lösungsvorschlag Aufgabe 1: **Pendelschwingung**

a)

$$F_R = F_G \cdot \sin\varphi_0 = mg \cdot \sin\varphi_0 = 0{,}0855\,N$$

b)

$$F_G = mg = 0{,}981\,N; \quad wirkt\,bei\,\varphi = 0$$

(genaugenommen kommt hier hinzu noch der kleine Beitrag durch die Zentrifugalkraft des Massepunktes auf der Kreisbahn:

$$F_Z = \frac{mv_{\max}^2}{L} = 0{,}00745\,N$$)

c)

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{L}} = 3{,}132\,rad/s \Rightarrow \; T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2{,}006\,s \Rightarrow \; f_0 = \frac{1}{T_0} = 0{,}4985/s$$

d)

$$\varphi(t) = \varphi_0 \cdot \cos(\omega_0 t + \alpha_0)$$

$$Aus\,den\,Anfangsbedingungen\,(t=0): \varphi_0 = 5° \quad und \quad \frac{d\varphi}{dt}(t=0) = 0 \quad folgt: \quad \alpha_0 = 0$$

$$\Rightarrow \; \varphi(t) = \varphi_0 \cdot \cos(\omega_0 t) = 0{,}087 \cdot \cos(3{,}132\,rad/s \cdot t)$$

e)

$$v = \omega \cdot L = \frac{d\varphi}{dt} L \quad \Rightarrow v(t) = -\varphi_0 \omega_0 \sin(\omega_0 t) \cdot L$$

$$bei\;\varphi = 0\,ist: \; v = v_{\max} = L \cdot \varphi_0 \cdot \omega_0 = 0{,}273\frac{m}{s}$$

$$bei\;\varphi = \pm 5°\,ist: \; v = v_{\min} = 0\frac{m}{s}$$

f)

$$\varphi(t) = \varphi_0 \cdot \exp(-\delta t) \quad und \quad \varphi_{20} = \frac{\varphi_0}{2} \quad mit \quad t_{20} = 20 \cdot T_d \approx 20 \cdot T_0$$

$$\Rightarrow \delta = \frac{\ln 2}{20 \cdot T_0} = 0{,}0173/s \;<<\omega_0 \Rightarrow D_{gr} = \frac{\delta}{\omega_0} = 0{,}00552$$

g)

$$\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} = \omega_0 \sqrt{1 - D_{gr}^2} = 3{,}12995\,rad/s \Rightarrow \; T_d = 2{,}0074\,s \Rightarrow \; f_d = 0{,}49815/s$$

Sommersemester 2017	Blatt 2 (von 4)
Studiengang: TIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

<u>Aufgabe 2:</u> **Lautsprecher** **(22 Punkte)**

Ein Lautsprecher besitzt eine kreisförmige Membran mit einem Durchmesser D = 40 cm. Die Membran schwingt bei der Frequenz f = 1 kHz mit einer Amplitude y_m = 0,010 mm. Nehmen Sie für die folgenden Fragen an, daß die Luftmoleküle in unmittelbarer Nähe der Membran dieselbe Schwingungsamplitude haben. Die Luft hat die Dichte ρ = 1,29 kg/m^3 und die Schallgeschwindigkeit c = 340 m/s.

a) Wie groß ist unter diesen Bedingungen die Schallkennimpedanz Z_L der Luft?

b) Geben Sie die Druckamplitude p_m direkt vor der Membran an.

c) Geben Sie die Schallintensität I direkt vor der Membran an.

d) Geben Sie die vom Lautsprecher abgestrahlte akustische Leistung P an.

Gehen Sie nun von einer homogenen Schall-Abstrahlung in den Halbraum vor dem Lautsprecher aus. Streustrahlung in den Rückraum tritt nicht auf.

e) Geben Sie die Schallintensität $I(r)$ in einer Entfernung r = 5 m an.

f) Wie weit müßte man sich entfernen (r_{max}), um den Lautsprecher mit der kleinsten noch wahrnehmbaren Intensität I_0 = 10^{-12} W/m^2 (Hörschwelle) zu hören? Auf welcher Voraussetzung beruht diese vereinfachte Rechnung?

g) Mit welcher Amplitude y_{m0} schwingen die Gasmoleküle an der Hörschwelle?

h) Welcher Intensitätspegel L_0 des Lautsprechers wird in der Entfernung r_{max} gemessen, wo die Hörschwelle I_0 erreicht ist?

i) Welcher Intensitätspegel $L(r)$ des Lautsprechers wird in einer Entfernung r = 5 m gemessen?

<u>Lösungsvorschlag Aufgabe 2:</u> **Lautsprecher**

a)

$$Z_L = \rho \cdot c = 438{,}6 \frac{kg}{m^2 s}$$

b)

$$p_m = Z_L \cdot \omega \cdot y_m = 27{,}56\, Pa$$

$$(mit: \quad \omega = 2\pi \cdot f\ )$$

c)

$$I = w \cdot c = \frac{1}{2} \frac{p_m^2}{Z_L} = p_{eff} \cdot v_{eff} = \frac{1}{2} Z_L \cdot \omega^2 \cdot y_m^2 = 0{,}866 \frac{W}{m^2}$$

d)

$$P = I \cdot A_M = I \cdot \pi \frac{D^2}{4} = 0{,}1088\, W$$

e)

$$I(r = 5\, m) = \frac{P}{A} = \frac{P}{2\pi r^2} = 6{,}93 \cdot 10^{-4} \frac{W}{m^2}$$

f)

$$I(r_{\max}) = I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2} = \frac{P}{2\pi r_{\max}^2} \Rightarrow r_{\max} = \sqrt{\frac{P}{2\pi \cdot I_0}} = 132\, km$$

Oder:

$$\frac{I(r)}{I(r_{\max})} = \frac{I(r = 5\, m)}{I_0} = \frac{r_{\max}^2}{r^2} \Rightarrow r_{\max} = r \cdot \sqrt{\frac{I(r = 5\, m)}{I_0}} = 132\, km$$

Die Dämpfung der Schallwelle durch die Luft ist hier vernachlässigt.

g)

$$I_0 = \frac{1}{2} Z_L \cdot \omega^2 \cdot y_{m0}^2 \Rightarrow y_{m0} = \sqrt{\frac{2 \cdot I_0}{Z_L \cdot \omega^2}} = 0{,}011\, nm$$

h)

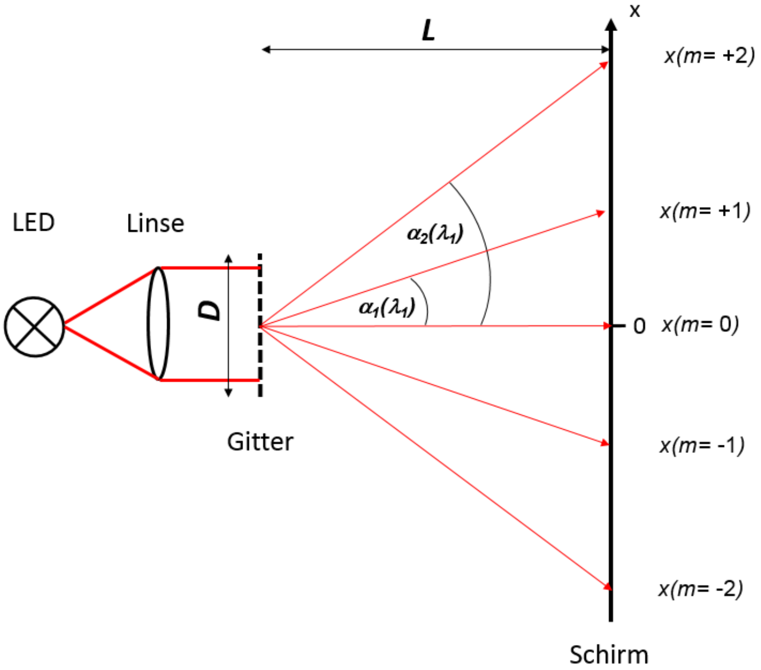
$$L_0 = L(r_{\max}) = 10 \cdot \lg\left[\frac{I(r_{\max})}{I_0}\right] dB = 0\, dB$$

i)

$$L(r) = 10 \cdot \lg\left[\frac{I(r)}{I_0}\right] dB = 88{,}4\, dB$$

Sommersemester 2017	Blatt 3 (von 4)
Studiengang: TIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Aufgabe 3: **LED-Spektrum** **(38 Punkte)**



Die spektrale Intensität einer weißen LED besitzt zwei Emissionsmaxima bei ca. λ_1 = 450 nm und λ_2 = 550 nm und fällt hin zu kleineren bzw. größeren Wellenlängen schnell ab. Das Licht der weißen LED fällt nach dem Durchgang durch eine Linse als paralleles Strahlenbündel senkrecht auf ein D = 10 mm großes, transparentes Gitter mit 6.000 gleichmäßigen, nebeneinander angeordneten Spalten. Die Spaltbreite ist so klein, daß ein ausgedehntes Beugungsmuster entsteht. Auf dem parallel hinter dem Gitter im Abstand L = 1 m stehenden ebenen Schirm werden abwechselnd Streifen maximaler Intensität (bei den Positionen $x(m)$) sichtbar (siehe Abbildung, nicht maßstäblich!).

a) In welchem Wellenlängenbereich ist das menschliche Auge empfindlich?

b) Welche Farbe nimmt der Mensch wahr, wenn Licht mit entweder λ_1 = 450 nm oder λ_2 = 550 nm oder einer Mischung dieser beiden Wellenlängen (wie z.B. bei dieser LED) auf das Auge fällt?

c) Wie groß ist der Abstand d der Spalte bei dem verwendeten Gitter?

d) Geben Sie alle Winkel $\alpha_m(\lambda_1)$ an, unter denen das Licht mit λ_1 = 450 nm am Gitter abgebeugt wird und auf den Schirm fällt.

Sommersemester	2017	Blatt 4 (von 4)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Fortsetzung von Aufgabe 3

e) Geben Sie alle Winkel $\alpha_m(\lambda_2)$ an, unter denen das Licht mit λ_2 = 550 nm am Gitter abgebeugt wird und auf den Schirm fällt.

f) Die nullte Beugungsordnung trifft ohne Richtungsänderung an der Position $x(m=0)$ = 0 auf den Schirm. Welche Farbe hat das Licht der nullten Beugungsordnung? Begründen Sie Ihre Beobachtung.

g) An welchen Schirm-Positionen $x_m(\lambda_1)$ und $x_m(\lambda_2)$ treten Intensitätsmaxima auf?

In der ersten Beugungsordnung (m = 1) wird zwischen den Positionen $x_1(\lambda_1)$ und $x_1(\lambda_2)$ das LED-Spektrum mit der Breite $\Delta x_1 = x_1(\lambda_2) - x_1(\lambda_1)$ auf dem Schirm beobachtet.

h) Welche Spektren (m = 1, 2, 3, 4,…) sind auf dem Schirm tatsächlich zu sehen?

i) Berechnen Sie die Breite Δx_m der auf dem Schirm sichtbaren Spektren.

j) Kommt es zu einer Überlappung der einzelnen Spektren auf dem Schirm?

Hinweis:

Es ist hilfreich, wenn Sie eine Ergebnisliste mit folgenden Spalten verwenden:

m	$\alpha_m(\lambda_1)$ (°)	$\alpha_m(\lambda_2)$ (°)	$x_m(\lambda_1)$ (m)	$x_m(\lambda_2)$ (m)	Δx_m (m)
0					
1					
...					

Lösungsvorschlag Aufgabe 3: LED-Spektrum

a) λ liegt zwischen 380 nm und 780 nm.

b) λ_1 : blau-violett
λ_2 : grün
$\lambda_1 + \lambda_2$: weiß

c)
$$d = \frac{D}{6000} = 1667\,nm$$

d)
$$\sin\alpha_m(\lambda_1) = \pm\frac{\mathrm{m}\cdot\lambda_1}{\mathrm{d}} \quad (mit: m = 0,1,2,3,...)$$

e)
$$\sin\alpha_m(\lambda_2) = \pm\frac{\mathrm{m}\cdot\lambda_2}{\mathrm{d}} \quad (mit: m = 0,1,2,3,...)$$

f) Weiß. Das Licht enthält alle spektralen Anteile der Quelle.

g)
$$x_m(\lambda_1) = L\cdot\tan\alpha_m(\lambda_1)$$
$$x_m(\lambda_2) = L\cdot\tan\alpha_m(\lambda_2)$$

h) Spektren mit m = 1, 2 und 3. Die Spektren mit m = 4, 5,… erreichen den Schirm nicht.

i)
$$\Delta x_m = x_m(\lambda_2) - x_m(\lambda_1)$$

j) Nein

Ergebnisliste:

m	$\alpha_m(\lambda_1)$ (°)	$\alpha_m(\lambda_2)$ (°)	$x_m(\lambda_1)$ (m)	$x_m(\lambda_2)$ (m)	Δx_m (m)
0	0	0	0	0	0
1	15,66	19,27	0,280	0,350	0,070
2	32,68	41,30	0,642	0,879	0,237
3	54,10	81,89	1,38	7,02	5,64