

FACHHOCHSCHULE ESSLINGEN - HOCHSCHULE FÜR TECHNIK

Wintersemester 2005/2006	Zahl der Blätter: Blatt 1
Studiengang: CI, BT	Semester CI2, BT2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: CI 2044, 2043
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 min.

Gesamtpunktzahl: 120

Bitte verwenden Sie für jede Aufgabe ein separates Blatt!

Aufgabe 1: (18 Punkte)

Der Querschnitt der im Chemielabor verlegten elektrischen Leitungen muss hinreichend groß sein, damit sich die Kabel zum Betrieb einer Aufdampfanlage nicht so weit erhitzen, dass ein Brand entsteht. Es soll ein Strom von 20 A fließen. Die Joule'sche Erwärmung des Kupferdrahtes ($\rho_{\text{Cu}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$) darf in diesem Fall 2 W/m nicht übersteigen.

Welchen Durchmesser muss der Draht mindestens haben, um der Anforderung zu genügen?

Lösungsvorschlag:

Die beim Strom I in einer Leitung mit dem Widerstand R umgesetzte Leistung ist $P = R \cdot I^2$. Der Widerstand R einer Leitung mit der Länge ℓ und der Querschnittsfläche A ist gegeben durch $R = \frac{\rho \cdot \ell}{A}$. Darin ist ρ der spezifische Widerstand des Materials, aus dem die Leitung besteht. Somit ergibt sich für den Widerstand einer Leitung mit dem Durchmesser d und der Länge ℓ :

$$R = \frac{\rho \cdot \ell}{A} = \frac{\rho \cdot \ell}{\frac{1}{4} \pi d^2} = \frac{4 \cdot \rho \cdot \ell}{\pi d^2}.$$

Damit ergibt sich für die Leistung pro Länge

$$\frac{P}{\ell} = \frac{R \cdot I^2}{\ell} = \frac{4 \cdot \rho \cdot I^2}{\pi d^2}.$$

Wir lösen nach dem Durchmesser auf und setzen Zahlenwerte ein:

$$d = 2 \cdot I \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\pi \cdot \frac{P}{\ell}}} = 2 \cdot 20 \text{ A} \cdot \sqrt{\frac{1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}}{\pi \cdot \frac{2 \text{ W}}{\text{m}}}} = 2,08 \text{ mm}.$$

Wintersemester 2004/2005	Blatt 3
Studiengang: CI	Semester CI2
Prüfungsfach: Physik	Fachnummer: CI 2044, 2043

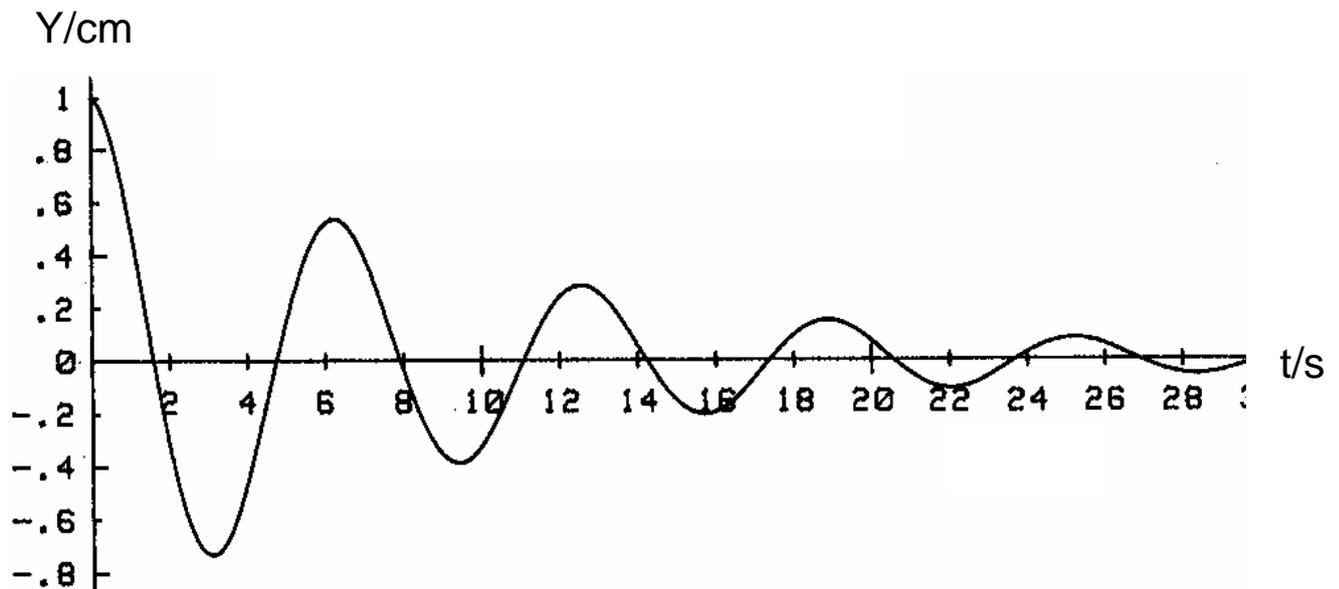
Aufgabe 2: (18 Punkte)

Im Physikunterricht wird der Zeitverlauf der Auslenkung eines gedämpften Feder-Masse-Pendels $y(t)$ aufgezeichnet (s. Skizze). Im Experiment wird die Masse zum Zeitpunkt $t=0$ s mit einer Anfangsauslenkung y_0 aus der Ruhe losgelassen.

Sie kennen das Weg-Zeit-Gesetz der gedämpften harmonischen Schwingung als:

$$y(t) = y_m \cdot e^{-\delta t} \cdot \cos(\omega_D t + \phi_0) \text{ und sollen folgende Größen ermitteln:}$$

- a) Anfangsauslenkung: y_0
- b) Periodendauer: T_D
- c) Kreisfrequenz: ω_D
- d) Abklingkoeffizient δ
- e) Dämpfungsgrad D



Lösungsvorschlag:

Anfangsauslenkung: $y_0 = 1\text{cm}$

Periodendauer: $T_D = 6\text{s}$

Kreisfrequenz: $\omega_D = \frac{2\pi}{T_D} = 1,0472 \frac{1}{\text{s}}$

Abklingkoeffizient $\delta = \frac{\ln(\frac{y_1}{y_4})}{3 \cdot T_D} = \frac{\ln(\frac{0,52\text{cm}}{0,1\text{cm}})}{3 \cdot 6\text{s}} = 0,0916 \frac{1}{\text{s}}$

Dämpfungsgrad $D = \frac{\delta}{\omega_0}$; $\omega_0 = \sqrt{\omega_D^2 + \delta^2} = 1,0512 \frac{1}{\text{s}}$; $D = \frac{0,0916 \frac{1}{\text{s}}}{1,0512 \frac{1}{\text{s}}} = 0,0871 \frac{1}{\text{s}}$

Nullphasenwinkel ϕ_0

Amplitudenfaktor y_m

$$(1) y(t) = y_m \cdot e^{-\delta t} \cdot \cos(\omega_D t + \phi_0)$$

$$(2) \dot{y}(t) = -y_m \cdot \delta \cdot e^{-\delta t} \cdot \cos(\omega_D t + \phi_0) - y_m \cdot \omega_D \cdot e^{-\delta t} \cdot \sin(\omega_D t + \phi_0)$$

Anfangsbedingungen

$$y(0) = 1\text{cm}$$

$$\dot{y}(0) = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$(1) y(0) = y_m \cdot \cos(\phi_0)$$

$$y_m = \frac{y(0)}{\cos(\phi_0)}$$

$$(2) \dot{y}(0) = 0 = -y_m \cdot \delta \cdot \cos(\phi_0) - y_m \cdot \omega_D \cdot \sin(\phi_0)$$

$$0 = -y_m (\delta \cdot \cos(\phi_0) + \omega_D \cdot \sin(\phi_0))$$

$$0 = \delta \cdot \cos(\phi_0) + \omega_D \cdot \sin(\phi_0)$$

$$-\frac{\delta}{\omega_D} = \frac{\sin(\phi_0)}{\cos(\phi_0)} = \tan(\phi_0)$$

$$\phi_0 = \arctan\left(-\frac{\delta}{\omega_D}\right) = -4,999\text{rad}$$

Eingesetzt in (1)

$$y_m = \frac{1\text{cm}}{\cos(-4,999\text{rad})} = 1,0038\text{cm}$$

Aufgabe 3: (35 Punkte)

Zur Bestimmung des optischen Absorptionskoeffizienten einer Lösung für die enzymatische Analyse haben Sie folgenden Zusammenhang der durchgelassenen Strahlungsleistung Φ mit der Flüssigkeitsdicke d gefunden:

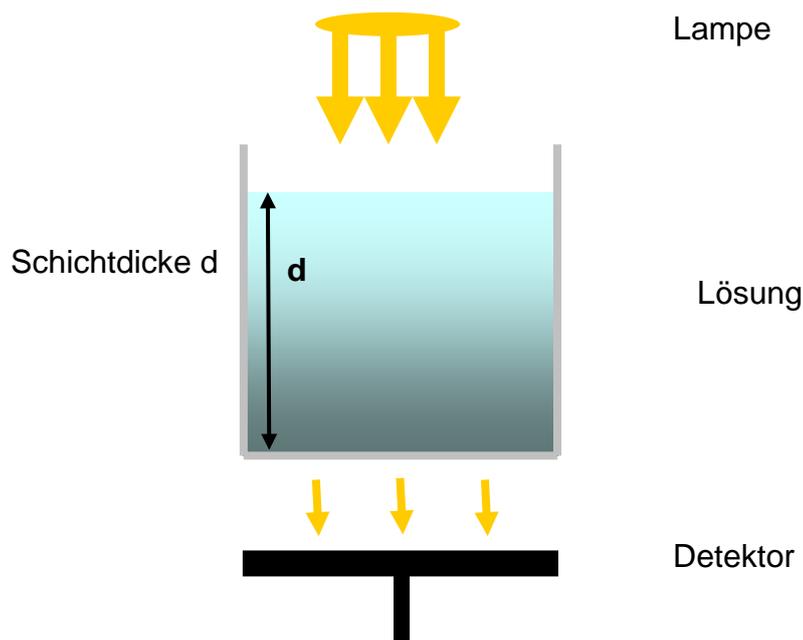
$$\phi = \phi_0 \cdot e^{-\alpha d}$$

Dabei ist Φ_0 die Strahlungsleistung ohne Flüssigkeit, Φ die Strahlungsleistung nach Durchtritt durch eine Flüssigkeitsschicht der Dicke d und α der gesuchte Absorptionskoeffizient.

Leider haben Sie während des Experimentes vergessen, die Strahlungsleistung Φ_0 , die ohne Flüssigkeit am Detektor ankommt, zu messen.

Messdaten						
Schichtdicke d/mm	0,2	0,6	1	1,5	4	10
Leistung $\Phi/\mu\text{W}$	22,5	21,7	20,8	19,8	15,4	8,5

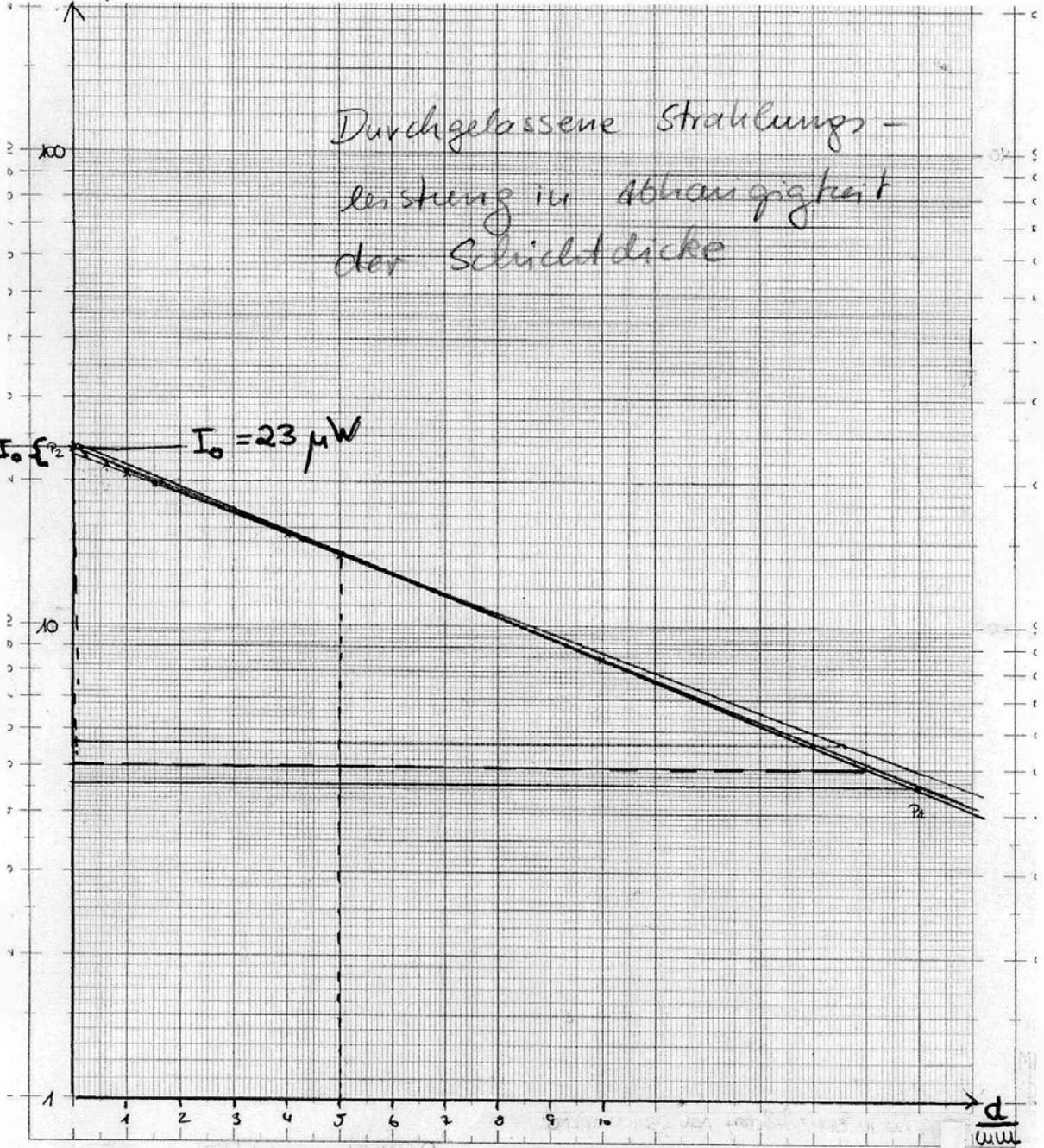
- Bestimmen Sie aus den Messdaten den Absorptionskoeffizienten α durch eine geeignete grafische Auftragung.
- Bestimmen Sie den Fehler des Absorptionskoeffizienten $\Delta\alpha$.
- Bestimmen Sie aus dem Diagramm die Leistung Φ_0 der Lampe ohne Flüssigkeit und ihren Fehler $\Delta\Phi_0$.



$E_n \left(\frac{\mu W}{\mu m^2} \right)$

Durchgelassene Strahlungsleistung in Abhängigkeit der Schichtdicke

$\Delta T \cdot \epsilon^2$ $I_0 = 23 \mu W$



a) Den Absorptionskoeffizienten α erhält man aus der Steigung m der Geraden

$$m = -0,1019 \text{ 1/mm}$$

$$\alpha = -m = +0,1019 \text{ 1/mm}$$

b) Den Fehler $\Delta\alpha$ des Absorptionskoeffizienten erhält man aus der maximalen und der minimalen Steigung

$$m_{\max} = -0,1046 \text{ 1/mm}$$

$$m_{\min} = -0,0962 \text{ 1/mm}$$

als $\Delta m/2 = -0,0042 \text{ 1/mm}$

$$\Delta\alpha = \pm 0,0042 \frac{1}{\text{mm}}$$

Das Ergebnis lautet $\alpha = (0,102 \pm 0,004) \frac{1}{\text{mm}}$

c) Die Strahlungsleistung der Lampe ohne Wasser Φ_0 wird aus dem Diagramm als Schnittpunkt der besten Geraden mit der y-Achse für die Schichtdicke $d=0 \text{ mm}$ als $\Phi_0 = 23,5 \text{ W}$ abgelesen.

Der Fehler $\Delta\Phi_0$ wird aus dem Diagramm als halbes Intervall zwischen dem Schnittpunkt der maximalen und dem der minimalen Geraden mit der Y-Achse abgelesen

$$\Delta\Phi_0 = (24 - 22,8) \mu\text{W}$$

$$\Delta\phi_0 = (24,0 - 22,8) \frac{\mu\text{W}}{2} = 0,6 \mu\text{W}$$

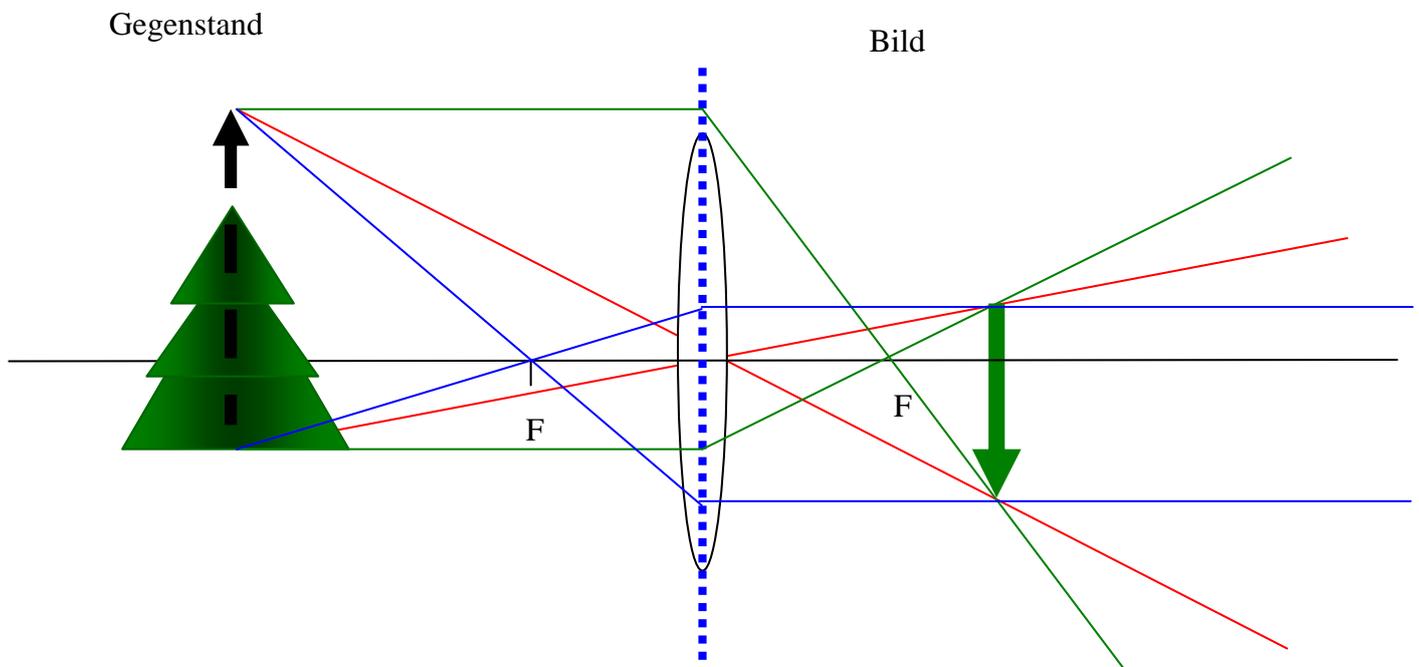
Das Ergebnis lautet $\phi_0 = (23,5 \pm 0,6) \mu\text{W}$

Wintersemester 2004/2005	Blatt 5
Studiengang: CI	Semester CI2
Prüfungsfach: Physik	Fachnummer: CI 2044, 2043

Lösungsvorschlag Aufgabe 4: (18 Punkte)

Konstruieren Sie das Bild des Gegenstandes, das durch die skizzierte dünne Linse erzeugt wird.

Zur Konstruktion des Bildes werden jeweils der Brennstrahl, der Mittelpunktstrahl und der Parallelstrahl von Oberkante und Unterkante des Gegenstandes gezeichnet. Sie treffen sich jeweils in einem Punkt und markieren die Orientierung und Größe des Bildes.



b) Es handelt sich um ein reelles Bild, es kann auf einem Schirm aufgefangen werden, es befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite der Linse in Bezug auf den Gegenstand und es ist umgekehrt.

d) Für eine dünne Linse gilt mit der Bildweite b und der Gegenstandsweite g

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

damit erhält man für die Bildweite $b=33,8 \text{ mm}$

d) Die Vergrößerung wird berechnet mit $V = -\frac{b}{g}$ und beträgt $V = -0,51$.

Wintersemester 2004/2005	Blatt 8
Studiengang: CI	Semester CI2
Prüfungsfach: Physik	Fachnummer: CI 2044, 2043

Aufgabe 5: (25 Punkte)

Die Kugel ($m=10\text{ g}$) eines Kugelstrahlapparates zum Testen von Lackschichten dringt versehentlich in eine anfangs in Ruhe befindliche Probenschachtel ($m=600\text{ g}$) ein, die auf dem horizontalen Labortisch liegt und bleibt darin stecken. Die Probenschachtel rutscht dadurch $0,15\text{ m}$ weit fort. Die Reibungszahl zwischen Tischplatte und Probenschachtel beträgt $\mu=0,4$.

- Welche Geschwindigkeit v_{Anfang} hatte die Kugel?
- Welcher Anteil der Energie der Kugel vor dem Stoß geht durch Reibung auf dem Tisch verloren?



Lösungsvorschlag:

a) Es handelt sich zunächst um einen **unelastischen** Stoß der Kugel mit der Probenschachtel. Hierfür gilt **nur** der Impulserhaltungssatz

$$m_G v_{\text{Anfang}} = (m_G + m_S) v_{\text{End}}$$

Die gemeinsame Endgeschwindigkeit von Schachtel und Kugel wird $v_{\text{End}} = \frac{m_G v_{\text{Anfang}}}{(m_G + m_S)}$.

Die kinetische Energie der Probenschachtel mit der Kugel wird nun durch Reibungsarbeit auf der Strecke x vollständig in Wärme umgewandelt.

$$\frac{1}{2} (m_G + m_S) v_{\text{End}}^2 = \mu \cdot (m_G + m_S) \cdot g \cdot x$$

$$v_{\text{End}} = \sqrt{\frac{\mu \cdot (m_G + m_S) \cdot g \cdot x}{\frac{1}{2} (m_G + m_S)}} = \frac{m_G v_{\text{Anfang}}}{(m_G + m_S)}$$

Aufgelöst nach v_{Anfang}

$$v_{\text{Anfang}} = \frac{(m_G + m_S)}{m_G} \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot x} = \frac{0,61 \text{ kg}}{0,01 \text{ kg}} \sqrt{2 \cdot 0,4 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,15 \text{ m}} = 66,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) Der Anteil der Reibungsenergie zur ursprünglichen kinetischen Energie der Kugel beträgt:

$$\frac{\mu \cdot (m_G + m_S) \cdot g \cdot x}{\frac{1}{2} m_G v_{\text{Anfang}}^2} = \frac{0,4 \cdot (0,01 \text{ kg} + 0,6 \text{ kg}) \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,15 \text{ m}}{\frac{1}{2} 0,01 \text{ kg} \cdot (66,2 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2} = 0,016$$

Das entspricht 1,6 %.

Wintersemester 2004/2005	Blatt 9
Studiengang: CI	Semester CI2
Prüfungsfach: Physik	Fachnummer: CI 2044, 2043

Aufgabe 6: (6 Punkte)

Ein UV-härtbarer Klarlack wird senkrecht zur Probenoberfläche mit UV-Licht einer Wellenlänge bestrahlt. Das Licht, das als ebene Welle angenommen werden kann, wird an der Probenrückseite (Substratoberfläche) reflektiert. Durch eine Messung der Aushärtung stellt man fest, dass die Härte im Abstand von 50 nm jeweils ein Maximum besitzt.

a) Mit welcher Wellenlänge wurde bestrahlt?

Durch die Reflexion der ebenen Lichtwelle an der Rückseite erhält man eine stehende Welle. Der Abstand zwischen zwei Knoten und damit auch zwei Wellenbäuchen beträgt $\lambda/2$. Die Wellenlänge des Lichtes ist damit $\lambda=100$ nm.

b) In welcher Entfernung zur Substratoberfläche tritt das erste Härtemaximum auf?

Die Entfernung zwischen einem Wellenknoten und dem Wellenbauch beträgt damit $\lambda/4=25$ nm.

