(1) Statische Ermittlung der Federkonstante *k* einer Schraubenfeder

Die Federkonstante *k* einer Schraubenfeder ist zu ermitteln. Dazu werden Körper bekannter Masse *m* unten an einer vertikal aufgehängten Feder befestigt und die sich dadurch einstellende Verlängerung *x* der Feder aus der Ruhelage *x* = 0 mm gemessen. Dies ergibt die folgenden Messwerte :

m / g	200	400	600	800	1000	1200	1400
x / mm	65	135	190	250	325	380	450

Nach dem HOOKEschen Gesetz sollte ein linearer Zusammenhang zwischen der auf die Feder einwirkenden Kraft F_{ext} und ihrer Auslenkung *x* bestehen:

$$F_{\text{ext}} = k \cdot x$$

a) Stellen Sie die Versuchsergebnisse in geeigneter Weise grafisch dar.

b) Bestimmen Sie aus dem Diagramm die Federkonstante *k*.

c) Schätzen Sie die zugehörige Messunsicherheit *Δk* ab.

(2) Dichte von Wasser im Temperaturintervall 0°C ≤ ϑ ≤ 100°C

Für Wasser ist nachstehend die Dichte ρ bei Normdruck (1013 hPa) in Abhängigkeit von der CELSIUS-Temperatur ϑ im Bereich 0°C ≤ ϑ ≤ 100°C zusammengestellt

ϑ / °C	ρ / g cm^{-3}
0	0,999 84
10	0,999 70
20	0,998 21
30	0,995 65
40	0,992 22
50	0,988 03
60	0,983 20
70	0,977 78
80	0,971 81
90	0,965 35
100	0,958 40

a) Tragen Sie auf Millimeterpapier in passendem Maßstab die Dichte ρ graphisch gegen die CELSIUS-Temperatur ϑ auf. Zeichen Sie eine ausgleichende Kurve durch die Messpunkte.

b) Bestimmen Sie für die Temperatur ϑ = 70°C den Temperaturkoeffizienten $\Delta\rho$ / ΔT der Dichte ρ.

(3) Brechungsindex *n* von Flussspat als Funktion der Wellenlänge *λ*

Die nachfolgende Tabelle enthält Messwerte für den Brechungsindex *n* von Flussspat (CaF_2) im Wellenlängenbereich zwischen 190 nm und 700 nm

λ / nm	190	200	220	240	260	280
n	1,5050	1,4953	1,4812	1,4713	1,4640	1,4584

λ / nm	300	350	400	500	600	700
n	1,4540	1,4466	1,4419	1,4365	1,4340	1,4318

a) Tragen Sie den Brechungsindex *n* in einer geegneten Skalierung gegen die Lichtwellenlänge *λ* auf.

b) Lesen Sie aus Ihren Diagramm den Brechungsindex n_{325} für die Wellenlänge λ = 325 nm ab.

c) Bestimmen Sie aus Ihrem Diagramm grafisch den Koeffizienten d*n* / d*λ* für die Wellenlänge λ = 325 nm.

(4) Viskosität von Wasser im Temperaturbereich 0°C ≤ ϑ ≤ 100°C

Die dynamische Zähigkeit η einer Flüssigkeit hängt in guter Näherung exponentiell von der absoluten Temperatur T ab :

$$\eta = A \cdot e^{\frac{b}{T}}$$

Für Wasser (H_2O) sollen aus den nachstehenden Messwerten die beiden Konstanten A und b bestimmt werden.

ϑ / °C	η / µ Pa s	T / K	T^{-1} / K^{-1}		ϑ / °C	η / µ Pa s	T / K	T^{-1} / K^{-1}
0	1791				60	466,8		
10	1308				70	404,4		
20	1003				80	355,0		
30	797,7				90	315,0		
40	653,1				100	282,2		
50	547,1							

Kohlrausch, F.: Praktische Physik; Band 3, 24. Auflage, 1996; B.G. Teubner (Stuttgart).
Tabelle 3.12 auf S. 356 ‘Eigenschaften von Wasser und Wasserdampf im Sättigungszustand‘.

a) Rechnen Sie zuerst von CELSIUS-Temperaturen auf absolute Temperaturen um.

b) Berechnen Sie die reziproke absolute Temperatur T^{-1}

Für a) und b) können Sie die Leerspalten der Tabelle benutzen.

c) Tragen Sie auf einfach logarithmischem Papier η gegen T^{-1} auf.

d) Legen Sie durch die Datenpunkte eine optimale Ausgleichsgerade.

e) Bestimmen Sie aus der Steigung der Geraden die Konstante b.

f) Ermitteln Sie A durch Einsetzen eines Wertepaares von η und T aus der Tabelle.

g) Geben Sie die Funktion η (T) analytisch an.

h) Kontrollieren Sie Ihr Ergebnis. Berechnen Sie aus der analytischen Funktion den Wert für eine zweite Temperatur und vergleichen Sie mit den Messdaten.

Zusatzaufgabe: Nutzen Sie ein PC-Programm (z.B. EXCEL) zur Bestimmung der Regressionsgeraden und vergleichen Sie mit der Auswertung von Hand.

(5) Viskosität von Glyzerin im Temperaturbereich -30°C ≤ ϑ ≤ 50°C

Für die dynamische Viskosität η von Glyzerin wurden in dem Temperaturbereich -30°C ≤ ϑ ≤ 50°C die folgenden experimentellen Werte gemessen

ϑ / °C	-30	-20	-10	0	5	20	30	50
η / µ Pa s	460	134	38	12,1	6,5	1,50	0,63	0,18

Nach der Theorie erwartet man für die dynamische Viskosität η eine exponentielle Abhängigkeit von der absoluten Temperatur T gemäß

$$\eta = \eta_0 \cdot e^{\frac{b}{T}}$$

a) Zeigen Sie, dass man bei logarithmischer Auftragung der dynamischen Viskosität gegen die reziproke absolute Temperatur eine Gerade erwartet.

b) Tragen Sie die Messwerte entsprechend grafisch auf.

c) Legen Sie eine optimale Ausgleichsgerade durch die Messpunkte.

d) Bestimmen Sie aus der Steigung dieser Geraden den Parameter b in der oben angegebenen Beziehung.

e) Bestimmen Sie die Konstante η_0 der obigen Beziehung und geben Sie die analytische Abhängigkeit η (T) für den Temperaturbereich -30°C ≤ ϑ ≤ 50°C an.

f) Überprüfen Sie Ihr Ergebnis aus Teilaufgabe e) anhand eines Messwertes, der auf der Geraden liegt.

(6) Gedämpfte Drehschwingungen – Drehpendel nach POHL

Bei der Untersuchung gedämpfter Schwingungen mit einem POHLschen Drehpendel wird man nach Anfangsauslenkung und Loslassen das folgende Abklingen der Winkelausschläge in Abständen von jeweils einer Schwingungsperiode beobachtet:

t / T_0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
β / Grad	150	125	112	91	80	70	62	50	45	37	33	27	23

In einem Vorversuch zeigte sich, dass 10 Schwingungen des ungedämpften Systems innerhalb eines Zeitintervalls von 22,5 s stattfinden.

Bei einer viskos gedämpften Schwingung erwartet man ein exponentielles Abklingen der Auslenkung β (hier im Winkelmaß gemessen) mit der Zeit t :

$$\beta = \beta_0 \cdot e^{-\delta \cdot t}$$

a) Zeigen Sie durch Auftragen auf einfach-logarithmischem Papier, dass die gemessenen Auslenkungen exponentiell abklingen.

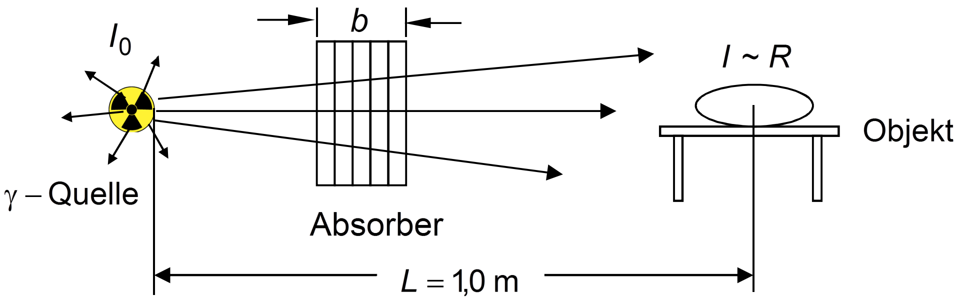
b) Legen Sie eine optimale Ausgleichsgerade durch die Messpunkte und bestimmen Sie aus ihrer Steigung den Abklingkoeffizienten δ der gedämpften Schwingung.

c) Schätzen Sie die Messunsicherheit für den Abklingkoeffizienten δ ab.

d) Bestimmen Sie den Dämpfungsgrad ϑ des Systems.

(7) Schwächung von Gamma-Strahlen

Im Abstand $L = 1{,}0\ \text{m}$ von einer Gammastrahlenquelle (Barium-133) wird eine gegenüber den Strahlenschutzvorschriften 10 fach überhöhte Zählrate R gemessen. Durch Absorption in einer Bleiabschirmung soll die Zählrate verringert werden.



In einem Versuch wurden die Zählraten R (gemessen in Impulsen pro Minute „ipm“ in Abhängigkeit von der Dicke b der Bleiabschirmung gemessen :

b / cm	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
R / ipm	4530	2830	1450	890	530	290	205	95	68

Die Zählrate R ist ein Maß für die Intensität I der Strahlung. Nach der Theorie erwartet man für die Intensität I eine exponentielle Abhängigkeit von der Dicke b der Bleiabschirmung, der Parameter μ ist dabei der Schwächungskoeffizient :

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot b}$$

a) Zeigen Sie, dass logarithmische Auftragung der Zählrate R gegen die Dicke b eine Gerade ergeben sollte

b) Tragen Sie dementsprechend die Messwerte grafisch auf.

c) Legen Sie eine optimale Ausgleichsgerade durch die Messpunkte.

d) Bestimmen Sie aus der Geradensteigung den Schwächungskoeffizienten μ.

e) Welche Dicke d muss die Bleiabschirmung haben, damit die Zählrate im Abstand $L = 1{,}0$ m von der Strahlenquelle den Strahlenschutzvorschriften entspricht ?

(8) Planetendaten des Sonnensystems und 3. KEPLERsches Gesetz

Für unser Planetensystem gilt für die großen Bahnhalbachsen a_P und die Umlaufzeiten T_P der Planeten um die Sonne

Planet	Grosse Bahnhalbachse a_P / m	Umlaufzeit T_P / s
Merkur	$5.79 \cdot 10^{10}$	$7.60 \cdot 10^{6}$
Venus	$1.08 \cdot 10^{11}$	$1.94 \cdot 10^{7}$
Erde	$1.50 \cdot 10^{11}$	$3.16 \cdot 10^{7}$
Mars	$2.28 \cdot 10^{11}$	$5.94 \cdot 10^{7}$
Jupiter	$7.78 \cdot 10^{11}$	$3.74 \cdot 10^{8}$
Saturn	$1.43 \cdot 10^{12}$	$9.30 \cdot 10^{8}$
Uranus	$2.87 \cdot 10^{12}$	$2.66 \cdot 10^{9}$
Neptun	$4.50 \cdot 10^{12}$	$5.20 \cdot 10^{9}$
Pluto	$5.92 \cdot 10^{12}$	$7.82 \cdot 10^{9}$

a) Tragen Sie auf doppelt-logarithmischem Papier die großen Bahnhalbachsen a_P gegen die Umlaufzeiten T_P auf.

b) Ermitteln Sie mit Hilfe einer durch die Punkte im Diagramm gelegten Ausgleichsgerade den Zusammenhang zwischen den beiden Größen a_P und T_P (dieser ist das 3. KEPLERsche Gesetz).

c) Vergleichen Sie das Resultat aus b) mit dem nach der Theorie zu erwartenden Zusammenhang zwischen Umlaufzeit und Länge der Halbachse der Bahn.

Hinweis zu Teil c): Die Planeten bewegen sich in guter Näherung auf Kreisbahnen. Die auf sie einwirkende Zentripetalkraft ist dabei die NEWTONsche Gravitationskraft.