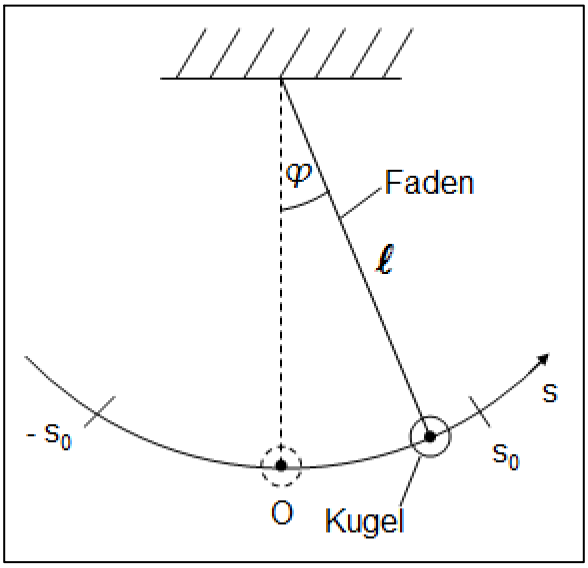
Abschlussprüfung Berufliche Oberschule 2014

- **Physik 12 Technik - Aufgabe III - Lösung**

Teilaufgabe 1.0
Ein Faden und eine kleine Kugel mit der Masse $m_0 = 120 \cdot g$ als Pendelkörper bilden ein Fadenpendel mit der Pendellänge l. Wird das Fadenpendel ausgelenkt und dann losgelassen, so schwingt die kleine Kugel in einer vertikalen Ebene um die Gleichgewichtslage O hin und her.
Die Masse des Fadens und die Dämpfung der Schwingung sind vernachlässigbar klein.
Das Bezugsniveau für die potentielle Energie der Erdanziehung sei die Horizontalebene durch den Punkt O.



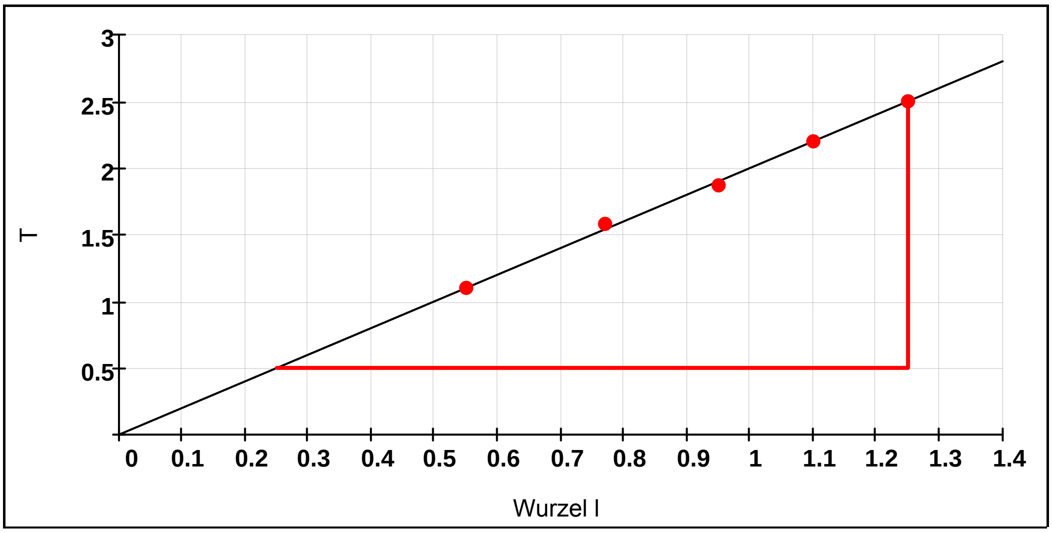
Teilaufgabe 1.1.0
die Abhängigkeit der Periodendauer T der Pendelschwingung von der Pendellänge l wird für kleine Auslenkwinkel experimentell untersucht. Bei der durchführung des Versuchs erhält man folgende Messergebnisse:

"l in m"	0.30	0.60	0.90	1.20	1.55
"T in s"	1.10	1.58	1.87	2.20	2.50

Teilaufgabe 1.1.1 (5 BE)
Bestätigen Sie durch graphische Auswertung der Messreihe, dass gilt: $T \sim \sqrt{l}$

Wertetabelle

$\frac{\sqrt{l}}{\sqrt{m}}$	0.55	0.77	0.95	1.10	1.25
$\frac{T}{s}$	1.10	1.58	1.87	2.20	2.50



Die Messwerte liegen im Rahmen der Messgenauigkeit auf einer Ursprungsgeraden $\Rightarrow$ $T \sim \sqrt{l}$.

Teilaufgabe 1.1.2 (3 BE)
Geben Sie die Abhängigkeit der Periodendauer T von der Pendellänge l in Form einer Gleichung an und bestimmen Sie die auftretende Konstante k aus dem Diagramm von 1.1.1.

$$T = k \cdot \sqrt{l}$$

$$k = \frac{\Delta T}{\Delta\left(\sqrt{l}\right)} = \frac{2.5 \cdot s - 0.5 \cdot s}{1.25 \cdot \sqrt{m} - 0.25 \cdot \sqrt{m}} = 2.0 \cdot \frac{s}{\sqrt{m}}$$

Teilaufgabe 1.2.0
Das Fadenpendel mit der Pendellänge $l = 1.55 \cdot m$ wird um den Winkel $\varphi_{max} = 7.5°$ nach rechts ausgelenkt. Aus dieser Position wird der Pendelkörper zum Zeitpunkt $t_0 = 0 \cdot s$ aus der Ruhe heraus losgelassen. Der Pendelkörper schwingt harmonisch mit der Periodendauer $T = 2.50 \cdot s$ und der Amplitude s_0.

Teilaufgabe 1.2.1 (4 BE)
Berechnen Sie s_0 und geben Sie die Gleichung, die die Abhängigkeit der Elongation s des Pendelkörpers von der Zeit t beschreibt, mit eingesetzten Zahlenwerten an.
[Teilergebnis: $s_0 = 20 \cdot cm$]

Bogen zum Winkel φ_{max} ausrechnen:

$$\frac{\varphi_{max}}{360°} = \frac{s_0}{2 \cdot l \cdot \pi} \qquad \Rightarrow \qquad s_0 = \frac{\varphi_{max}}{360°} \cdot 2 \cdot l \cdot \pi = \frac{\varphi_{max}}{180°} \cdot l \cdot \pi$$

$$s_0 := \frac{7.5}{180} \cdot 1.55 \cdot m \cdot \pi \qquad s_0 = 0.203\,m \qquad \text{gerundet:} \qquad s_0 = 20 \cdot cm$$

Allgemeiner Ansatz: $s(t) = s_0 \cdot \cos(\omega \cdot t) = s_0 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t\right)$

Konkrete Gleichung: $s(t) = 20 \cdot cm \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{2.50 \cdot s} \cdot t\right) = 20 \cdot cm \cdot \cos\left(\frac{0.800 \cdot \pi}{s} \cdot t\right)$

Teilaufgabe 1.2.2 (3 BE)
Berechnen Sie die maximale kinetische Energie des Pendelkörpers bei dieser harmonischen Schwingung des Fadenpendels.

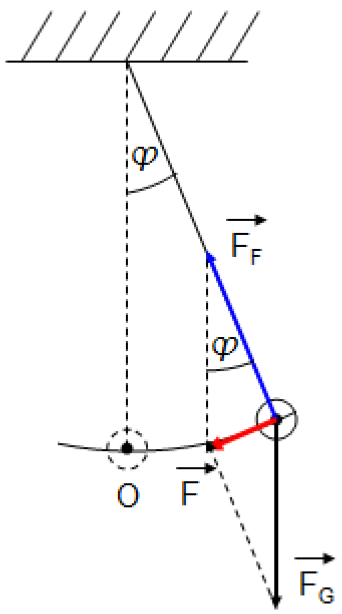
$$v(t) = \frac{d}{dt}(s(t)) = 20 \cdot cm \cdot \frac{0.800 \cdot \pi}{s} \cdot \left(-\sin\left(\frac{0.800 \cdot \pi}{s} \cdot t\right)\right)$$

Amplitude: $v_0 := 20 \cdot cm \cdot \frac{0.800 \cdot \pi}{s}$ $\qquad v_0 = 0.503 \frac{m}{s}$

$$E_{kin}(t) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v(t))^2 \quad \Rightarrow \quad E_{max} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2$$

$$E_{max} := \frac{1}{2} \cdot 0.120 \cdot kg \cdot \left(0.503 \frac{m}{s}\right)^2 \qquad E_{max} = 0.015\,J$$

Teilaufgabe 1.2.3 (6 BE)
Im rechten Umkehrpunkt übt der Faden auf den Pendelkörper die Kraft $\vec{F_F}$ aus.
Berechnen Sie mithilfe eines Kräfteplans, der alle auf den Pendelkörper wirkenden Kräfte enthält, den Betrag F_F der Kraft $\vec{F_F}$.



$\varphi = \varphi_{max}$

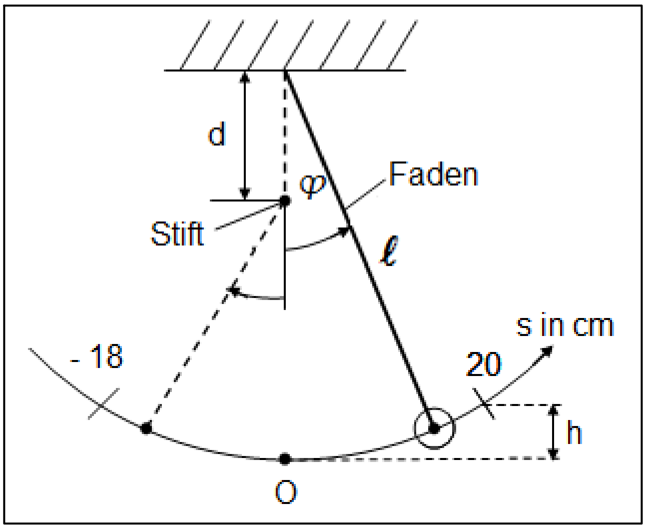
$\cos(\varphi) = \frac{F_F}{F_G}$ mit $F_F = \left|\vec{F_F}\right|$ und $F_G = \left|\vec{F_G}\right|$

$$F_F = F_G \cdot \cos(\varphi) = m \cdot g \cdot \cos(\varphi_{max})$$

$$F_F := 0.120 \cdot kg \cdot 9.81 \cdot \frac{m}{s^2} \cdot \cos(7.5°)$$

$$F_F = 1.2\,N$$

Teilaufgabe 1.3.0
Galilei'sches Hemmungspendel
Im Abstand $d = 35 \cdot cm$ unterhalb des Aufhängepunkts des Pendesl wird ein Stift angebracht. Das Pendel mit der Pendellänge $l = 1.55 \cdot m$ wird noch einmal um den Winkel $\varphi_{max} = 7.5°$ nach echts ausgelenkt.
Dabei wird der Pendelkörper in die Höhe $h = 1.3 \cdot cm$ über der Gleichgewichtslage angehoben.
Der Pendekörper wird wieder zum Zeitpunkt $t_0 = 0 \cdot s$ aus der Ruhe heraus losgelassen.



Teilaufgabe 1.3.1 (5 BE)
Bestätigen Sie durch Rechnung, dass bei der Schwingung des Galilei'schen Hemmungspendels der Pendelkörper im linken Umkehrpunkt nur um 18 cm aus der Gleichgewichtslage ausgelenkt ist.

1. Möglichkeit zur Berechnung: über geometrische Beziehungen:

Energieerhaltungssatz: $E_{pot,\,links} = E_{pot,\,rechts}$

Wegen des Energieerhaltungssatzes schwingt das Pendel auf der linken Seite genau so hoch wie auf der rechten Seite, die Höhe der Umkehrpunkte ist gleich groß.

Bezeichnung: Pendellänge links vom Stift: $l_0 = l - d$ $\qquad \varphi_{max,\,links} = \varphi_0$

maximale Auslenkung nach links: $s_{0,\,links} = s_H$

$$s_H = l_0 \cdot \varphi_{max,\,links} = (l - d) \cdot \varphi_{max,\,links}$$

$$\cos(\varphi_0) = \frac{l_0 - h}{l_0} = \frac{l - d - h}{l - d} \quad \Rightarrow \quad \varphi_0 = \arccos\left(\frac{l - d - h}{l - d}\right)$$

$$\varphi_0 := \text{acos}\left[\frac{(1.55 - 0.35 - 0.013) \cdot m}{(1.55 - 0.35) \cdot m}\right] \qquad \varphi_0 = 8.441 \cdot °$$

$$s_H := (1.55 \cdot m - 0.35 \cdot m) \cdot 8.441° \qquad s_H = 0.18\,m \qquad s_H = 18 \cdot cm$$

2. Möglichkeit zur Berechnung: über Energieerhaltung

$$E_{pot} = E_{spann} \quad \Leftrightarrow \quad m_0 \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_0 \cdot g}{l_0} \cdot x^2 \quad \Leftrightarrow \quad h = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{l_0} \cdot x^2$$

$$x_{links} = \sqrt{2 \cdot l_0 \cdot h} \qquad x_{links} := \sqrt{2 \cdot 1.2 \cdot m \cdot 0.013 \cdot m} \qquad x_{links} = 0.18\,m \qquad x_{links} = 18 \cdot cm$$

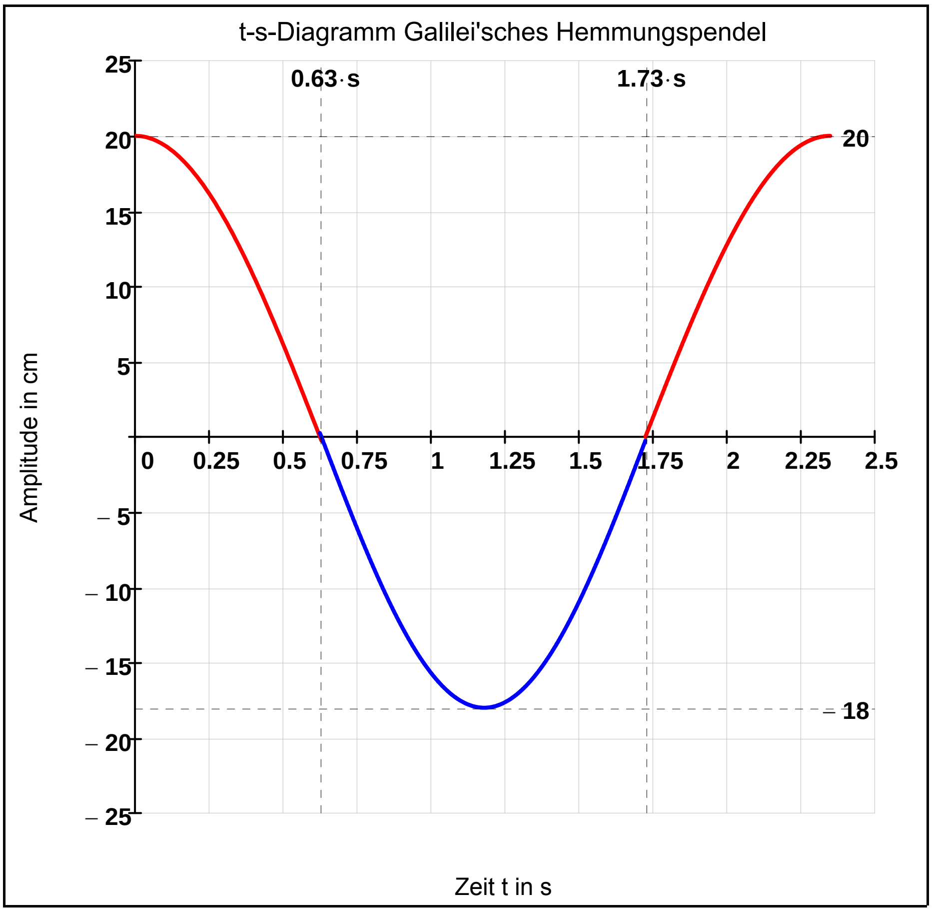
Teilaufgabe 1.3.2 (3 BE)
Berechnen Sie mithilfe geeigneter Messergebnisse aus 1.1.0 die Periodendauer T_H der Schwingung des Galilei'schen Hemmungspendels.

Wenn das Hemmungspendel zurück schwingt, hat sich seine potentielle Energie beim Durchgang durch die Gleichgewichtslage vollständig in kinetische Energie umgewandelt. Das Pendel schwingt also auf der rechten Seite so weiter, als wäre es nicht abgeknickt worden.
Die Gesamtschwingungsdauer T ergibt sich dann aus der Summe der halben Teilschwingungsdauern.

Verringerte Pendellänge: $l_0 := 1.2 \cdot m$ Tabelle: $T_0 := 2.2 \cdot s$ gegeben: $T_1 := 2.5 \cdot s$

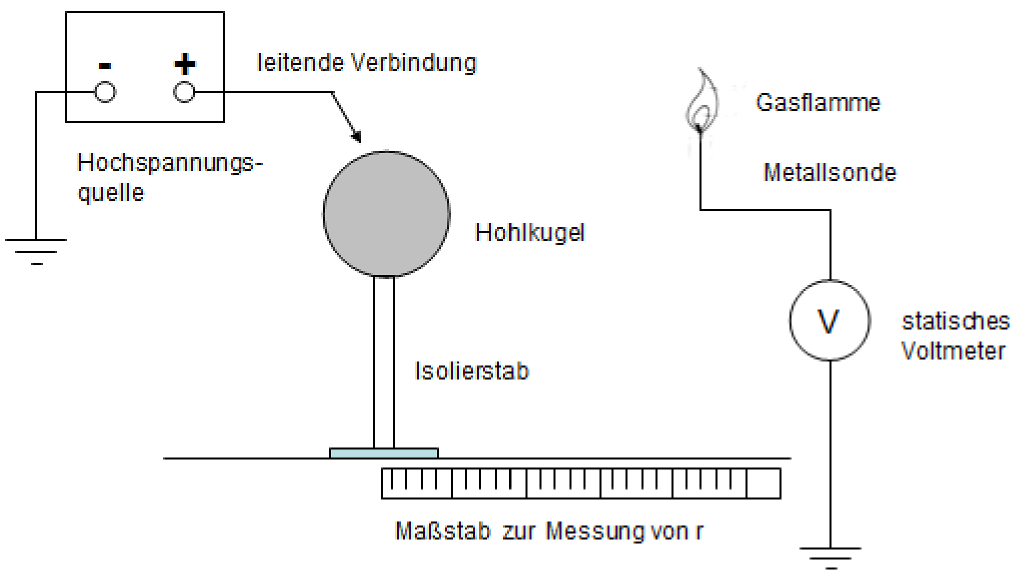
$$T_{ges} := \frac{1}{2} \cdot T_1 + \frac{1}{2} \cdot T_0 \qquad T_{ges} = 2.35\,s$$

Teilaufgabe 1.3.3 (4 BE)
Zeichnen Sie mithilfe geeigneter Punkte das t-s-Diagramm zur Schwingung des Galilei'schen Hemmungspendels für $0 \cdot s \le t \le T_H$.
Verwenden Sie dabei den Maßstab: $0.25 \cdot s$ entspricht $1 \cdot cm$; $5.0 \cdot cm$ entspricht $1 \cdot cm$;



Teilaufgabe 2.0
Eine Hohlkugel K (Radius $r_K = 4.5 \cdot cm$) wird kurzzeitig leitend mit dem Pluspol einer Gleichspannungsquelle verbunden. Die Kugel K nimmt dabei die Ladung Q_K auf.
Jedem Punmkt P im elektrischen Feld der geladenen Kugel ist ein elektrisches Potential φ zugeordnet. Das elektrische Potential in einem von der Kugel unendlich weit entfernten Punkt sei gleich Null.
Die Abhängigkeit des elektrischen Potentials φ vom Abstand r eines Punktes P vom Mittelpunkt der Hohlkugel wird mithilfe einer Flammensonde untersucht. Dabei ist $r > r_K$.

Teilaufgabe 2.1 (4 BE)
Fertigen Sie eine beschriftete Skizze des Versuchsaufbaus mit allen notwendigen Geräten an.



Teilaufgabe 2.2 (6 BE)
Erklären Sie die Funktionsweise einer Flammensonde.

- Mit einer Metallsonde, die mir einem statischen Voltmeter verbunden ist, soll das Potential in einem elektrischen Feld gemessen werden.
- Im $\vec{E}$ -Feld entstehen an der Spitze der Sonde Influenzladungen, die das zu messende Feld verändern, es ist keine exakte Messung möglich.
- Durch die Gasfallem wird die Luft um die Sonde ionisiert, sodass die Influenzladungen abfließen können.
- Jetzt ist eine ungestörte Messung im $\vec{E}$ -Feld möglich.

Teilaufgabe 2.3.0

Die Hohlkugel trägt die Ladung $Q_K = 35 \cdot 10^{-9} \cdot As$.

Der Punkt B liegt auf der Oberfläche der Hohlkugel. Der Punkt P befindet sich in der Entfernung $r_P = 8.5 \cdot cm$ vom Mittelpunkt der Hohlkugel.

Teilaufgabe 2.3.1 (3 BE)

Berechnen Sie das elektrische Potential φ_B des Punktes B und das elektrische Potential φ_P des Punktes P.

Potential: $\varphi_B = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Q_K}{r_B}$ mit $r_B = r_P$

im Punkt B: $\varphi_B := \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8.854 \times 10^{-12} \frac{A \cdot s}{V \cdot m}} \cdot \frac{35 \cdot 10^{-9} \cdot A \cdot s}{0.045 \cdot m}$ $\qquad \varphi_B = 7.0 \times 10^3 \cdot V$

im Punkt P: $\varphi_P := \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8.854 \times 10^{-12} \frac{A \cdot s}{V \cdot m}} \cdot \frac{35 \cdot 10^{-9} \cdot A \cdot s}{0.085 \cdot m}$ $\qquad \varphi_P = 3.7 \times 10^3 \, V$

Teilaufgabe 2.3.2 (4 BE)

Ein Staubteilchen mit der Masse $m = 2.5 \cdot 10^{-8} \cdot kg$ und der Ladung $q = -4.0 \cdot 10^{-10} \cdot As$ befindet sich im Punkt P und besitzt eine vernachlässigbar kleine Geschwindigkeit.
Die Gewichtskraft des Staubteilchens ist im Vergleich zur elektrischen Karft, durch die das Staubteilchen zur Hohlkugel hin beschleunigt wird, verschwindend klein.
Auftriebskraft und Luftwiderstand sind zu vernachlässigen.

Berechnen Sie den Betrag v_K der Geschwindigkeit $\vec{v_K}$, mit der das Staubteilchen auf die Hohlkugel auftrifft.

Die potentielle Energie einer Ladung im unendlich fernen Punkt sei Null.

$$E_{kin,B} + E_{pot,B} = E_{pot,P} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_K^2 + q \cdot \varphi_B = q \cdot \varphi_P$$

Auflösen: $v_K = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot (\varphi_P - \varphi_B)}{m}}$

$$v_K := \sqrt{\frac{2 \cdot (-4 \cdot 10^{-10} \cdot A \cdot s) \cdot (3.7 \times 10^3 \, V - 7 \cdot 10^3 \cdot V)}{2.5 \cdot 10^{-8} \cdot kg}} \qquad v_K = 10 \, \frac{m}{s}$$