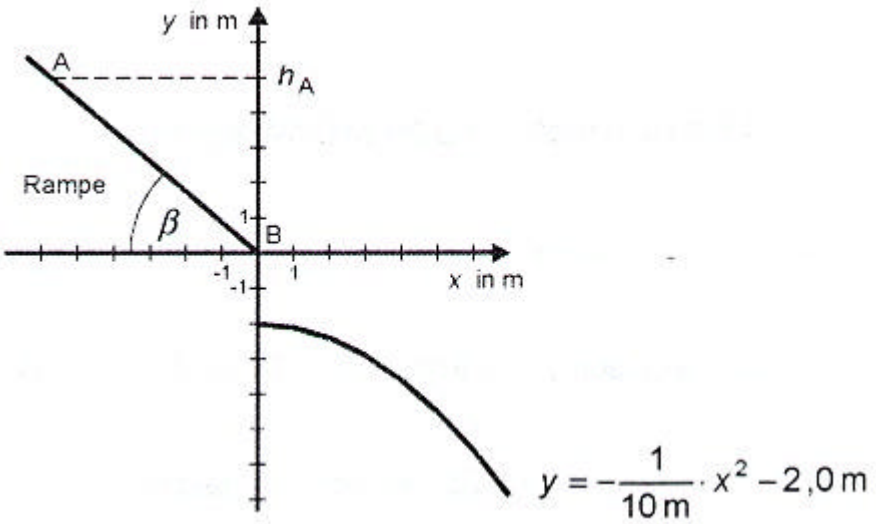
# Lösungen zur Abiturprüfung 2002

# Physik - Leistungskurs

## Teil A

### Aufgabe A: Mechanik / Elektrizitätslehre

1. Ein Körper der Masse 10,0 kg gleitet entsprechend der Abbildung zunächst auf einer geneigten Rampe hinab. Er passiert die Höhe $h_A$ = 5,0 m mit der Geschwindigkeit $v_A$ = 1,0 m $s^{-1}$ und trifft nach dem Verlassen der Rampe auf einem parabelförmigen Hang auf. Die Reibung wird vernachlässigt. Der Winkel ß kann verändert werden. Die Höhe $h_A$ und die Geschwindigkeit $v_A$ bleiben konstant.




1.1. Berechnen Sie die Abwurfgeschwindigkeit im Punkt B(0;0).

Reibung vernachlässigt heißt, Energieerhaltungssatz ist anwendbar. Folglich gilt:

$$E_{pot,A} + E_{kin,A} = E_{kin,B}$$

$$\frac{1}{2} m v_A^2 + mgh = \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$v_A^2 + 2gh = v_B^2$$

$$v_B = \sqrt{v_A^2 + 2gh} = \underline{10\,\frac{m}{s}}$$

**Erreichbare BE-Anzahl: 2**

1.2. Ermitteln Sie die Koordinaten des Auftreffortes $P_1(x_{P1}; y_{P1})$ für ß = 45° und berechnen Sie die Auftreffgeschwindigkeit des Körpers in $P_1$.

*(Hinweis:* Beachten Sie, dass der Abwurfwinkel a = -45° beträgt.)

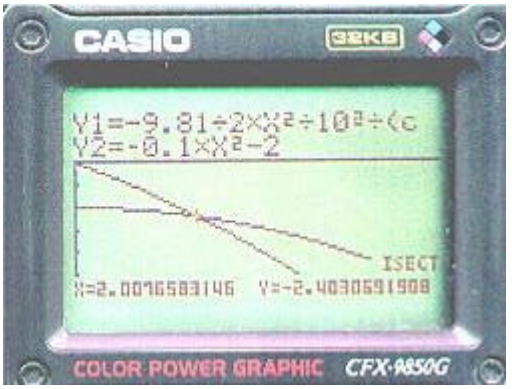
- Im Punkt B beginnt ein schräger Wurf mit der Gleichung

$$y_{Wurf} = -\frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cdot \cos^2\alpha} + x \cdot \tan\alpha$$

- Für den anschließenden Hang ist gegeben:

$$y_{Hang} = -\frac{1}{10\,m} \cdot x^2 - 2{,}0\,m$$

- Eingabe beider Gleichungen in den GTR, (Window: xMin :0, xMax: 10, yMin : -6, yMax: 2)
- Zeichnen beider Graphen, mit <GSOLV><ISCT> Schnittpunkt bestimmen.




Koordinaten des Auftreffpunktes sind: $\mathbf{x_{P1}}$ **= 2,0 m;** $\mathbf{y_{P1}}$ **= -2,4 m**

Bestimmung von $v_P$:

$$E_{kin,P} = E_{kin,B} + E_{pot,B}$$

$$\frac{1}{2} m v_P^2 = \frac{1}{2} m v_B^2 + mg|h|$$

$$v_P = \sqrt{v_B^2 + 2g|h_P|} = \sqrt{(10\,m \cdot s^{-1})^2 + 2 \cdot 9{,}81\,m \cdot s^{-2} \cdot 2\,m} = \underline{12\,\frac{m}{s}}$$

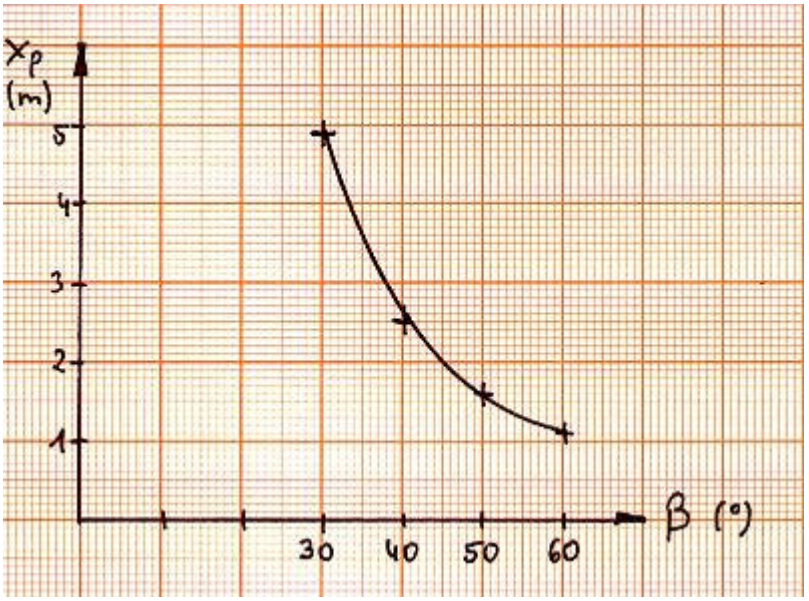
**Erreichbare BE-Anzahl: 4**

1.3. Der Winkel ß wird nun zwischen 30° und 60° variiert.

Zeichnen Sie den Graph der Funktion $x_P(ß)$ nach Ermittlung von mindestens vier weiteren Wertepaaren.

Grafische Lösung wie in Aufgabe 1.2
In die Gleichung für die Wurfparabel werden die veränderlichen Winkel ß eingesetzt, dabei ist auf das negative Vorzeichen zu achten.

| ß in ° | 30 | 0 | 50 | 60 |
|---|---|---|---|---|
| $x_p$ in m | 4,9 | 2,5 | 1,6 | 1,1 |



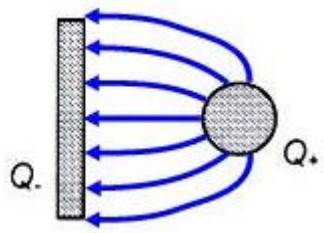

**Erreichbare BE-Anzahl: 3**

1.4. Der Gleitkörper wird durch eine Kugel ersetzt. Beim Rollen der Kugel wird keine mechanische Energie in thermische Energie umgewandelt. Vergleichen Sie die Abwurfgeschwindigkeit der Kugel qualitativ mit der des gleitenden Körpers. Begründen Sie.

Die Abwurfgeschwindigkeit einer Kugel ist im Punkt $v_B$ kleiner als die des Gleitkörpers. Grund: Hier werden die Ausgangsenergien nicht nur in kinetische Energie der Translation umgewandelt, die den Wert $v_B$ bestimmt. Ein Teil der Energie wird in Rotationsenergie umgewandelt, die die Translationsgeschwindigkeit herabsetzt.

**Erreichbare BE-Anzahl: 2**

2. Skizzieren Sie das Feldlinienbild zwischen einer negativ geladenen Platte und einer positiv geladenen Kugel (s. Abbildung).
Zwischen Platte und Kugel wird nun ein zunächst ruhender negativ geladener Probekörper freigegeben. Die Gewichtskraft des Probekörpers ist gegenüber der Feldkraft vernachlässigbar klein.
Beschreiben Sie die Bahnkurve des Probekörpers.



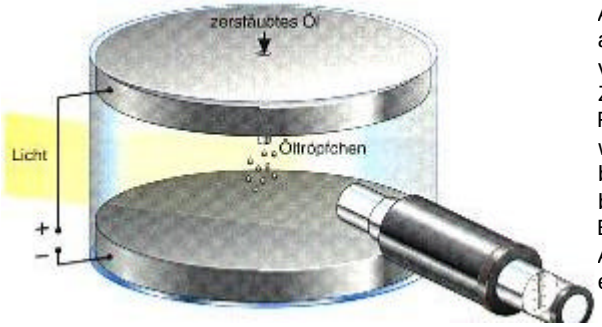

Bahnkurve des Probekörpers ist entweder eine Gerade (entlang der Symmetrieachse), im Allgemeinen aber folgt die Bahn den gekrümmten Feldlinien, die Richtung ist entgegen der Feldlinien orientiert.

Geben Sie die Bewegungsart an und begründen Sie.

Bewegungsart ist <u>ungleichmäßig</u> beschleunigt in Richtung $Q^+$, da das Feld inhomogen ist, daraus lässt sich eine nicht konstante Feldkraft ableiten. Wegen NEWTONschem Grundgesetz $F = m \cdot a$ ist auch a nicht konstant.

**Erreichbare BE-Anzahl: 5**

3. Im Jahr 1909 gelang dem Amerikaner Robert A. Millikan durch die Messung der Ladung von Öltröpfchen erstmals die Bestimmung der Elementarladung.
3.1. Beschreiben Sie Aufbau, Durchführung und Auswertung dieses oder eines ähnlichen Experimentes.




An einen Plattenkondensator mit horizontalen, parallel angeordneten Platten geringen Abstandes wird eine veränderliche Gleichspannung angelegt. Mit einem Zerstäuber werden feinste Öltröpfchen in das elektrische Feld zwischen den Platten eingesprüht. Über ein Mikroskop wird die Bewegung bzw. das Schweben der Tröpfchen beobachtet und der Radius / Durchmesser des beobachteten schwebenden Tröpfchens ermittelt.
Ergebnis: Bei bestimmten Spannungswerten in diskreten Abständen stellen sich Schwebezustände einiger Tröpfchen ein, für die gilt: $F_{Feld} = F_G$

Aus der Gewichtskraft des schwebenden Tröpfchens (berechnet aus Volumen, Dichte und g und der angelegten Spannung lässt sich die Ladung Q bestimmen. Die Werte lassen erkennen, dass Q stets ein ganzzahliges Vielfaches eines kleinsten Faktors ? der Elementarladung e ? ist.

**Erreichbare BE-Anzahl: 5**

3.2. In einem Millikankondensator mit dem Plattenabstand 5,0 mm wird ein schwebendes Öltröpfchen mit dem Radius $9{,}0 \cdot 10^{-4}$ mm beobachtet. Die Dichte des Öls beträgt $0{,}90 g \cdot cm^{-3}$.

Berechnen Sie die am Kondensator anliegende Spannung für den Fall, dass die Ladung des Öltröpfchens $5 \cdot e$ beträgt.

Für den Schwebezustand eines Öltropfens gilt das Kräftegleichgewicht

$$F_{elFeld} = F_G$$

$$E \cdot Q = m \cdot g \qquad E = \frac{U}{d} \qquad m = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$\frac{U \cdot Q}{d} = \frac{4}{3} \pi \rho r^3 \cdot g$$

$$U = \frac{4 \pi \rho r^3 \cdot d \cdot g}{3 \cdot 5e} = \frac{4 \pi \cdot 0{,}90 \cdot 10^{-3} Kg \cdot cm^{-3} \cdot (9{,}0 \cdot 10^{-5} cm)^3 \cdot 5 \cdot 10^{-3} m \cdot 9{,}81 m \cdot s^{-2}}{15 \cdot 1{,}6022 \cdot 10^{-19} As} = \underline{172V}$$

**Erreichbare BE-Anzahl: 4**

# Lösungen zur Abiturprüfung 2002

# Physik - Leistungskurs

## Teil B

## Aufgabe B: Quantenoptik / Thermodymanik

1. In einer Vakuumfotozelle werden aus der Cäsiumschicht der Kathode durch Bestrahlung mit Licht Elektronen herausgelöst.
1.1. Erläutern Sie die dabei auftretende Energieumwandlung bezüglich der Wechselwirkung von Photonen und Elektronen.
Entscheiden Sie, ob die Intensität des Lichts die Anzahl der herausgelöstenn Elektronen beeinflusst. Begründen Sie.

Licht besteht nach EINSTEIN aus ?Energieportionen?, den Lichtquanten der Größe h·f. Jedes Photon tritt beim äußeren lichtelektrischen Effekt mit genau einem Elektron in Wechselwirkung. Die Energie des Photons wird dazu genutzt, die nötige Ablösearbeit zu verrichten und damit ein Fotoelektron aus der Kathodenoberfläche zu lösen. Ist die Frequenz des Photons größer als die Grenzfrequenz (und das wird in der Aufgabe angenommen), wird der verbleibende Restbetrag der Photonenenergie genutzt, um dem herausgelösten Elektron Bewegungsenergie zu verleihen. Das Photon hat damit seine gesamte Engerie verloren - es existiert nicht mehr.

Eine höhere Lichtintensität bedeutet, dass in derselben Zeit mehr Photonen auf das Kathodenmaterial treffen. Da nach EINSTEIN jedes Photon mit genau einem Elektron in Wechselwirkung tritt, können bei gleicher Lichtfrequenz mehr Elektronen herausgelöst werden.

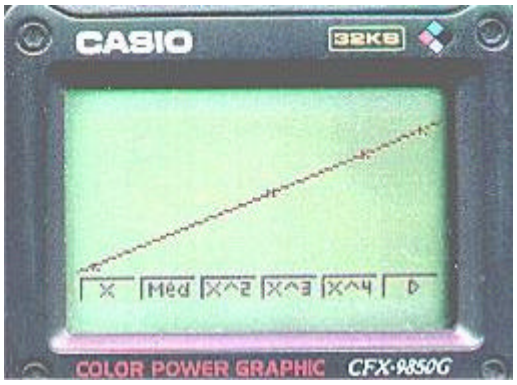
**Erreichbare BE-Anzahl: 3**

1.2. Mit Licht einer Wasserstoffspektrallampe wurde die Abhängigkeit der maximalen kinetischen Energie der Elektronen von der Wellenlänge bestimmt.

| **l in nm** | 486 | 434 | 410 | 397 |
|---|---|---|---|---|
| **$E_{Kin}$ in eV** | 0,61 | 0,92 | 1,09 | 1,19 |

1.2.1. Ermitteln Sie unter Verwendung aller Messwerte das Planck'sche Wirkungsquantum und geben Sie die Ablösearbeit an.

- Eingabe der Wellenlänge in eine Liste des GTR,
- Umrechnen der Wellenlänge in Frequenzen mit der Gleichung $c=\lambda \cdot f$ $\quad f=\frac{c}{\lambda}$
- Eingabe der Werte für $E_{kin}$ in eine weitere GTR-Liste, Umrechnen der Einheiten in Ws
-




Regression der linearen Funktionsgleichung in der Form wie abgebildet, dabei entspricht A dem Anstieg und somit dem PLANCKschen Wirkungsquantum und B der Verschiebung entlang der y-Achse und somit der Ablösearbeit $W_A$:

**$h = 6{,}72 \cdot 10^{-34}$ Js**

**$W_A = 3{,}17 \cdot 10^{-19}$ Ws = 1,98 eV**

- Darstellung der EINSTEINschen Gerade,
  *Man beachte: Die Aufgabenstellung fordert die Einbeziehung <u>aller</u> Messwerte! Sollte der Prüfling die Werte für h und $W_A$ ohne Nutzung des GTR bestimmt haben, müsste jedes Wertepaar betrachtet werden und anschließend der Mittelwert genannt sein.*

1.2.2. Erläutern Sie eine experimentelle Möglichkeit, die maximale kinetische Energie der Fotoelektronen zu bestimmen.

Um die maximale kin. Energie bestimmen zu können, muss in einem Gegenfeld auch das schnellste Elektron von der Anode ferngehalten werden. Man legt eine veränderliche Gleichspannung so an die Fotozelle an, dass der Minuspol an der Anode liegt. Bei Verbinden von Anode und Kathode durch ein Amperemeter zeigt dieses einen Photostrom an. Jetzt wird die Gegenspannung so weit erhöht, dass der Photostrom gerade Null wird. Die eingestellte Spannung ist jetzt ein Maß für die kin. Energie, die das schnellste Fotoelektron hatte. Es gilt in diesem Zustand $e \cdot U_{gegen} = E_{kin\,max}$

1.2.3 Untersuchen Sie, ob das Licht der in der Tabelle gegebenen Wellenlängen aus einer Platinkathode Fotoelektronen herauslösen kann.
(Ablösearbeit für Platin: 5,36 eV)

Das energiereichste Photon ist das mit der geringsten Wellenlänge. Berechnen der Energie des größten Photons: $E_{Photon} = h \cdot f_{min} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{min}} = \frac{6{,}626 \cdot 10^{-34}\,Js \cdot 2{,}9979 \cdot 10^{8}\,ms^{-1}}{397 \cdot 10^{-9}\,m} = 5{,}00\,J = \underline{3{,}12\,eV}$ Damit ist selbst das größte Photon des gegebenen Wellenlängenbereiches nicht in der Lage, die nötige Ablösearbeit von 5,36 eV zu liefern, Elektronen werden aus der Platinkathode also nicht herausgelöst.

**Für 1.2. erreichbare BE-Anzahl: 7**

1.3. Eine Messung erfordert mindestens die Lichtleistung $5{,}0 \cdot 10^{-18}$W. Berechnen Sie die dazu notwendige Anzahl Photonen des Lichtes der Wellenlänge 486 nm, die in einer Sekunde auf die Kathode auftreffen müssen.

$$E = n_{Photonen} \cdot h \cdot f = P \cdot t$$

$$n_{Photonen} \cdot \frac{h \cdot c}{\lambda} = P \cdot t$$

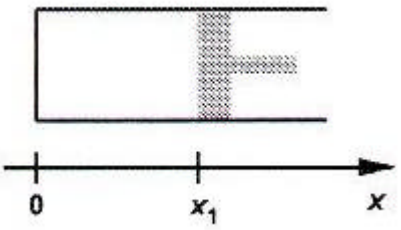
$$n_{Photonen} = \frac{P \cdot t \cdot \lambda}{h \cdot c} = \frac{5{,}0 \cdot 10^{-18}\,W \cdot 1{,}0\,s \cdot 486 \cdot 10^{-9}\,m}{6{,}626 \cdot 10^{-34}\,Js \cdot 2{,}9979 \cdot 10^{8}\,ms^{-1}} = \underline{12{,}2}$$

Es müssen mindestens 13 Photonen pro Sekunde auf die Kathode treffen.

**Erreichbare BE-Anzahl: 2**

2. In einem Zylinder mit der Querschnittfläche 30,0 $cm^2$ befindet sich ein Kolben am Ort $x_1$ = 6,7 cm.

Im Zylinder befindet sich Helium. Der Druck im Zylinder beträgt $1{,}0 \cdot 10^5$ Pa und die Temperatur 0,0 $^0$C.




**2.1. Berechnen Sie die Masse des im Zylinder befindlichen Heliums.**

**(spezifische Gaskonstante für Helium: 2077 J $kg^{-1}$ $K^{-1}$.)**

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T \qquad V_1 = 30{,}0\,cm^2 \cdot 6{,}7\,cm = 201\,cm^3$$

$$m = \frac{p_1 \cdot V_1}{R_{He} \cdot T_1} = \frac{1{,}0 \cdot 10^5\,Nm^{-2} \cdot 201 \cdot 10^{-6}\,m^3}{2077\,Jkg^{-1}K^{-1} \cdot 273{,}15\,K} = \underline{3{,}5 \cdot 10^{-5}\,Kg = 35\,mg}$$

**Erreichbare BE-Anzahl: 2**

2.2. Bei arretiertem Kolben wird die Temperatur durch eine Heizwendel auf 773 $^0$C erhöht.
Geben Sie den Druck im Innern des Zylinders nach der Temperaturerhöhung an.

Durch das Arretieren des Kolbens bleibt das Volumen konstant. Nach der allgemeinen Gasgleichung gilt:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 1{,}0 \cdot 10^5\,\text{Pa} \cdot \frac{1046{,}15\,\text{K}}{273{,}15\,\text{K}} = \underline{3{,}8 \cdot 10^5\,\text{Pa}}$$

**Erreichbare BE-Anzahl: 1**

2.3. Der Kolben wird nun freigegeben. Durch die Heizwendel wird keine Wärme mehr zugeführt. Während der Expansion wurden folgende Messwerte aufgenommen:

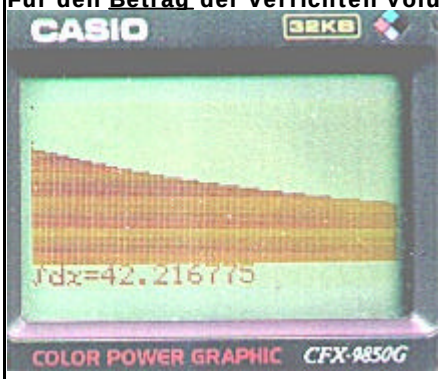
| **x in cm** | 7,3 | 8,0 | 8,7 | 9,3 | 10,0 | 10,7 | 11,3 | 11,6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **p in kPa** | 352 | 315 | 301 | 276 | 260 | 235 | 225 | 220 |

Ermitteln Sie den Betrag der verrichteten Volumenarbeit für die Bewegung des Kolbens vom Ort 6,7 cm bis zum Ort 11,6 cm

- Eingabe der x-Werte in eine Liste des GTR,
- Berechnen der Volumina in einer weiteren Liste,
- Eingabe der Druckwerte in Pa,
- Regression der Funktion p = f(V),
- Kopieren in den Grafikspeicher,
- grafische Integration in den Grenzen,
  $V_{Anf} = 30{,}0\,\text{cm}^2 \cdot 6{,}7\,\text{cm} = 201\,\text{cm}^3$ $\quad V_{End} = 30{,}0\,\text{cm}^2 \cdot 11{,}6\,\text{cm} = 348\,\text{cm}^3$

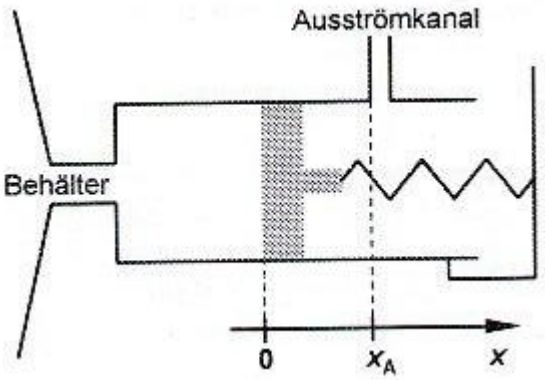
$$W_V = -\int p\,dV = -\int_{201 \cdot 10^{-6}\,\text{m}^3}^{348 \cdot 10^{-6}\,\text{m}^3} p\,dV = \underline{-42\,\text{J}}$$

**Für den Betrag der verrichten Volumenarbeit ergibt sich 42 J.**




**Erreichbare BE-Anzahl: 3**

3. Die Abbildung zeigt das Funktionsprinzip eines Überdruckventils.
Die Querschnittfläche des Kolbens beträgt 5,0 cm$^2$. Der Druck im Behälter und der Umgebungsdruck betragen zunächst 1,0 $\cdot 10^5$ Pa. Die dem Hooke'schen Gesetz genügende Feder ist entspannt und der Kolben befindet sich am Ort 0. Die Federkonstante beträgt 7,0 kN $\cdot$m$^{-1}$. Das Überdruckventil begrenzt den Druck im Behälter auf das Fünffache des Umgebungsdrucks
Ermitteln Sie den Ort $X_A$ des Ausströmkanals.




Bei einem bestimmten Gasdruck stellt sich ein Kräftegleichgewicht ein, so dass die Kraft, mit dem das Gas auf den Kolben drückt, gleich der Gegenkraft von der gespannten Feder ist. Da im Ausgangszustand auf beiden Seiten des Kolbens der gegebene Druck von 1,0 $\cdot 10^5$ Pa besteht, ist zu berücksichtigen, dass der Druck auf der linken Kolbenseite nur noch um 4,0 $\cdot 10^5$ Pa zunehmen darf !

Nach dem Wechselwirkungsgesetz gilt also: $F_{Gas} = -F_{Feder}$ $F_{Gas} = \Delta p_{Gas} \cdot A$ $F_{Feder} = D \cdot \Delta s$

$$\Delta p_{Gas} \cdot A = -D \cdot \Delta s$$

$$\Delta s = \frac{\Delta p_{Gas} \cdot A}{-D} = \frac{(5-1) \cdot 10^{5}\,Nm^{-2} \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-4}\,m^{2}}{-7{,}0 \cdot 10^{4}\,Nm^{-1}} = \underline{-2{,}9\,cm}$$

Der Kolben verschiebt sich um 2,9 cm, bevor das Ventil öffnet.

**Erreichbare BE-Anzahl: 2**

# Lösungen zur Abiturprüfung 2002

# Physik - Leistungskurs

## Teil C

Wählen Sie **eine** der nachstehenden Aufgaben aus und bearbeiten Sie diese.

## Aufgabe C1: Mechanik

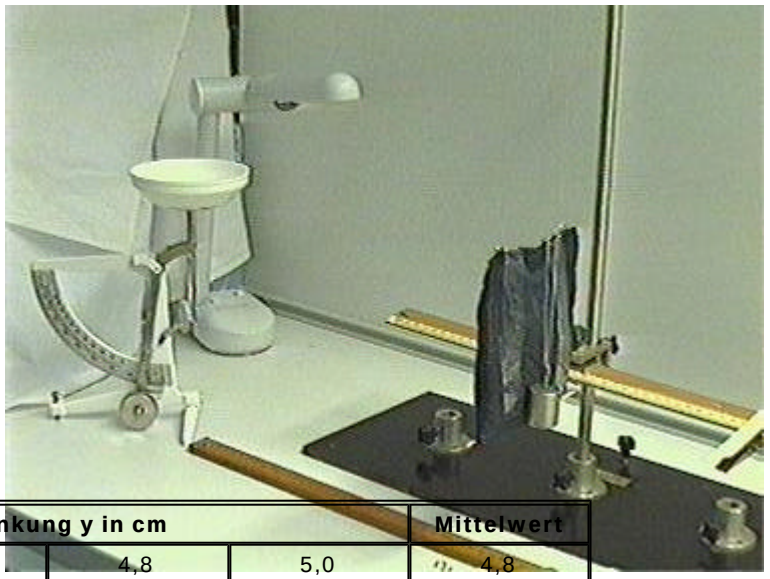
Untersuchen Sie die Energieumwandlungen, die beim zentralen geraden Stoß zwischen den Körpern von zwei bifilar aufgehängten Fadenpendeln stattfinden. Der Stoß erfolgt weitgehend unelastisch (ein geringes Abprallen während des Stoßvorganges ist unerheblich, die Pendelkörper sollten sich jedoch kurz nach dem Stoß mit gemeinsamer Geschwindigkeit bewegen). Die Experimentieranordnung wird Ihnen vollständig aufgebaut übergeben.

1. Bestimmen Sie die Massen der Pendelkörper und die Länge der Fadenpendel.

Massenbestimmung, z.B. $m_1$ = 20g, 50g, 100g, 150g, $m_2$ = 140g

**Erreichbare BE-Anzahl: 1**

2. Lenken Sie den rechten Pendelkörper 15 cm in horizontaler Richtung nach rechts aus und geben Sie ihn frei. Messen Sie die Amplitude der Schwingung beider Pendelkörper nach dem Stoß. Wiederholen Sie das Experiment mehrmals und bilden Sie den Mittelwert der gemessenen Amplituden. Ersetzen Sie den rechten Pendelkörper nacheinander durch die zwei Pendelkörper anderer Masse und bestimmen Sie erneut jeweils den Mittelwert der Amplituden. (*Hinweis:* Damit der Stoß möglichst zentral erfolgt, kann ein Nachkorrigieren der Pendellänge des stoßenden Körpers erforderlich sein.)

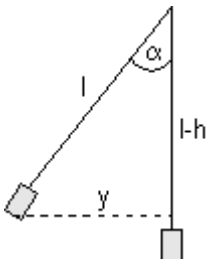


Messwerte für die Amplituden (bei der eigenen Experimentieranordnung gemessen):

| | Auslenkung y in cm | | | | Mittelwert |
|---|---|---|---|---|---|
| **$m_1$ = 50g** | 4,5 | 5,0 | 4,8 | 5,0 | 4,8 |
| **$m_2$ = 100g** | 7,0 | 7,2 | 7,0 | 6,9 | 7,0 |
| **$m_3$ = 150g** | 9,0 | 8,0 | 8,0 | 8,1 | 8,3 |

**Erreichbare BE-Anzahl: 4**

3. Berechnen Sie die Geschwindigkeit, die der rechte Pendelkörper unmittelbar vor dem Stoß besaß.




$h = l - \sqrt{l^2 - y^2}$

$l^2 = y^2 + (l-h)^2$

$(l-h)^2 = l^2 - y^2$

$l - h = \sqrt{l^2 - y^2}$

$l = 0{,}8\,m \quad y = 0{,}15\,cm$ lt.Aufg.

$h = 0{,}014\,m$

$E_{pot} = E_{kin}$

$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m v^2$

$v = \sqrt{2gh}$

$\underline{v = 0{,}53\,\frac{m}{s}}$

**Erreichbare BE-Anzahl: 2**

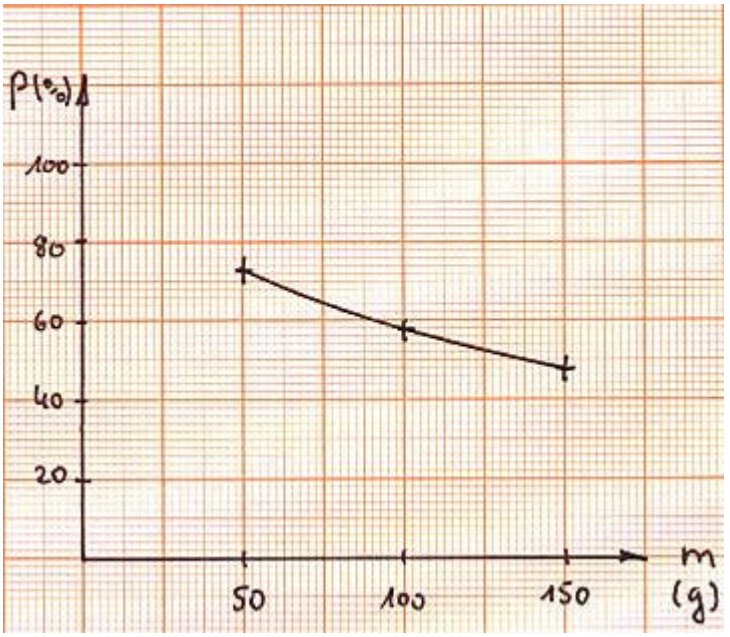
4. Berechnen Sie jeweils aus den Mittelwerten der unter 2 gemessenen Amplituden die Geschwindigkeit, die beide Pendelkörper unmittelbar nach dem Stoß besaßen sowie den Prozentsatz p % an mechanischer Energie, der während des Stoßvorganges in thermische Energie umgewandelt wurde.
Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch (Beurteilen der Genauigkeit der Messwerte sowie der Ergebnisse).
Stellen Sie den Prozentsatz in Abhängigkeit von der Masse des rechten Pendelkörpers grafisch dar.

$$p(\%) = \frac{E_{kinA} - E_{kinE}}{E_{kinA}} \cdot 100 \qquad E_{kinA} = \frac{1}{2} m_1 v^2 \qquad E_{kinE} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) u^2 \qquad u = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

| | u in $m\,s^{-1}$ | $E_{KinA}$ in $10^{-3}$Nm | $E_{KinE}$ in $10^{-3}$Nm | p(%) |
|---|---|---|---|---|

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **$m_1$ = 50g** | 0,14 | 7,02 | 1,85 | 73,7 |
| **$m_2$ = 100g** | 0,22 | 14,0 | 5,85 | 58,3 |
| **$m_3$ = 150g** | 0,27 | 21,0 | 10,9 | 48,3 |

Fehlerbetrachtung: (Sinnvolle zufällige und systematische Fehler)




**Erreichbare BE-Anzahl: 6**

5. Ein Körper der Masse $m_1$ stößt mit der Geschwindigkeit $v_1$ einen zweiten ruhenden Körper der Masse $m_2$ zentral, gerade und vollkommen unelastisch. Zeigen Sie, dass für den Zusammenhang zwischen dem Prozentsatz p % der mechanischen Energie, die beim Stoß in thermische Energie umgewandelt wird, und der Masse $m_1$ gilt:

$$p(m_1)=100\cdot\left(1-\frac{m_1}{m_1+m_2}\right)$$

$$p(\%)=\frac{E_{kin}-E_{kin}}{E_{kin}}\cdot 100=\frac{\frac{1}{2}m_1v_1^2-\frac{1}{2}(m_1+m_2)u^2}{\frac{1}{2}m_1v_1^2}\cdot 100$$

$$p(\%)=\frac{m_1v_1^2-m_1u^2-m_2u^2}{m_1v_1^2}\cdot 100=\left(1-\frac{(m_1+m_2)u^2}{m_1v_1^2}\right)\cdot 100 \qquad u=\frac{m_1v_1}{m_1+m_2}$$

$$p(\%)=\left(1-\frac{(m_1+m_2)\cdot m_1^2v_1^2}{m_1v_1^2\cdot(m_1+m_2)^2}\right)\cdot 100=\left(1-\frac{m_1}{m_1+m_2}\right)\cdot 100$$

**Erreichbare BE-Anzahl: 2**

## Aufgabe C2: Optik

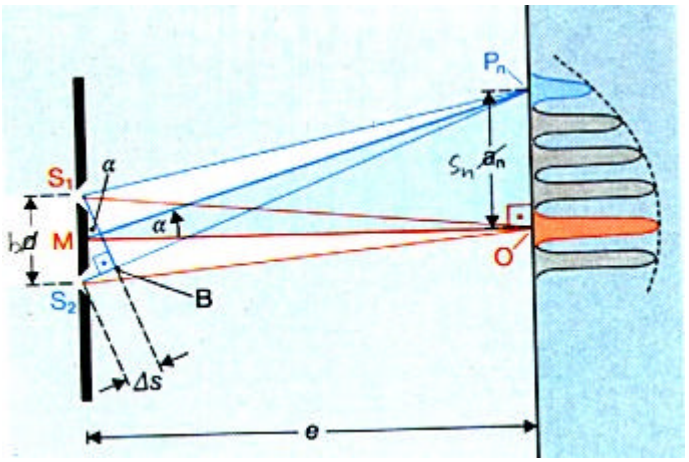
Bestimmen Sie die Gitterkonstante eines optischen Gitters.
Planen Sie die Experimente gemäß der folgenden Aufgabenstellungen und fordern Sie bei Ihrem Lehrer die erforderlichen Geräte und Hilfsmittel an.

1. Erläutern Sie die Entstehung der Interferenzstreifen 1. Ordnung an einem Doppelspalt.
Leiten Sie eine Gleichung her, mit der aus dem Abstand zwischen dem Interferenzstreifen 0. Ordnung und einem Interferenzstreifen 1. Ordnung der Spaltabstand des Doppelspalts berechnet werden kann.

Voraussetzung für die Entstehung eines Interferenzmusters ist zunächst kohärentes Licht, welches aus einem LASER kommt oder durch eine konventionelle Lichtquelle mit einer geringen Spaltblende annähernd hergestellt wird.
Beim Durchgang durch die Öffnungen des Gitters erfolgt eine Beugung der Teilwellen kohärenten Lichtes. Durch diese Richtungsänderung kommt es zur ungestörten Überlagerung der Wellen und an bestimmten Stellen zu Interferenz. Bei einem Gangunterschied von $\frac{2n+1}{2}\lambda$ erfolgt Schwächung bis zur Auslöschung, bei einem

Gangunterschied von $\Delta s = n \cdot \lambda$ erfolgt eine Verstärkung des Lichtes. Dort sind auf einem Schirm dann helle Interferenzstreifen 1.Ordnung sichtbar.

Herleitung:




- Zum mittleren, hellen Streifen - dem Interferenzmaximum 0. Ordnung - haben beide Elementarwellen den gleichen Weg zurückzulegen. Sie sind demzufolge amplituden- und phasengleich, so dass ihr Gangunterschied $\Delta s = 0$ ist.
- Für die Maxima 1. ist der Gangunterschied $\Delta s = 1 \cdot \lambda$ Somit kommt es an diesen Orten zur Verstärkung und damit zum hellen Interferenzstreifen.
- Da der Abstand e (Gitter - Schirm) wesentlich größer ist als der Spaltabstand b, können die beiden Wellenzüge als nahezu parallel betrachtet werden. Ihre gemeinsame Richtung ist dann $MP_n$.
- Trägt man den Abstand $P_nS_1$ auf $P_nS_2$ ab, so gibt die Reststrecke $BS_2$ den Gangunterschied Ds an.
- Die Dreiecke $MOP_n$ und $S_1S_2B$ sind mit o.g. Vereinfachung näherungsweise ähnlich.
  Für den Richtungswinkel a der Wellenzüge gilt dann:

  $$\text{Im } \Delta MOP: \quad \tan\alpha = \frac{\overline{OP}}{\overline{OM}} = \frac{s_n}{e} \quad (1) \qquad \text{Im } \Delta S_1S_2B: \quad \sin\alpha = \frac{\overline{S_2B}}{\overline{S_1S_2}} = \frac{\Delta s}{b} \quad (2)$$

- Wegen $\tan\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$ gilt für kleine Winkel $\tan\alpha \approx \sin\alpha \quad (\cos\alpha \approx 1)$ Damit lassen sich die Gleichungen (1) und (2) zusammenfassen zu:

  $$\frac{s_n}{e} = \frac{n \cdot \lambda}{b} \quad \rightarrow \quad b = \frac{n \cdot \lambda \cdot e}{s_n}$$

**Erreichbare BE-Anzahl: 5**

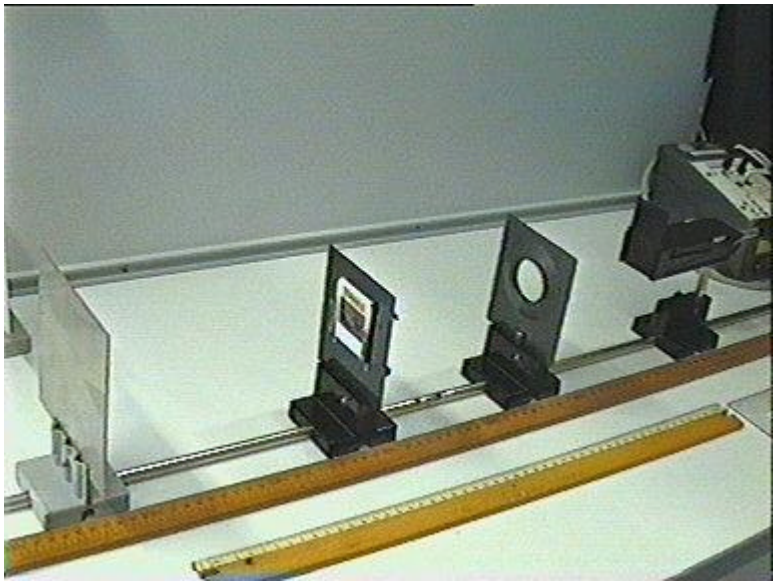
2. Bestimmen Sie mit zwei vorgegebenen experimentellen Methoden die Gitterkonstante *b* des gegebenen optischen Gitters.

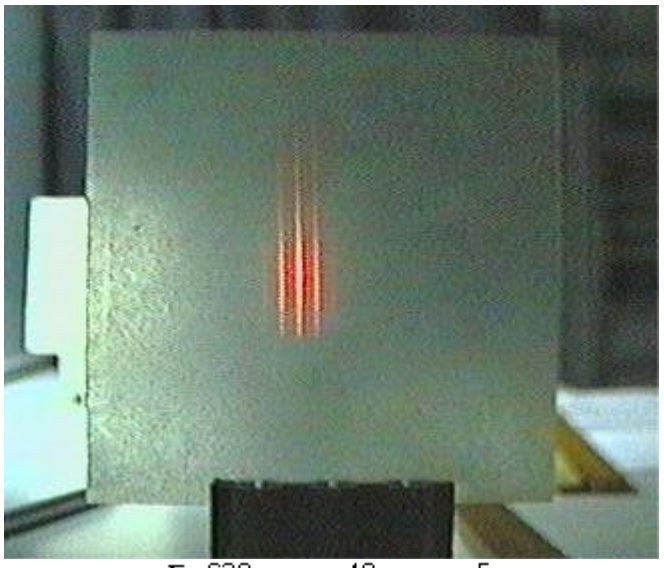
2.1. Methode I:

Auf einem Schirm sollen mit Hilfe des gegebenen Gitters Interferenzstreifen abgebildet werden. Fertigen Sie eine Skizze des Versuchsaufbaus an. Bauen Sie die Versuchsanordnung auf, bilden Sie die Interferenzstreifen ab und messen Sie die erforderlichen Größen.

Die mittlere Wellenlänge des vom verwendeten Farbfilter durchgelassenen Lichtanteils wird Ihnen vom Lehrer mitgeteilt.

Berechnen Sie die Gitterkonstante *b*.





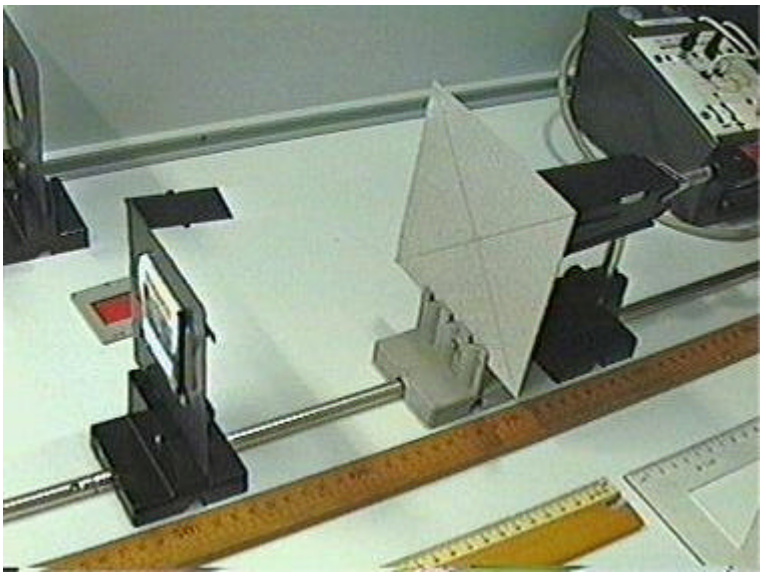
$\lambda = 620\,nm \quad e = 40\,cm \quad s_1 = 5\,mm$

$\sin\alpha = \frac{s_1}{e} \rightarrow \alpha = 0{,}75$ Interferenzgleichung anwendbar.

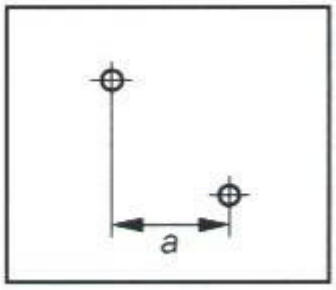
$$b = \frac{n \cdot \lambda \cdot e}{s_1} = \frac{620 \cdot 10^{-9}\,m \cdot 0{,}4\,m}{5 \cdot 10^{-3}\,m} = \underline{0{,}05\,mm}$$

**Erreichbare BE-Anzahl: 7**

2.2. Methode 2:
Stellen Sie unmittelbar vor eine Experimentierleuchte (ohne Leuchtspalt) den bei 2.1 verwendeten Farbfilter sowie die gegebene Blende mit zwei kleinen kreisförmigen Öffnungen. Betrachten Sie die Blende aus einer Entfernung von etwa 30 cm durch das optische Gitter, das Sie dicht vor ein Auge halten. Stellen Sie nun den Abstand zwischen Gitter und Blende so ein, dass das rechte Maximum 1. Ordnung der linken Öffnung unter oder über dem linken Maximum 1. Ordnung der rechten Öffnung liegt.
Messen Sie den Abstand *e* zwischen Gitter und Blende sowie den horizontalen Abstand a zwischen den Öffnungen der Blende (Siehe Abbildung).



Mit der Gleichung $b = \lambda \cdot \frac{2e}{a}$ kann die Gitterkonstante *b* näherungsweise berechnet werden. Berechnen Sie *b*.



$\lambda = 620\,nm \quad e = 26\,cm \quad a = 6\,mm$

$$b = \lambda \cdot \frac{2e}{a} = 620 \cdot 10^{-9}\,m \cdot \frac{2 \cdot 0{,}26\,m}{6 \cdot 10^{-3}\,m} = \underline{0{,}05\,mm}$$

**Erreichbare BE-Anzahl: 3**