

Thema G1: Elektrische Felder

1 Grundlagen

Beschreiben Sie Grundlagen zeitlich unveränderlicher elektrischer Felder. Gehen Sie bei Ihrer Darstellung insbesondere auf die Erzeugung, die Feldformen, den Nachweis, die Beschreibung und die Verrichtung von Arbeit im Feld ein.

2 Bewegungen im homogenen Feld

Die Platten eines Plattenkondensators (Bild 1) sind vertikal angeordnet und haben einen Abstand von $d = 6,0 \text{ cm}$. Am Kondensator liegt eine Spannung von $U_K = 1200 \text{ V}$ an. Der Punkt P_1 sei $s = 1,0 \text{ cm}$ von der positiven Platte entfernt. Ein Probekörper der Masse $m = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$ und der Ladung $q = +8,0 \text{ nC}$ soll im Punkt P_1 aus der Ruhe losgelassen werden. Wegen der geringen Ausdehnung soll der Probekörper als punktförmig betrachtet werden. Die gesamte Anordnung befindet sich im Vakuum.

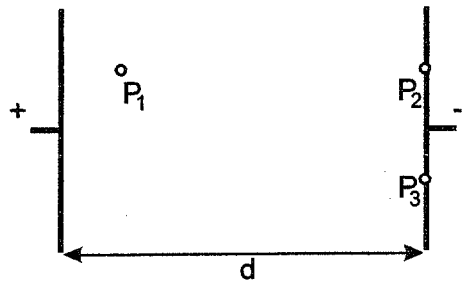


Bild 1

2.1 Zeigen Sie, dass der Probekörper im Punkt P_2 mit der Geschwindigkeit von $v = 126 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ auf die negative Platte auftrifft, wenn seine Gewichtskraft zunächst vernachlässigt wird.

Berechnen Sie die dabei an der Probeladung verrichtete Beschleunigungsarbeit.

2.2 Wegen der Gewichtskraft auf den Probekörper trifft dieser in der Realität im Punkt P_3 auf die negative Platte.

Berechnen Sie die Länge der Strecke $\overline{P_2 P_3}$.

Entscheiden und begründen Sie, ob die Vernachlässigung der Gewichtskraft in Aufgabe 2.1 angemessen ist.

2.3 In einem veränderten Experiment werden nun im Punkt P_1 Elektronen mit vernachlässigbar kleiner Anfangsgeschwindigkeit freigesetzt und im Feld beschleunigt. Die am Kondensator anliegende Spannung U_K ist dabei nahezu stufenlos bis 10^6 V regelbar.

Begründen Sie, weshalb man bei der Berechnung der Auftreffgeschwindigkeit im Punkt P_2 relativistisch rechnen muss.

Leiten Sie die Gleichung $v(U_B) = c \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{m_0 \cdot c^2}{U_B \cdot e + m_0 \cdot c^2} \right)^2}$ zur Berechnung dieser Geschwindigkeit her.

umgepolter

Stellen Sie die Auftreffgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung in einem $v(U_B)$ - Diagramm für $0 \leq U_K \leq 10^6 \text{ V}$ graphisch dar.

Berechnen Sie dazu zuerst die fehlenden Werte in der Tabelle.

U_K in 10^5 V	0,1	0,5	1,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,0
v in $10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	0,53		1,53	1,97	2,39		2,70	2,77

Interpretieren Sie den Verlauf des Graphen.

3 Radialfeld

Eine Kugel mit positiver Ladung Q erzeugt ein radiales elektrisches Feld, in welchem sich eine ebenfalls positive Probeladung q im Abstand r von Q befindet (Bild 2).

Dabei seien die Ladungen mit $Q = +4,0 \mu\text{C}$ und $q = +2,0 \text{ nC}$ gegeben.

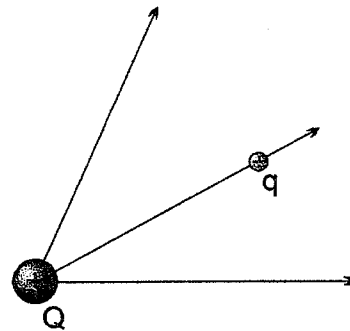


Bild 2

3.1 Stellen Sie die elektrische Feldkraft F_C in Abhängigkeit vom Abstand r im $F(r)$ - Diagramm für das Intervall $1,0 \text{ cm} \leq r \leq 10 \text{ cm}$ graphisch dar.

3.2 Leiten Sie eine Gleichung zur Berechnung der Verschiebungsarbeit vom Abstand r_1 auf einen Abstand r_2 her. Dabei können Sie von der allgemeinen Gleichung

$$W = \int_{s_1}^{s_2} F(s) ds \quad \text{für die mechanische Arbeit ausgehen.}$$

Bestimmen Sie den Betrag der im Intervall $1,0 \text{ cm} \leq r \leq 10 \text{ cm}$ verrichteten mechanischen Arbeit.

Thema G2: Thermische Vorgänge**1 Betrachtungsweisen in der Thermodynamik**

Die Beschreibung thermodynamischer Vorgänge kann anhand der phänomenologischen und der kinetisch-statistischen Betrachtungsweise erfolgen.

Charakterisieren Sie diese beiden Betrachtungsweisen.

Erklären Sie den Vorgang der Temperaturmessung mithilfe eines Flüssigkeitsthermometers mit diesen beiden Betrachtungsweisen.

2 Kinetisch-statistische Betrachtungsweise

Das Modell des idealen Gases dient häufig zur Erklärung von Vorgängen in der Thermodynamik. Um 1860 stellte der britische Physiker J. C. Maxwell unter Nutzung der Wahrscheinlichkeitstheorie das nach ihm benannte Geschwindigkeitsverteilungsgesetz idealer Gase auf.

2.1 Skizzieren Sie die Geschwindigkeitsverteilung von Wasserstoffmolekülen einer vorgegebenen Gasmenge in einem geeigneten Diagramm für die Temperatur T_1 . Dabei kann das Gas als ideal betrachtet werden.

Geben Sie an, was man unter den Begriffen wahrscheinlichste und mittlere Geschwindigkeit der Teilchen versteht, und kennzeichnen Sie diese im Diagramm für die Temperatur T_1 .

Skizzieren Sie in dieses Diagramm den Graphen für die Geschwindigkeitsverteilung der Teilchen dieses Wasserstoffgases bei einer Temperatur T_2 mit $T_1 < T_2$. Vergleichen und begründen Sie den Verlauf der Graphen T_1 und T_2 .

Beschreiben Sie den prinzipiellen Verlauf des Graphen, wenn bei der Temperatur T_1 für die gleiche Stoffmenge die Wasserstoffmoleküle durch Sauerstoffmoleküle ersetzt werden.

2.2 Die Versuchsanordnung (Bild 1) befindet sich bereits längere Zeit in einem Raum mit einer Temperatur von $15\text{ }^\circ\text{C}$.

Beschreiben und erklären Sie, was geschieht, wenn entsprechend der Versuchsskizze Wasserstoff gleicher Temperatur unter Normaldruck eingeleitet wird.

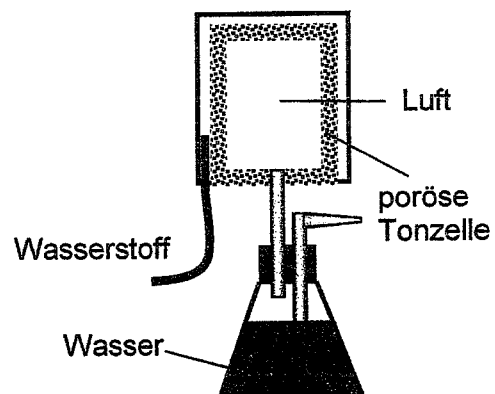


Bild 1

2.3 Zur Zeit der Entstehung der Erdatmosphäre war der Anteil des Wasserstoffs wesentlich größer als in der Gegenwart. Sie besteht heute zum größten Teil aus Stickstoff und Sauerstoff. Eine hypothetische Erklärung für diese Veränderung wird mit den damaligen hohen Temperaturen in der Atmosphäre gegeben.

Berechnen Sie die jeweilige Temperatur, die die Erdatmosphäre gehabt haben müsste, damit die mittlere Geschwindigkeit der Wasserstoff- bzw. Sauerstoffmoleküle halb so groß wie die zweite kosmische Geschwindigkeit gewesen wäre.

Erklären Sie mit diesen Ergebnissen die oben aufgeführte Hypothese.

- 2.4 Weitaus höhere Geschwindigkeiten treten bei Kernfusionsprozessen auf. In einem Forschungsreaktor treten bei Kernfusionsversuchen mit Deuteriumkernen ($m_D = 3,34 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$) mittlere Geschwindigkeiten von $\bar{v} = 8,0 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ auf. Durch ein Magnetfeld werden die Teilchen von den Reaktorwänden fern gehalten.

Berechnen Sie die magnetische Flussdichte, die erforderlich ist, damit sich die Teilchen mit dieser Geschwindigkeit auf einem Kreis mit dem Radius $r = 60 \text{ cm}$ bewegen.

3 Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität einer Flüssigkeit (Schülerexperiment)

In dieser Aufgabe ist ein Experiment durchzuführen. Bearbeiten Sie dazu die Aufträge der Vorbetrachtung und führen Sie das Experiment durch. Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

Auftrag:

Bestimmen Sie die spezifische Wärmekapazität einer unbekanntes Flüssigkeit durch kalorische Messungen (Mischungsexperiment).

Vorbetrachtung:

- 1 Flüssigkeiten haben sehr unterschiedlich große spezifische Wärmekapazitäten. Erläutern Sie je an einem Beispiel, wo der Einsatz einer Flüssigkeit mit hoher bzw. mit niedriger Wärmekapazität sinnvoll ist.
- 2 Für den nachfolgenden Versuch ist die Kenntnis der Wärmekapazität des Kalorimeters wichtig. Beschreiben Sie ein mögliches Vorgehen zur experimentellen Bestimmung der Wärmekapazität eines Kalorimeters und stellen Sie dafür die Wärmebilanz auf. Begründen Sie, weshalb die Kenntnis der Wärmekapazität eines Kalorimeters von Bedeutung ist und welchen Einfluss der Füllstand des Kalorimeters auf die Wärmekapazität des Kalorimeters hat.
- 3 Leiten Sie die zur Ermittlung der spezifischen Wärmekapazität einer Flüssigkeit notwendige Gleichung unter Berücksichtigung der Wärmekapazität des Kalorimeters her. Nennen Sie die zu messenden Größen.

Ablauf des Experimentes:

- 1 Erwärmen Sie einen Teil der unbekanntes Flüssigkeit und mischen Sie diesen im Kalorimeter mit dem nicht erwärmten Teil.
- 2 Nehmen Sie die notwendigen Messwerte für die Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität dieser Flüssigkeit auf. Die Wärmekapazität und den Füllstand des von Ihnen benutzten Kalorimeters teilt Ihnen Ihre Lehrkraft mit.

Auswertung:

- 1 Berechnen Sie die spezifische Wärmekapazität der Flüssigkeit.
- 2 Nennen Sie jeweils zwei zufällige und systematische Fehler, die Ihre Messung beeinträchtigt haben könnten.

Geben Sie für zwei dieser Fehler je eine Möglichkeit an, wie sie verringert werden können.

Thema V1: Wurfbewegungen beim Bogenschießen

Das Bogenschießen diente schon in der Antike sportlichen Zwecken. Seit 1972 ist es wieder eine olympische Sportart.

Bei den nachfolgenden Aufgaben soll der Pfeil als Punktmasse betrachtet werden. Der Luftwiderstand werde vernachlässigt. Das Gelände soll eben und genau waagrecht sein.

1 Flugbahn des Pfeils

Bei Experimenten zur Untersuchung der Wurfbahn beim schrägen Wurf nach oben wird der Pfeil mit der Geschwindigkeit $v_0 = 200 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ unter einem Winkel von $\alpha = 45^\circ$ zur Horizontalen aus einer Höhe von $h = 1,70 \text{ m}$ über dem Erdboden abgeschossen und trifft auf dem Boden auf.

1.1 Leiten Sie die Gleichung $y = h + x - \frac{g}{v_0^2} \cdot x^2$ für die Wurfparabel für diese Bedingungen her.

Berechnen Sie die Schussweite des Pfeils und die maximale Steighöhe.

1.2 Zeichnen Sie die Bahn des Pfeils maßstabgerecht in ein $y(x)$ - Diagramm.

1.3 Berechnen Sie die kinetische Energie des Pfeils mit der Masse $m = 32 \text{ g}$ unmittelbar vor der Landung.

2 Spannen des Bogens

Die Auszugslänge x ist der Abstand der Sehne von der Mitte des Bogens (Bild 1). Beim Spannen eines Bogens wird die Auszugslänge x in Abhängigkeit von der an der Sehne ziehenden Kraft F gemessen. Die Messwerte sind in Bild 2 dargestellt. Der Zusammenhang zwischen F und x lässt sich näherungsweise durch die Gleichung $F(x) = -0,3 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} x^2 + 26 \frac{\text{N}}{\text{cm}} x - 260 \text{ N}$ beschreiben.

2.1 Berechnen Sie die aufzuwendende mechanische Arbeit, wenn man den Bogen von $x_0 = 12 \text{ cm}$ bis zur Auszugslänge $x_A = 60 \text{ cm}$ spannt.

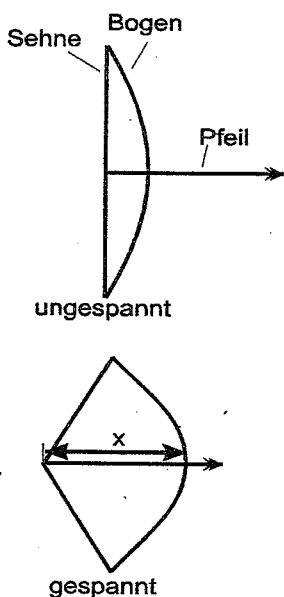


Bild 1

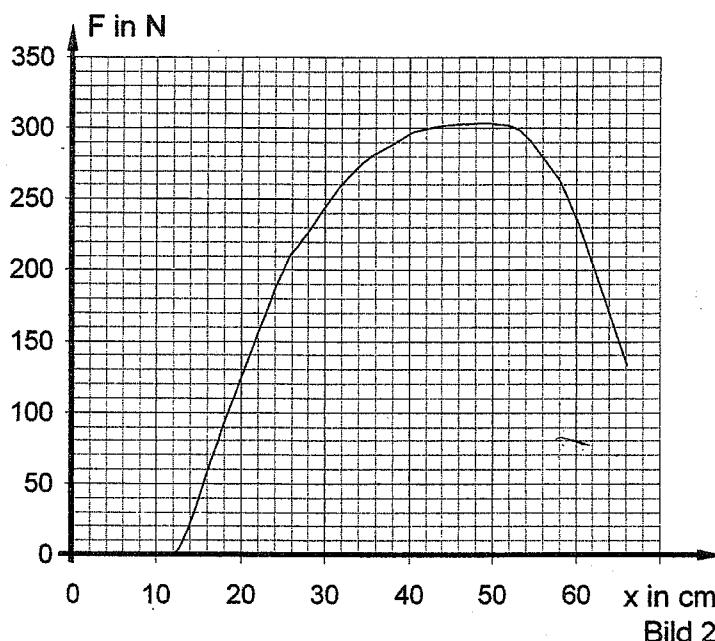


Bild 2

2.2 Ermitteln Sie die „Federkonstante“ des Bogens für den linearen Bereich, in dem annähernd das Hooke'sche Gesetz gilt.

**Aufgabe V2: Kraftbegriff im Kontext der klassischen Mechanik
(Themaufgabe)**

Newton stellte als erster die Bewegungsgesetze auf der Grundlage von Axiomen über die Kraft in seiner Schrift „Philosophiae naturalis Principia mathematica“ von 1687 auf, die im Rahmen der klassischen Mechanik noch heute ihre Gültigkeit haben.

Erläutern Sie in einer sprachlich geschlossenen und zusammenhängenden Form den Kraftbegriff im Kontext der klassischen Mechanik unter Einbeziehung geeigneter Beispiele.

Zur Darstellung gehören u. a. folgende Schwerpunkte:

- Wirkungen von Kräften,
- Kraft als vektorielle Größe,
- Newton'sche Axiome,
- Wechselwirkungskräfte und Gleichgewichtskräfte,
- Trägheitskräfte,
- Kräfte im Gravitationsfeld.

Thema V3: Interferenz von Schallwellen am Doppelspalt

Das Doppelspaltexperiment kann mit sichtbarem Licht, aber z. B. auch mit Elektronen durchgeführt werden. Im Folgenden wird bei diesem Experiment Ultraschall verwendet.

Eine Ultraschallquelle Q sendet Schallwellen der Frequenz $f = 25 \text{ kHz}$ aus. Die Wellenfronten treffen mit einer Geschwindigkeit $v = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ auf einen Doppelspalt mit einem Spaltabstand $d = 5,0 \text{ cm}$ und einer Spaltbreite von $a = 1,0 \text{ cm}$. Mit einem Ultraschallsensor S, der auf Schienen in x- und y-Richtung verschiebbar ist, wird hinter dem Doppelspalt die Verteilung des Schallfeldes in einem zweidimensionalen Koordinatensystem experimentell ermittelt. Der Sensor ist an ein Messdatenerfassungssystem angeschlossen (Bild 1).

1 Bewegung in y- Richtung

Der Sensor wird jeweils von einem bestimmten Punkt auf der x-Achse beginnend in y-Richtung bewegt. Mithilfe des Messdatenerfassungssystems stellt man einen ständigen und stetigen Wechsel von Empfangsminima und Empfangsmaxima fest. Die Koordinaten der Minima und Maxima, gemessen in Zentimeter, sind in Tabelle 1 dargestellt.

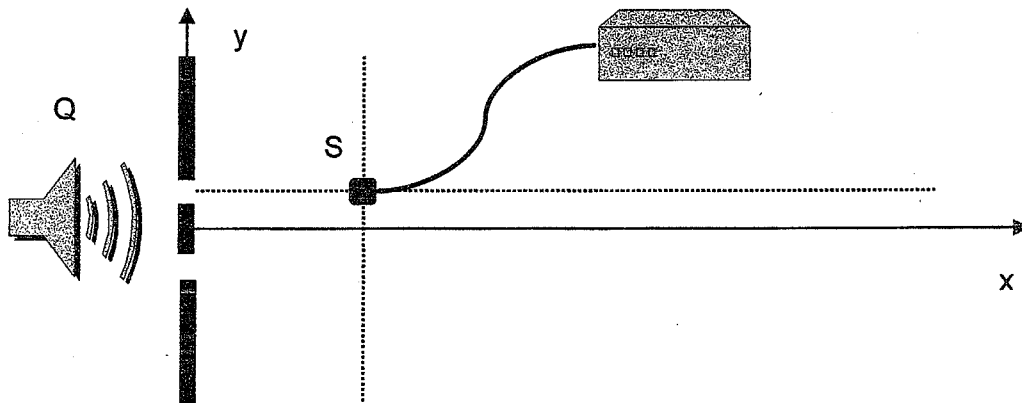


Bild 1

x in cm \ y in cm	3,00	6,00	9,00	12,0	15,0	18,0
Maximum	2,90	4,30	5,80	7,40	9,10	11,3
Minimum	2,10	2,85	4,20	5,60	7,10	8,60
Maximum	1,20	1,80	2,65	3,40	4,40	5,30
Minimum	0,60	0,80	1,10	1,50	1,95	2,50
Maximum	0	0	0	0	0	0
Minimum	- 0,60	- 0,80	- 1,10	- 1,50	- 1,95	- 2,50
Maximum	- 1,20	- 1,80	- 2,65	- 3,40	- 4,40	- 5,30
Minimum	- 2,10	- 2,85	- 4,20	- 5,60	- 7,10	- 8,60
Maximum	- 2,90	- 4,30	- 5,80	- 7,40	- 9,10	- 11,3

Tabelle 1

1.1 Zeichnen Sie in einem Koordinatensystem auf Millimeterpapier im Maßstab 1:1 den Doppelspalt und die Orte maximaler und minimaler Intensität für $y \geq 0$ ein.
 Verbinden Sie diese Orte zu Linien gleicher Ordnung für die Minima und Maxima.
 Geben Sie jeweils die Ordnungsnummer an.

1.2 Erklären Sie das Zustandekommen der Linien bestimmter Ordnung. Geben Sie die Bedingungen für das Auftreten maximaler und minimaler Intensitäten an.

Hinweis:

Sie können in Ihrer Argumentation u. a. das im Bild 2 dargestellte Modell verwenden.

Das Modell besteht aus zwei um die Spaltorte drehbare Streifen aus Folie. Jeder Streifen enthält abwechselnd helle und dunkle Zonen gleicher Größe.

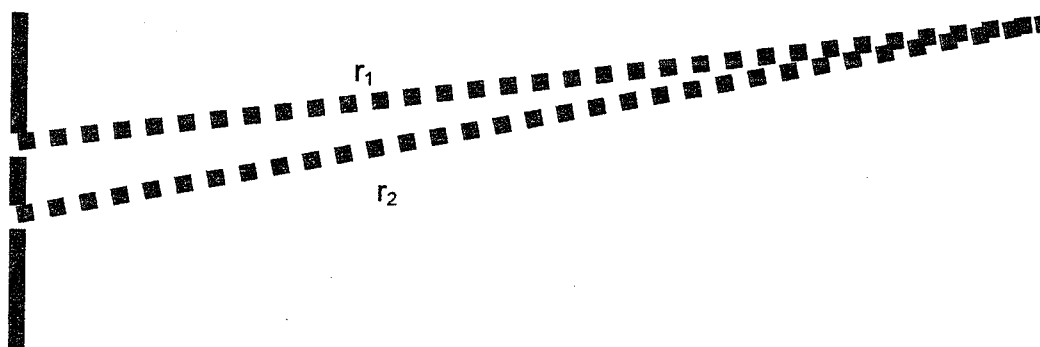


Bild 2

1.3 Ermitteln Sie für fünf geeignete Punkte ($x \geq 15$ cm) des Wellenfeldes den Gangunterschied Δr (Wegunterschied) der sich überlagernden Wellen durch Messung im Koordinatensystem von Teilaufgabe 1.1. Übernehmen und ergänzen Sie dazu die Tabelle 2.

Bestimmen Sie damit einen Mittelwert für die Wellenlänge des Ultraschalls.

Vergleichen Sie das Ergebnis mit demjenigen Wert, der mithilfe der Wellengleichung $v = \lambda \cdot f$ ermittelt werden kann.

Punkt (x y) in cm	$\Delta r = r_1 - r_2 $ in cm Messung	Wellenlänge λ in cm

Tabelle 2

2 Bewegung in x-Richtung

Die Wellenlänge der ausgesendeten Ultraschallwelle wurde nun auf $\lambda = 2,0 \text{ cm}$ erhöht und der Spaltabstand auf $d = 7,0 \text{ cm}$ vergrößert.

Der Sensor S kann entlang der Geraden h, die in x-Richtung durch den Spalt 1 verläuft, geführt werden (Bild 3).

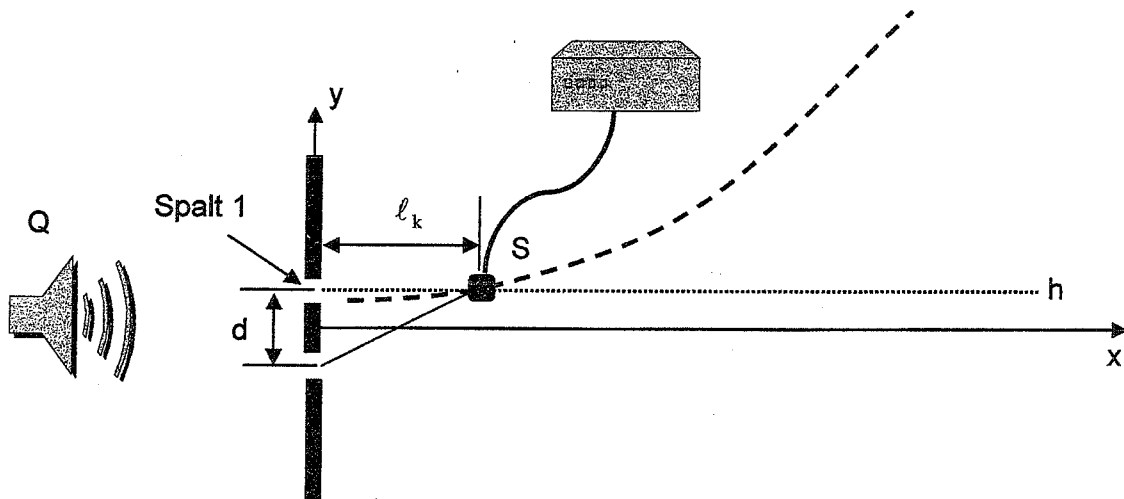


Bild 3

- 2.1 In den Entfernungen $l_k = \frac{d^2 - k^2 \cdot \lambda^2}{2k \cdot \lambda}$ für $k = 1, 2 \dots$ vom Spalt 1 werden Intensitätsmaxima registriert. Leiten Sie diese Gleichung her.
- 2.2 Zeigen Sie, welche Werte für k unter den gegebenen Bedingungen möglich sind.

		BE
Thema G1: Elektrische Felder		50
1	Grundlagen	(11)
Beschreibung unter Berücksichtigung der Vorgaben		
2	Bewegungen im homogenen Feld	(28)

2.1 z. B.: $v_2 = \sqrt{2 \cdot a \cdot s_2} = \sqrt{\frac{2 \cdot U \cdot q \cdot s_2}{m \cdot d}} = 1,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$W_{1-2} = E \cdot q \cdot s_2 = 8,0 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

2.2 z. B.: Bestimmung der Beschleunigungszeit

$$t_B = \frac{v_2}{a} = 0,079 \text{ s}$$

Fallstrecke während der Zeit t_B

$$\overline{P_2 P_3} = \frac{g}{2} \cdot t_B^2 = 3,1 \text{ cm}$$

Die Vernachlässigung der Gewichtskraft in Aufgabe 2.1 ist nicht angemessen, da

z. B. $\overline{P_2 P_3} \approx \frac{d}{2}$ gilt.

2.3 Begründung für das relativistische Herangehen

z. B.: Durch das Einsetzen der höchsten Spannung in die klassische Beschleunigungsgleichung für Ladungsträger im elektrischen Feld erhält man: $v \approx 1,8c$. Da das Ergebnis größer ist als die Lichtgeschwindigkeit, muss der Ansatz relativistisch gewählt werden.

Herleitung der Gleichung und Berechnung der Werte für das $v(U_B)$ - Diagramm unter Berücksichtigung von $U_B = \frac{5}{6} \cdot U_K$.

Berechnung der fehlenden Tabellenwerte für $v(U_K = 0,5 \cdot 10^5 \text{ V}) = 1,14 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$v(U_K = 6 \cdot 10^5 \text{ V}) = 2,59 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Diagramm

Interpretation des Graphen

3	Radialfeld	(11)
----------	-------------------	------

3.1 Berechnung der Coulombkräfte in Abhängigkeit vom Abstand

$F_C(r)$ - Diagramm

3.2 Herleitung

$$|W_{\text{Verschiebung}}| = \left| \int_{r_1}^{r_2} F(r) dr \right| = \left| -\frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot Q \cdot q \cdot \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \right| = 6,5 \text{ mJ}$$

		BE
Thema G2: Thermische Vorgänge		50
1	Betrachtungsweisen in der Thermodynamik	(8)
Charakterisierung der phänomenologischen und der kinetisch-statistischen Betrachtungsweise Erklärung mithilfe der phänomenologischen und der kinetisch-statistischen Betrachtungsweise		
2	Kinetisch-statistische Betrachtungsweise	(22)
2.1	Klärung der Begriffe „wahrscheinlichste Geschwindigkeit“ und „mittlere Geschwindigkeit“ Diagramm mit Kennzeichnung der wahrscheinlichsten und der mittleren Geschwindigkeit Skizze des Graphen für T_2 im Diagramm Vergleich und Begründung des Verlaufs der Graphen für T_1 und T_2 Beschreibung des Verlaufs des Graphen für Sauerstoffmoleküle für T_1	
2.2	Beschreibung und Erklärung	
2.3	Berechnung mit z. B.: Aus $\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{M}}$ folgt für Wasserstoffmoleküle $T \approx 2500 \text{ K}$ und für Sauerstoffmoleküle $T \approx 40\,000 \text{ K}$. Erklärung	
2.4	mit $F_{\text{Radial}} = F_{\text{Lorenz}}$ folgt $B = \frac{m_{\text{Deu}} \cdot \bar{v}}{e \cdot r} = 28 \text{ mT}$	
3	Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität einer Flüssigkeit (Schülerexperiment)	(20)

Vorbetrachtung

- Erläuterung des Einsatzes der entsprechenden Flüssigkeiten an je einem Beispiel
- Beschreibung eines möglichen experimentellen Vorgehens
Wärmebilanz (auch verbal möglich)
Begründung der Notwendigkeit der Kenntnis von K und des Einflusses des Füllstandes auf den Wert von K
- Herleitung einer Gleichung zur Ermittlung von c_{Fl} , z. B.:

$$\text{Aus } -Q_{\text{ab}} = Q_{\text{auf}} \text{ folgt } c_{\text{Fl}} = \frac{K \cdot (\vartheta_{\text{misch}} - \vartheta_{\text{kalt}})}{-m_{\text{Fl,k}} \cdot (\vartheta_{\text{misch}} - \vartheta_{\text{kalt}}) - m_{\text{Fl,w}} \cdot (\vartheta_{\text{misch}} - \vartheta_{\text{warm}})}$$

Benennung der zu messenden Größen

Messwerte

Auswertung

- Berechnung von c_{Fl}
- Angabe von zwei zufälligen und zwei systematischen Fehlern
Beschreibung von je einer Möglichkeit zur Verringerung von Messfehlern für zwei der genannten Fehlerquellen

		BE
Thema V1: Wurfbewegungen beim Bogenschießen		20
1	Flugbahn des Pfeils	(15)

1.1 Herleitung der Gleichung

Berechnung der waagerechten Entfernung

$$0 = h + x - \frac{g}{v_0^2} \cdot x^2$$

$$x_1 = 316 \text{ m} \quad (x_2 \text{ entfällt})$$

Berechnung der maximalen Höhe, z. B.:

$$s_h = h + \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} \quad s_h = 80,4 \text{ m}$$

1.2 maßstabgerechte Zeichnung der Bahn

1.3 Berechnung der kinetischen Energie, z. B.:

$$E_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v_0^2}{2} + m \cdot g \cdot h = 50 \text{ J}$$

2	Spannen des Bogens	(5)
----------	---------------------------	------------

2.1 Berechnung der Arbeit

$$W = \int_{12\text{cm}}^{60\text{cm}} \left(-0,3 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot x^2 + 26 \frac{\text{N}}{\text{cm}} x - 260\text{N} \right) dx = 110 \text{ J}$$

2.2 Bestimmen der „Federkonstante“, z. B. mit

$$F(20\text{cm}) = 14 \frac{\text{N}}{\text{cm}} \quad \text{oder aus Diagramm } D = \frac{\Delta F}{\Delta x} \approx 15 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

	BE
Thema V2: Kraftbegriff im Kontext der klassischen Mechanik	20

Bei der Bearbeitung der Themaufgabe sind Kompetenzen in folgenden Bereichen nachzuweisen:

Fachkenntnisse

- physikalisches Basiswissen
 - Newton'sche Axiome
 - Kraft als vektorielle Größe
 - Wirkungen von Kräften
 - Unterscheidung von Wechselwirkungskräften, Gleichgewichtskräften, Trägheitskräften
 - Kräfte im Gravitationsfeld
 - geeignete Beispiele
- Grundprinzipien Wechselwirkung, Gleichgewicht
Kausalität
- Funktionen Kraftbegriff bei der Beschreibung von Phänomenen
Kraftbegriff als Grundlage der Theorie
- Strategie Erfassen der Aufgabenstellung
ganzheitliche Betrachtung

Fachmethoden

- Methoden Beschreibung, Begriffsbildung, Idealisierung, Vergleichen, Verallgemeinerung, Modellbildung

Kommunikation

- Methoden der Darstellung Sprache, Skizzen, Symbole, Formeln
- Fachsprache logisch nachvollziehbar, in gedanklicher Ordnung, grammatisch einwandfrei, korrekte Verwendung von Fachbegriffen, logische Feingliederung

Reflexion

- Natur- und Weltbetrachtung Erweiterung des naturwissenschaftlichen Weltbildes
- Beziehung zwischen Physik und Technik Kraftwirkungen bei technischen Anwendungen
- Reflexion über historische Entwicklung historische Einordnung

		BE
Thema V3: Interferenz von Schallwellen am Doppelspalt		20
1	Bewegung in y-Richtung	(15)

1.1 vollständige Zeichnung

1.2 Erklärung, z. B.:

Maxima entstehen, wenn der Gangunterschied zwischen zwei von den Spaltmitten ausgehenden Wellenzügen ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge λ beträgt.

Bedingung: $\Delta x = |r_1 - r_2| = n \cdot \lambda$

Minima entstehen, wenn der Gangunterschied zwischen zwei von den Spaltmitten ausgehenden Wellenzügen ein ungeradzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge λ beträgt.

Bedingung: $\Delta x = |r_1 - r_2| = (2n - 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$

Mögliche Argumentation mit dem angegebenen Modell

1.3 vollständige Tabelle 2

Berechnung des Mittelwertes $\bar{\lambda}$

Berechnung von λ mit $\lambda = \frac{c}{f} = 1,36 \text{ cm}$

Vergleich

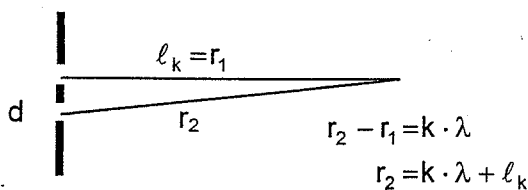
2	Bewegung in x-Richtung	(5)
----------	-------------------------------	------------

2.1 Herleitung:

$$d^2 + \ell_k^2 = r_2^2$$

$$d^2 + \ell_k^2 = (k \cdot \lambda + \ell_k)^2$$

$$\ell_k = \frac{d^2 - k^2 \cdot \lambda^2}{2k \cdot \lambda}$$



2.2 $d^2 - k^2 \cdot \lambda^2 > 0$

$k < 3,5 \Rightarrow k=1, 2, 3$