



SACHSEN-ANHALT

Kultusministerium

SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2005

PHYSIK (Leistungskursniveau)

Einlesezeit: 30 Minuten
Bearbeitungszeit: 300 Minuten

Aus jedem Themenblock ist ein Thema auszuwählen und anzukreuzen.

Gewählte Themen:

Themenblock Grundlagen

Thema G1	Impulserhaltung in der Mechanik und in der Quantenphysik	<input type="checkbox"/>
Thema G2	Untersuchungen von Bewegungen	<input type="checkbox"/>

Themenblock Vertiefungen

Thema V1	Induktionsvorgänge	<input type="checkbox"/>
Thema V2	Ideales Gas und kinetisch-statistische Betrachtungsweise	<input type="checkbox"/>
Thema V3	Das Millikan-Experiment	<input type="checkbox"/>

Unterschrift des Prüflings:

Thema G1: Impulserhaltung in der Mechanik und in der Quantenphysik

1 Stoßprozesse

Bei der Diskussion von Stoßprozessen in der Physik ist der Impuls als Erhaltungsgröße von fundamentaler Bedeutung.

- 1.1 Betrachtet werden gerade zentrale Stöße für ein Teilchen der Masse m_1 und der Geschwindigkeit v_1 mit einem ruhenden Teilchen der Masse m_2 für die folgenden Bedingungen:

- (a) $m_2 = 2 m_1$ und
 (b) $m_2 = 3,6 \cdot 10^5 m_1$.

Berechnen Sie für die genannten Bedingungen die Geschwindigkeiten der Teilchen in Vielfachen von v_1 nach einem vollkommen elastischen Stoß und die Energie, die auf das Teilchen mit der Masse m_2 übertragen wird. Geben Sie diese in Vielfachen der Anfangsenergie an.

Vergleichen und kommentieren Sie für die genannten Bedingungen den Verlust an mechanischer Energie bei einem vollkommen unelastischen Stoß.

- 1.2 Ein bedeutsames Stoßexperiment zur Quantenphysik ist der Franck-Hertz-Versuch, dessen Ergebnisse für eine mit Quecksilber gefüllte Röhre im Bild 1 dargestellt sind.

- 1.2.1 Stellen Sie den Versuchsaufbau anhand eines beschrifteten Schaltplanes dar und beschreiben Sie die Durchführung des Franck-Hertz-Versuches.

- 1.2.2 Berechnen Sie die Endgeschwindigkeit der Elektronen, die mit $U_B = 4,0 \text{ V}$ beschleunigt werden.

Diskutieren Sie in diesem Zusammenhang die Stöße der Elektronen mit den Quecksilberatomen.

Begründen Sie Ihre Meinung rechnerisch ($m_{\text{Hg}} = 200 \text{ u}$).

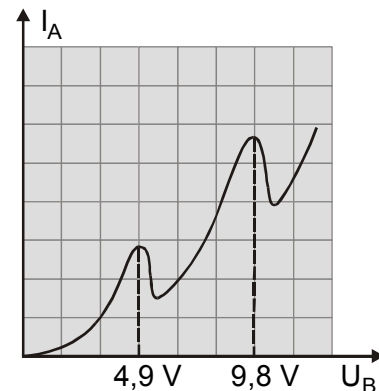


Bild 1

- 1.2.3 Begründen Sie den beginnenden Abfall des Anodenstromes bei den Beschleunigungsspannungen von $U_B = 4,9 \text{ V}$ und $U_B = 9,8 \text{ V}$ mithilfe von Stoßprozessen. Gehen Sie dabei auch auf den Nachweis der Energieumwandlung ein.

2 Fotoeffekt

- 2.1 Hallwachs entdeckte 1887 den äußeren lichtelektrischen Effekt, der 1905 durch Einstein theoretisch erklärt wurde.

Eine Zinkplatte, die mit einem Elektroskop verbunden ist, wird negativ aufgeladen und mit Licht verschiedener Frequenzen bestrahlt (Bild 2).

Beschreiben Sie die experimentellen Beobachtungen.

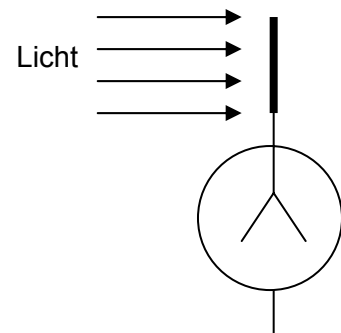


Bild 2

- 2.2 Bei einem Versuch an einer Fotozelle zur Untersuchung der Abhängigkeit der kinetischen Energie der Fotoelektronen werden mit der Gegenfeldmethode folgende Messwerte ermittelt:

Frequenz f des einfallenden Lichtes in 10^{14} Hz	5,19	5,49	6,10	6,88	7,41
Spannung U in V (für $I_{\text{Foto}} = 0$)	0,20	0,32	0,58	0,89	1,12

Zeichnen Sie die Einstein'sche Gerade in einem entsprechenden Diagramm.

Bestimmen Sie die Austrittsarbeit der Elektronen für die Fotokathode. Aus welchem Material könnte sie bestehen?

- 2.3 Beim Photoeffekt gilt neben dem Energieerhaltungssatz auch der Impulserhaltungssatz. Eine Fotokathode aus Cäsium wird mit Photonen der Energie $E_{\text{ph}} = 2,85$ eV bestrahlt. Bei diesem Vorgang werden Fotoelektronen mit der maximalen kinetischen Energie $E_{\text{kin}} = 0,91$ eV nachgewiesen.

Berechnen Sie den Betrag des Impulses eines einfallenden Photons und den eines mit maximaler kinetischer Energie $E_{\text{kin}} = 0,91$ eV emittierten Elektrons.

Vergleichen Sie die beiden Impulsbeträge und begründen Sie daraus, dass das Elektron vor dem Stoß gebunden war.

Thema G2: Untersuchungen von Bewegungen

1 Betrachtungen zur Relativität von Bewegungen

Die Huygens'sche Theorie von der Ausbreitung einer Welle verlangt nach einem Trägermedium.

- 1.1 Die Laufzeit von Ultraschallsignalen ($v = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) soll mit einer 400 m langen Versuchsstrecke gemessen werden.

Berechnen Sie, wie groß die Laufzeiten der Signale bei Windstille und bei Gegen- bzw. Rückenwind von $v_{\text{Wind}} = 27,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ sind, wenn das Signal jeweils Hin- und Rückweg durchläuft.

Die Laufzeit bei senkrecht auftreffendem, gleichstarkem Seitenwind beträgt $t_s = 2,36 \text{ s}$.

Beschreiben Sie den Einfluss des Trägermediums auf die Ausbreitung eines Schallsignals.

- 1.2 Bei einem Michelson-Experiment (Bild 1) oder einem anderen Experiment soll die Laufzeit von Lichtsignalen in Abhängigkeit von der Ausbreitungsrichtung untersucht werden.

Beschreiben Sie die Durchführung des von Ihnen gewählten Experimentes und die dabei erwarteten Versuchsergebnisse.

L	monochromatische Lichtquelle
A	halbdurchlässiger Spiegel
B, C	Spiegel
F	Beobachtungsfernrohr

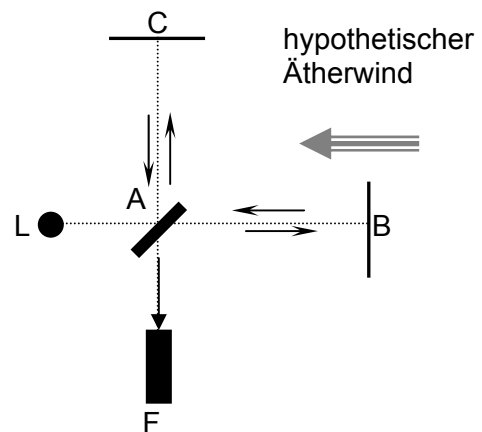


Bild 1

- 1.3 Die erwarteten Versuchsergebnisse traten trotz sorgfältiger Messungen nicht ein.

Welche Überlegungen Einsteins stimmen mit dem tatsächlichen Versuchsergebnis überein?

2 Effekte in Beschleunigern im Deutschen Elektronen - Synchrotron in Hamburg (DESY)

- 2.1 Relativistische Effekte treten bei Experimenten mit Beschleunigern auf. Bei einem Experiment wird ein Proton auf $0,999996 c$ beschleunigt.

Berechnen Sie dessen relativistische Masse und die relativistische kinetische Energie.

Stellen Sie die Masse eines beliebigen Protons in einem $m(v)$ - Diagramm im Intervall $0 \leq v < c$ dar.

- 2.2 HERA ist derzeit mit 6336 m Umfang der größte Teilchenbeschleuniger am Deutschen Elektronen-Synchrotron in Hamburg, mit dem Protonen bis zu einer Energie von 920 GeV beschleunigt werden können.

Um bei einem speziellen Versuch ein Proton der Energie von 280 GeV auf der Bahn, die vereinfacht als Kreis angenommen werden kann, zu halten, benötigt man ein magnetisches Führungsfeld. Es wird durch eine Vielzahl supraleitender Magnete erzeugt.

Berechnen Sie die notwendige Flussdichte B , wenn das Magnetfeld senkrecht zur Geschwindigkeitsrichtung verläuft.

Begründen Sie, warum es mit einem Zyklotron nicht gelingt, Protonen auf derartig hohe Energien zu beschleunigen.

3 Waagerechter Wurf (Schülerexperiment)

In dieser Aufgabe ist ein Experiment durchzuführen und auszuwerten. Beantworten Sie dazu die Fragen zur Vorbetrachtung und führen Sie das Experiment durch. Die Auswertung erfolgt nach den angegebenen Vorgaben. Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

Auftrag:

Ermitteln Sie den Zusammenhang zwischen der Starthöhe h und der Wurfweite x einer Kugel.

Vorbetrachtungen:

Eine Kugel rollt aus der Höhe h eine geneigte Ebene herab. Dabei wird die potenzielle Energie in kinetische Energie und Rotationsenergie umgesetzt. Bei Beachtung der Rotationsenergie ergibt sich die Gleichung (1) $v = \sqrt{\frac{10}{7} \cdot g \cdot h}$ für die Geschwindigkeit der Kugel am Ende der geneigten Ebene.

Zeigen Sie mit Gleichung (1) und der Gleichung für die Bahnkurve des waagerechten Wurfs den Zusammenhang zwischen x und h bei konstantem y .

Begründen Sie, dass die Wurfweite x vom Ortsfaktor der Fallbeschleunigung unabhängig ist.

Ablauf des Experimentes:

- 1 Bauen Sie die Experimentieranordnung entsprechend der Skizze auf.
- 2 Messen Sie die Höhe h , aus der die Kugel abrollt.
- 3 Lassen Sie die Kugel auf der geneigten Ebene abrollen. Sie führt einen waagerechten Wurf aus. Legen Sie eine Fallhöhe y fest und messen sie die Wurfweiten x_i zu den gewählten Höhen h_i ($i \geq 8$).

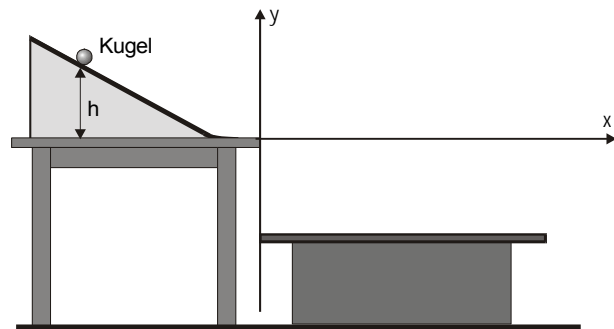


Bild 2

Auswertung:

- 1 Zeichnen Sie ein $x(h)$ – Diagramm für Ihre Messwerte.
- 2 Zeichnen Sie in dasselbe Diagramm die Idealkurve ein und berechnen Sie die dazu notwendigen Werte. Begründen Sie mögliche Abweichungen zwischen den Messwerten und den berechneten Werten in der Fehlerbetrachtung.
- 3 Überprüfen Sie rechnerisch, ob die Messwerte der in der Vorbetrachtung hergeleiteten Proportionalität genügen.

Thema V1: Induktionsvorgänge

- 1 Im Inneren eines Helmholtzspulenpaares (Bild 1) wird ein homogenes magnetisches Feld erzeugt. In diesem Feld befindet sich koaxial zu den felderzeugenden Spulen eine ebenfalls zylindrische Induktionsspule ohne Kern ($A = 4,0 \text{ cm}^2$, $N = 200$).

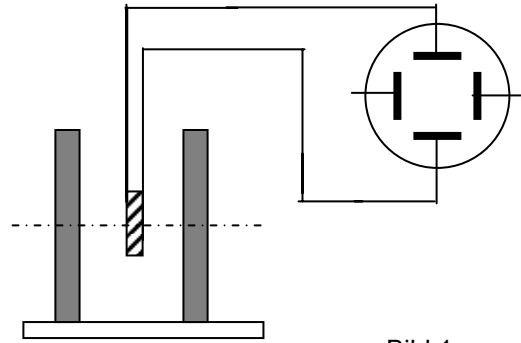


Bild 1

- Bemerkung: Koaxial bedeutet, dass die Spulen eine gemeinsame Zylinderachse besitzen.
- 1.1 Die Flussdichte B wird entsprechend dem Diagramm (Bild 2) geändert. Im Abschnitt A gilt $B \sim t^2$.

Zeichnen Sie das $U_{\text{ind}}(t)$ – Diagramm für die drei Phasen des Experimentes. Berechnen Sie die dazu notwendigen Induktionsspannungen.

- 1.2 Skizzieren Sie, welche Änderungen im $U_{\text{ind}}(t)$ – Diagramm zu erwarten sind, wenn bei Wiederholungen des Experimentes gegenüber der Ausgangslage jeweils nur folgende Veränderungen vorgenommen werden:

- (I) die Achse der Induktionsspule ist etwas gegen die Achse der Feldspule horizontal geneigt,
 (II) die Spulenachsen stehen in der Horizontalebene senkrecht zueinander,
 (III) die Induktionsspule hat einen Eisenkern.

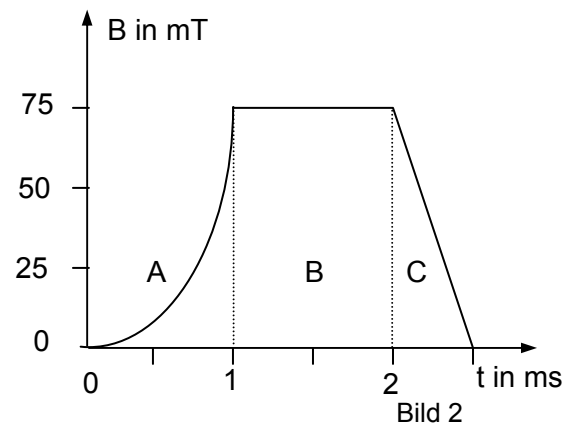


Bild 2

Begründen Sie jeweils die Änderungen.

- 2 Ein waagerechter gerader Leiter der Länge ℓ aus Aluminium fällt aus der Ruhe innerhalb eines homogenen Magnetfeldes. Dabei stehen das Feld, die Fallrichtung und die Längsachse des Leiters paarweise senkrecht aufeinander. Die Reibung und auftretende Wirbelströme werden vernachlässigt.

Daten:

$$\ell = 10 \text{ cm}$$

$$B = 1,5 \text{ mT}$$

$$s = 20 \text{ cm}$$

Berechnen Sie die Induktionsspannung unmittelbar nach Durchfallen der Strecke s .

Zeichnen Sie das $U_{\text{ind}}(s)$ – Diagramm für die Fallbewegung.

**Thema V2: Ideales Gas und kinetisch-statistische Betrachtungsweise
(Themaufgabe)**

Viele Vorgänge in der Thermodynamik können mit dem Modell Ideales Gas und der kinetisch-statistischen Betrachtungsweise beschrieben und erklärt werden.

Erörtern Sie in einer sprachlich geschlossenen und zusammenhängenden Darstellung das Modell Ideales Gas und die kinetisch-statistische Betrachtungsweise.

Zur Erörterung gehören u. a. folgende Schwerpunkte:

- Grundannahmen des Modells Ideales Gas,
- Vor- und Nachteile des Modells Ideales Gas,
- Merkmale der kinetisch-statistischen Betrachtungsweise,
- Erklärung der Brown'schen Bewegung mit der kinetisch-statistischen Betrachtungsweise,
- Erklärung des Temperatenausgleichs zweier Gase mit unterschiedlicher Temperatur und Erläuterung des Begriffes irreversibler Prozess an diesem Beispiel,
- Bedeutung der kinetisch-statistischen Betrachtungsweise für die Entwicklung der Physik.

Thema V3: Das Millikan-Experiment

Das Millikan-Experiment wird mit einem geeigneten Computerprogramm simuliert. Dieses ermöglicht, für verschieden große und unterschiedlich geladene Öltröpfchen die Steig- und die Fallgeschwindigkeiten zu ermitteln.

Als Grundlage der Simulation wird das Stoke'sche Gesetz für die Reibungskraft

$F = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$ verwendet. Der Auftrieb bleibt unberücksichtigt. Dadurch wird, verglichen mit dem Realexperiment, eine Idealisierung vorgenommen.

Durchführung

Der Experimentator blickt durch ein Mikroskop (Bild 1) in den Raum zwischen die Platten des Plattenkondensators mit dem Plattenabstand d . An die Kondensatorplatten wird die Spannung U angelegt.

Teilexperiment 1:

Nach dem Einbringen positiv geladener Öltröpfchen in diesen Raum wird ein Tröpfchen, das nach unten sinkt, vom Experimentator ausgewählt. Um die Fallgeschwindigkeit v_F berechnen zu können, muss die Zeit t_F gestoppt werden, in der das Tröpfchen eine bestimmte Strecke s (gemessen in Skalenteilen – SKT) durchfällt.

Teilexperiment 2:

Die Spannung U wird umgepolt. Für das nun steigende Öltröpfchen misst man die Steigzeit t_s und die zurückgelegte Strecke s .

Die Messungen beider Teilexperimente werden für weitere Öltröpfchen wiederholt.

Messwerte und Ergebnisse

Nr.	s in SKT	t_F in s	t_s in s	U in V	Q_n in 10^{-19} C
1	6	3,12	3,36	200	3,12
2	6	3,22	3,36	280	1,65
3	6	2,84	3,92	195	6,47
4	6	3,19	3,49	215	3,06
5	6	1,83	6,38	205	14,30
6	6	4,84	5,10	180	1,53
7	6	4,32	6,41	145	4,90
8	6	3,34	4,94	130	8,02
9	6	5,86	10,10	50	

Mikroskopeinblick:

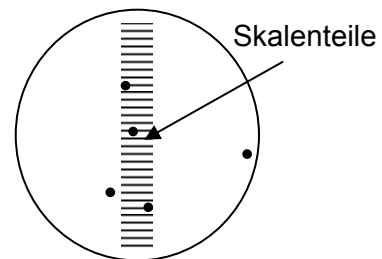


Bild 1

weitere Daten:

Dichte des Öls: $\rho = 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Viskosität der Luft: $\eta = 1,81 \cdot 10^{-5} \text{ Ns} \cdot \text{m}^{-2}$

Plattenabstand: $d = 5 \text{ mm}$

Mikroskop: $1 \text{ SKT} \hat{=} 0,085 \text{ mm}$

Aufgaben

- 1 Skizzieren Sie die Versuchsanordnung zur Spannungseinstellung und Spannungsmessung am Kondensator für das Telexperiment 1 für positiv geladene Öltröpfchen.
- 2 Begründen Sie das Zustandekommen der gleichförmigen Bewegungen in beiden Telexperimenten. Stellen Sie dazu die Kraftansätze für den Sink- und Steigfall auf.
- 3 Wenn man das Öltröpfchen als kleine Kugel betrachtet, kann seine Ladung Q näherungsweise mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$Q = \frac{9 \cdot d \cdot \pi}{2 \cdot U} \sqrt{\frac{\eta^3 \cdot (v_F - v_S) \cdot (v_F + v_S)^2}{\rho \cdot g}} .$$

Berechnen Sie mit den in den Telexperimenten 1 und 2 gemessenen bzw. den daraus berechneten Größen die Ladung Q_9 .

- 4 Welche hypothetische Schlussfolgerung kann aus der Größe der Ladungen Q_1 bis Q_9 gezogen werden? Begründen Sie Ihre Aussage.