

Mecklenburg-Vorpommern

Zentralabitur 2001

Physik
Grundkurs

Aufgaben

Hinweise für die Schülerinnen und Schüler / Hilfsmittel

Aufgabenauswahl

- Von den vorliegenden Arbeiten A und B ist eine auszuwählen und vollständig zu bearbeiten. Jede Arbeit besteht aus drei Aufgaben.
- Die Aufgabe 3 ist in beiden Arbeiten gleich und daher nur bei Arbeit A aufgeführt. Es ist nur eine der Aufgaben 3.1 bis 3.3 zu bearbeiten.

Bearbeitungszeit

- Die Arbeitszeit beträgt 210 min. Zur Wahl der Aufgaben wird eine Einlesezeit von 30 min zusätzlich gewährt.

Hilfsmittel

- Experimentiergeräte gemäß Aufgabenstellung
- das für die Abiturprüfung an der Schule zugelassene Tafelwerk
- ein nichtprogrammierbarer und nichtgrafikfähiger Taschenrechner
- Zeichengeräte
- ein Duden der deutschen Rechtschreibung

Sonstiges

- Die Lösungen sind in einer sprachlich einwandfreien und mathematisch exakten Form darzustellen.
- Alle Lösungswege müssen erkennbar sein.
- Grafische Darstellungen sind auf Millimeterpapier anzufertigen.
- Entwürfe können ergänzend zur Bewertung nur herangezogen werden, wenn sie zusammenhängend konzipiert sind und die Reinschrift etwa drei Viertel des erkennbar angestrebten Gesamtumfanges umfasst.

Arbeit A**Aufgabe 1 Bewegungsvorgänge (mit Schülerexperiment)**

(17 BE)

1. Eine Stahlkugel rollt eine geneigte Bahn, die aus zwei Stativstäben aufzubauen ist, aus der Ruhe gleichmäßig beschleunigt herab.

- a) In einem Experiment sollen Sie die Geschwindigkeit v der rollenden Kugel am Ende der Rollbahn für fünf vorgegebene Anfangshöhen bestimmen.

Bauen Sie die Rollbahn aus zwei parallelen Stativstäben auf und fertigen Sie ein übersichtliches Messprotokoll an. Die Anfangshöhe sei h und die Länge der Ablaufstrecke ℓ .

Messen Sie die Länge der Ablaufstrecke. Bestimmen Sie für jede Anfangshöhe die jeweilige Zeit für das Abrollen der Kugel als Mittelwert aus mindestens drei Einzelmessungen. Protokollieren Sie alle Messwerte.

Berechnen Sie aus den gemessenen Werten die Geschwindigkeit v .

- b) Stellen Sie den Zusammenhang zwischen Anfangshöhe und Geschwindigkeit in einem $v(h)$ -Diagramm grafisch dar.
Durch welchen der folgenden mathematischen Zusammenhänge lässt sich das Ergebnis des Experiments offensichtlich beschreiben?
Begründen Sie Ihre Entscheidung.

$$(I) \quad v \sim h \qquad (II) \quad v \sim h^2 \qquad (III) \quad v \sim \sqrt{h}$$

2. Zur Beschreibung der Bewegung von Körpern können die Modelle Massenpunkt und starrer Körper verwendet werden.

- a) Nennen Sie die Merkmale dieser Modelle.
Entscheiden Sie, welches Modell geeignet ist, um die Endgeschwindigkeit einer auf ihrem Großkreis abrollenden Kugel auf einer geneigten Ebene zu berechnen.
Begründen Sie Ihre Entscheidung.

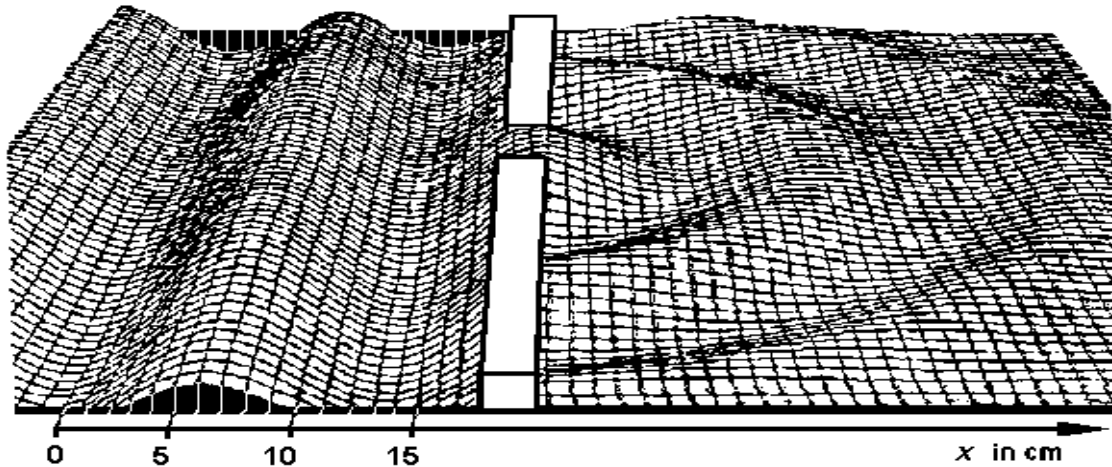
- b) Eine Metallkugel (Radius $r = 15\text{mm}$, Masse $m = 110\text{g}$) wird am oberen Rand einer geneigten Ebene (Neigungswinkel der Ebene $\alpha = 10^\circ$, Länge $\ell = 1,0\text{m}$) losgelassen.

Berechnen Sie die maximale Geschwindigkeit der auf ihrem Großkreis abrollenden Kugel.

Aufgabe 2 Ausbreitung mechanischer Wellen

(11 BE)

1. Mit Hilfe von Computerprogrammen können natürliche Vorgänge simuliert werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt ein Momentanbild des Durchgangs einer simulierten Oberflächenwelle durch einen Spalt.



- a) Beschreiben Sie die in der Abbildung dargestellte Erscheinung. Gehen Sie dabei auf die Begriffe Wellenfront und Wellennormale ein. Erklären Sie den Verlauf der Welle nach dem Passieren des Spalts.
- b) Die Frequenz der dargestellten Welle beträgt $f = 0,25\text{Hz}$. Bestimmen Sie aus der Abbildung einen Näherungswert für die Wellenlänge und berechnen Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle bei der Simulation.
2. Ein gespanntes Gummiseil der Länge $\ell = 50\text{cm}$ mit einem festen Ende stellt einen linearen Wellenträger dar, auf dem sich eine Querwelle mit einer Geschwindigkeit von $v = 4,0\text{ms}^{-1}$ ausbreitet. Durch gleichmäßiges Auf- und Abbewegen mit der Hand wird das Seil so angeregt, dass sich auf dem Seil eine stehende Welle ausbildet.



Skizze nicht maßstabsgerecht

- a) Erklären Sie das Zustandekommen stehender Wellen an diesem Beispiel.
- b) Geben Sie eine Frequenz an, mit der das Seil angeregt werden muss, damit eine stehende Welle beobachtet werden kann. Skizzieren Sie das zu beobachtende Wellenbild.

Aufgabe 3: Es ist eine der Aufgaben 3.1 bis 3.3 auf Seite 5 bis 7 zu bearbeiten.

Aufgabe 3.1 Atom- und Kernphysik

(12 BE)

- Das BOHR'sche Atommodell geht von diskreten Energieniveaus der Elektronen in der Hülle eines Atoms aus.
Erläutern Sie einen experimentellen Befund, der die Richtigkeit dieser Annahme stützt.
- Die folgende Tabelle zeigt den Anfang einer Nuklidkarte, in der die natürlichen und die künstlich erzeugten Nuklide eingetragen sind.
Die im Druck schattiert hervorgehobenen Nuklide sind stabil und bilden die sogenannte „Straße der Stabilität“. Die oberhalb dieser Orientierungshilfe eingetragenen instabilen Kerne weisen β^+ - Zerfall und die unterhalb eingetragenen β^- - Zerfall auf.

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | | | | | | | | | | |
| Na 22,989 | | | | | | | | | | Na20 | Na21 | Na22 | Na23 |
| Ne 20,179 | | | | | | | | Ne17 | Ne18 | Ne19 | Ne20 | Ne21 | Ne22 |
| F 18,998 | | | | | | | | | F 17 | F 18 | F 19 | F 20 | F 21 |
| O 15,999 | | | | | | O 13 | O 14 | O 15 | O 16 | O 17 | O 18 | O 19 | O 20 |
| N 14,007 | | | | | | N 12 | N 13 | N 14 | N 15 | N 16 | N 17 | N 18 | |
| C 12,011 | | | | C 9 | C 10 | C 11 | C 12 | C 13 | C 14 | C 15 | C 16 | | |
| B 10,81 | | | | B 8 | | B 10 | B 11 | B12 | B 13 | B14 | | | |
| Be 9,0122 | | | | Be 7 | | Be 9 | Be10 | Be11 | Be12 | | | | |
| Li 6,941 | | | | Li 6 | Li 7 | Li 8 | Li 9 | | Li 11 | | | | |
| He 4,0026 | | He 3 | He 4 | | He 6 | | He 8 | | | | | | |
| H 1,0079 | H 1 | H 2 | H 3 | | | | | | | | | | |

- Charakterisieren Sie den β^+ - und den β^- -Zerfall.
Geben Sie anhand der Nuklidkarte für jede Zerfallsart jeweils eine mögliche Zerfallsgleichung an, und zeigen Sie, dass sich beim Zerfall der instabile Ausgangskern dem stabilen Zustand nähert oder ihn sogar erreicht.
 - In der Kernphysik bezeichnet man beispielsweise B-10, B-11, B-12 als isotope Kerne und C-10, B-10, Be-10 als isobare Kerne.
Vergleichen Sie isotope und isobare Kerne.
- Geben Sie die Kernumwandlungsgleichung für den α -Zerfall eines Pu-238-Kerns an.
Berechnen Sie die kinetische Energie des α -Teilchen in MeV.
Benutzen Sie dazu die Angaben der folgenden Tabelle.

| Kern | Kernmasse in u |
|--------------------|----------------|
| Plutonium (Pu-238) | 238,0495 |
| Helium (He-4) | 4,0026 |
| Folgekern | 234,0409 |

Aufgabe 3.2 Wärmelehre

(12 BE)

1. Bei kalorischen Messungen ist die Wärmekapazität C des Kalorimeters zu berücksichtigen. Diese gibt an, welche Wärme erforderlich ist, um die Temperatur des Kalorimeters um ein Kelvin zu erhöhen. Das Kalorimeter besteht aus einem Thermogefäß mit der Kalorimeterflüssigkeit Wasser, einem Rührer und einem Thermometer.

Um die Wärmekapazität experimentell zu bestimmen, wird die Ausgangstemperatur T_1 der Kalorimeterflüssigkeit (Wasser, Masse m_1) gemessen. Wasser (Masse m_2) mit der höheren Temperatur T_2 wird in das Kalorimeter gegossen und mit dem dort befindlichen Wasser vermischt. Nach einiger Zeit hat sich die Mischungstemperatur T_M eingestellt. Dann gilt für die Wärmekapazität C

$$C = - \frac{c_{\text{Wasser}} \cdot m_2 \cdot (T_M - T_2)}{(T_M - T_1)} .$$

- a) Beschreiben Sie den Wärmeaustausch und stellen Sie die Energiebilanz für den Vorgang auf.
Leiten Sie daraus die obige Gleichung her.
- b) Berechnen Sie aus den folgenden Messwerten die Wärmekapazität C .
 $m_1 = 200\text{g}$, $m_2 = 100\text{g}$, $\vartheta_1 = 20^\circ\text{C}$, $\vartheta_2 = 47^\circ\text{C}$, $\vartheta_M = 27^\circ\text{C}$
2. Um die Flammentemperatur eines Bunsenbrenners zu ermitteln, wird eine Stahlkugel der Masse $m = 25\text{g}$ so lange in der Flamme erhitzt, bis sie die Flammentemperatur angenommen hat. Die Kugel wird in ein, dem oben beschriebenen ähnliches, Kalorimeter der Wärmekapazität $C = 1,0\text{kJ}\cdot\text{K}^{-1}$ gebracht. Die Temperatur des Wassers steigt dabei von 24°C auf 33°C .
- a) Berechnen Sie die Flammentemperatur.
- b) Beim Eintauchen der Stahlkugel verdampft eine geringe Wassermenge. Welchen Einfluss hat dies auf das in der Teilaufgabe 2 a ermittelte Ergebnis? Begründen Sie Ihre Aussage.

Aufgabe 3.3 Quantenphysik

(12 BE)

1. Im Jahre 1905 konnte EINSTEIN mit seinem Photonenmodell den äußeren lichtelektrischen Effekt (Photoeffekt), den HALLWACHS bereits um 1888 experimentell untersuchte, erklären.
 - a) Nennen Sie wesentliche Merkmale des äußeren lichtelektrischen Effektes.
 - b) Erklären Sie den äußeren lichtelektrischen Effekt mit dem Photonenmodell!

2. Mit einem geeigneten Versuchsaufbau kann in einer Vakuumfotозelle die maximale kinetische Energie der aus der Photokatode herausgelösten Elektronen in Abhängigkeit von der Frequenz des eingestrahlichten monochromatischen Lichts ermittelt werden.

| | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|---------|
| Farbe des Lichts | gelb | grün | blau | violett |
| Frequenz f in 10^{14} Hz | 5,19 | 5,49 | 6,88 | 7,41 |
| Energie E_{kin} in eV | 0,20 | 0,34 | 0,91 | 1,12 |

- a) Zeichnen Sie das $E_{\text{kin}}(f)$ -Diagramm.
- b) Bestimmen Sie das Material, aus dem die Photokatode bestehen könnte.
- c) Als Gedankenexperiment soll die Messung mit einer Photokatode aus metallischem Barium (Austrittsarbeit $W_A = 2,52\text{eV}$) wiederholt werden.

Zeichnen Sie die zu erwartende Gerade in das $E_{\text{kin}}(f)$ -Diagramm aus 2.a ein.

Entscheiden Sie anhand des Diagramms, bei welchen der in der Tabelle angegebenen Frequenzen jetzt ein Photoeffekt zu beobachten ist.

Entnehmen Sie dem Diagramm einen Näherungswert für die Grenzfrequenz der Barium-Katode.

Arbeit B**Aufgabe 1 Die elektrische Elementarladung**

(17 BE)

1. Über die Bewegung von Öltröpfchen im elektrischen Feld wies MILLIKAN 1909 experimentell die Existenz der Elementarladung nach und bestimmte ihre Größe. Wir betrachten nachfolgend das Prinzip des Experiments, wobei die Bedingungen untersucht werden, um ein negativ geladenes Öltröpfchen im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators in der Schwebelage zu halten.
 - a) Skizzieren Sie das Prinzip einer solchen Experimentieranordnung. Zeichnen Sie auch ein geladenes Öltröpfchen und die auf das Tröpfchen wirkenden Kräfte ein.
 - b) Erläutern Sie, wie bei dieser Experimentieranordnung die Öltröpfchen in der Schwebelage gehalten werden können.
 - c) Für ein einzelnes schwebendes Öltröpfchen gilt bei Vernachlässigung des Auftriebs die Beziehung
$$Q = \frac{m \cdot g \cdot s}{U}.$$
Darin ist Q die elektrische Ladung des Tröpfchens, m seine Masse, g die Fallbeschleunigung, s der Plattenabstand und U die angelegte elektrische Spannung. Leiten Sie diese Gleichung her.
2. Ein Experiment nach Teilaufgabe 1 ergibt folgende Messwerte.

| Tröpfchennummer | U in V | m in 10^{-16} kg |
|-----------------|----------|----------------------|
| 1 | 53 | 6,16 |
| 2 | 174 | 10,2 |
| 3 | 89 | 15,4 |
| 4 | 117 | 7,05 |
| 5 | 130 | 16,7 |
| 6 | 90 | 22,0 |
| 7 | 108 | 12,4 |

Weiterhin sind die Dichte des Öls mit $\rho = 890 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ und der Plattenabstand $s = 2,76 \text{ mm}$ bekannt. Die Masse m der einzelnen Tröpfchen wurde aus anderen Messwerten bestimmt.

- a) Bestimmen Sie die Ladung Q der einzelnen Öltröpfchen und vergleichen Sie diese mit der Elementarladung e .
Erläutern Sie, warum MILLIKAN aus ähnlichen Ergebnissen auf die Existenz einer Elementarladung und deren Betrag schließen konnte.
- b) Ermitteln Sie für das erste Tröpfchen dessen Radius r , die Gewichtskraft F_G und die elektrostatische Kraft F_{el} . Das Tröpfchen sei kugelförmig.
Geben Sie die elektrische Feldstärke E zwischen den Platten bei der entsprechenden Messung an.

Aufgabe 2 Wellenoptik

(11 BE)

1. Auf einen Doppelspalt fällt senkrecht zur Spaltebene ein schmales, monochromatisches Lichtbündel. Das hindurchtretende Licht wird auf einem zur Spaltebene parallel stehenden Bildschirm aufgefangen. Ein Interferenzbild wird beobachtet. Erklären Sie das Zustandekommen des Interferenzbildes mit dem Wellenmodell des Lichts. Erläutern Sie dabei anhand einer Skizze, dass sich in der Beziehung

$$\sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b} \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

die Bedingung für die Verstärkung kohärenter Wellen widerspiegelt.

2. Ein Experiment wird ähnlich der Teilaufgabe 1 mit einem Gitter statt des Doppelspalts durchgeführt. Der Abstand zwischen Gitter und Bildschirm beträgt 3,00m.
- a) Berechnen Sie die Gitterkonstante, wenn beim Experiment das Lichtbündel eines Lasers mit der Wellenlänge $\lambda = 630\text{nm}$ benutzt wird und der Abstand der beiden Maxima 1. Ordnung auf dem Schirm 15,7cm beträgt.
- b) Fällt statt des Laserlichts Sonnenlicht in gleicher Weise durch die Experimentieranordnung, beobachtet man Spektren erster bzw. höherer Ordnung. Erklären Sie das Entstehen der Spektren. Berechnen Sie die Breite eines Spektrums 1. Ordnung auf dem Bildschirm, wenn die Wellenlängen des sichtbaren Lichts zwischen 390nm und 770nm angenommen werden und die Gitterkonstante $b = 10,0\mu\text{m}$ beträgt.

Aufgabe 3: Es ist eine der Aufgaben 3.1 bis 3.3 auf Seite 5 bis 7 zu bearbeiten.