



# SACHSEN-ANHALT

Kultusministerium

## SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2009

### PHYSIK (Leistungskursniveau)

Einlesezeit: 30 Minuten

Bearbeitungszeit: 300 Minuten

---

Aus jedem Themenblock ist ein Thema auszuwählen und anzukreuzen.

Gewählte Themen:

#### Themenblock Grundlagen

---

Thema G1	Wechselwirkungen von geladenen Teilchen mit Feldern	<input type="checkbox"/>
Thema G2	Untersuchungen von Bewegungen	<input type="checkbox"/>

#### Themenblock Vertiefungen

---

Thema V1	Zustandsänderungen idealer Gase	<input type="checkbox"/>
Thema V2	Hauptsätze der Thermodynamik (Themaufgabe)	<input type="checkbox"/>
Thema V3	Das Wasserstoffspektrum als experimenteller Nachweis für die quantenhafte Verteilung der Energie in der Atomhülle des Wasserstoffatoms	<input type="checkbox"/>

Unterschrift des Prüflings:

**Thema G1: Wechselwirkungen von geladenen Teilchen mit Feldern****1 Nachweis von Elementarteilchen**

Eine Nebelkammer befindet sich in einem homogenen Magnetfeld mit der Flussdichte  $B = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ . In dieser Nebelkammer werden Spuren zweier Teilchen nachgewiesen. Beide Spuren verlaufen anfangs näherungsweise auf Kreisbahnen mit dem Radius  $r = 3,5 \text{ cm}$  senkrecht zu den Feldlinien (Bild 1). Eine der Spuren wurde von einem Elektron erzeugt.

Entscheiden und begründen Sie, welche der beiden Spuren die Elektronenspurspur ist.

Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Elektrons.

Charakterisieren Sie ein Teilchen, welches die andere Spur erzeugt haben könnte. Begründen Sie Ihre Antwort.

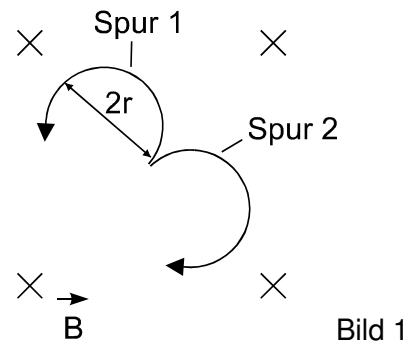


Bild 1

**2 Beschleunigung von Elektronen in Elektronenstrahlröhren**

Elektronenstrahlröhren finden in der Technik noch immer zahlreiche Einsatzmöglichkeiten. In den Röhren werden Elektronen auf große Geschwindigkeiten beschleunigt. Deshalb kann man sie als einfache Teilchenbeschleuniger bezeichnen.

Beschreiben Sie den prinzipiellen Aufbau und erklären Sie die Wirkungsweise einer Braun'schen Röhre. Nennen Sie eine Einsatzmöglichkeit.

Berechnen Sie die erforderliche Beschleunigungsspannung, um Elektronen auf die Geschwindigkeit  $v = 0,01 c$  zu bringen.

**3 Linearbeschleuniger**

Linearbeschleuniger werden u. a. zur Beschleunigung von Protonen eingesetzt, bevor diese in ein Synchrotron gelangen. Im Bild 2 ist der prinzipielle Aufbau eines Linearbeschleunigers dargestellt.

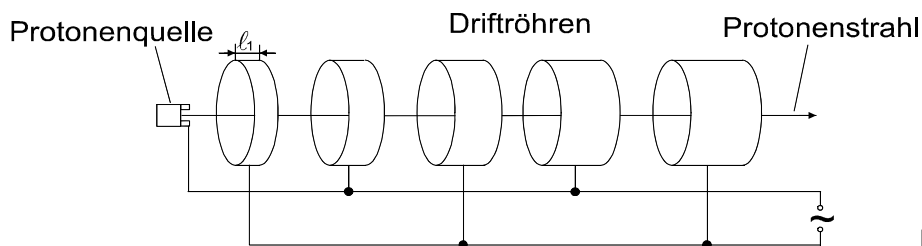


Bild 2

3.1 Erklären Sie die Wirkungsweise eines Linearbeschleunigers mithilfe der Abbildung.

- 3.2 Protonen mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit sollen durch einen Linearbeschleuniger auf die Energie  $E = 50 \text{ MeV}$  beschleunigt werden. Die Frequenz der beschleunigenden Wechselspannung beträgt  $f = 200 \text{ MHz}$ . Die Spannung zwischen den Driftröhren während des Beschleunigungsvorganges wird zur Vereinfachung als konstant mit  $U_B = 400 \text{ kV}$  angenommen.

Hinweis: Alle Rechnungen der Aufgabe 3.2 sind nichtrelativistisch auszuführen.

- 3.2.1 Berechnen Sie die erforderliche Anzahl der Driftröhren.
- 3.2.2 Berechnen Sie die Länge der Driftröhre nach dem ersten Beschleunigungsvorgang ( $\ell_1$ ) und nach dem zehnten Beschleunigungsvorgang ( $\ell_{10}$ ), wenn man annimmt, dass die Protonen die Zeit  $t = 0,5 \text{ T}$  zum Durchlaufen einer Driftröhre benötigen.
- 3.2.3 Bei einem Realexperiment haben die Protonen beim Eintritt in die erste Beschleunigungsphase bereits die Energie  $E_0 = 90 \text{ keV}$ .

Berechnen Sie für diesen Fall bei sonst gleichen Versuchsbedingungen die erforderliche Länge  $\ell_1$ .

#### 4 Zyklotron

In Zyklotronen werden Protonen stufenweise beschleunigt und durch ein Magnetfeld auf eine Kreisbahn gezwungen. Mit zunehmender Geschwindigkeit wird der Bahnradius immer größer.

Zeigen Sie, dass bei einem Zyklotron die Umlaufzeit unabhängig von der Geschwindigkeit und vom Bahnradius ist, wenn man die relativistische Massenzunahme vernachlässigt.

Erläutern Sie, welchen Einfluss die relativistische Massenzunahme bei hohen Teilchengeschwindigkeiten auf die Funktion des Zyklotrons hat.

#### 5 Synchrotron

Nach der Beschleunigung im Linearbeschleuniger werden Protonen in Synchrotronen auf noch größere Energien beschleunigt, bevor sie zur Kollision gebracht werden. Dabei werden zwei Protonenstrahlen in entgegengesetzte Richtungen auf eine nahezu kreisförmige Umlaufbahn mit dem Durchmesser  $d = 8486 \text{ m}$  gebracht.

Infolge der großen Geschwindigkeiten kann man die relativistische Massenzunahme nicht vernachlässigen.

- 5.1 Leiten Sie die Gleichung  $\frac{v}{c} = \sqrt{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{E_{\text{kin}}}{m_0 \cdot c^2}\right)^2}}$  für die Geschwindigkeit der Protonen in Abhängigkeit von ihrer relativistischen kinetischen Energie her.

- 5.2 Stellen Sie die Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Protonen von der kinetischen Energie im Intervall  $0 \leq E_{\text{kin}} \leq 5,0 \text{ GeV}$  in einem  $\frac{v}{c}(E_{\text{kin}})$  - Diagramm dar.

Ergänzen Sie dazu den fehlenden Wert in der Tabelle.

$E_{\text{kin}}$ in GeV	0,1	0,3	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$\frac{v}{c}$	0,43	0,65	0,76	0,88		0,97	0,98	0,99

Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen der kinetischen Energie und dem Verhältnis  $\frac{v}{c}$  mithilfe des Kurvenverlaufs.

## Thema G2: Untersuchungen von Bewegungen

Auf einer geneigten Ebene (Neigungswinkel  $\alpha = 15^\circ$ ) ist ein quaderförmiger Körper K ( $m_K = 150 \text{ g}$ ) durch einen Faden über eine Umlenkrolle mit einem angehängten Massestück M ( $m_M = 75 \text{ g}$ ) verbunden (Bild 1). Der Körper M wird freigegeben und zieht den Körper K nach oben. Nach einer durchlaufenen Strecke  $h$  (Abschnitt 1) setzt M in einem unelastischen Stoß auf dem Boden auf. Der Körper K gleitet auf Grund seiner Trägheit noch eine Strecke  $\ell$  bis zum Stillstand weiter (Abschnitt 2). Auf der gesamten Ebene wirkt eine konstante Reibungskraft.

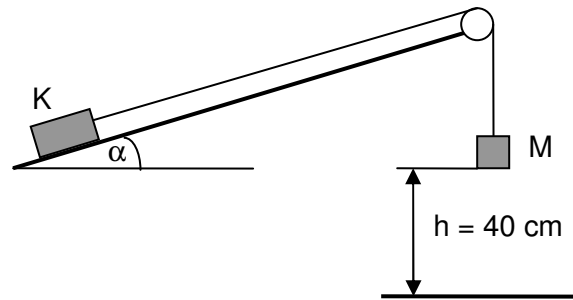


Bild 1

Während der Bewegung wird an verschiedenen Wegpunkten die Momentangeschwindigkeit  $v(s)$  gemessen.

Einflüsse durch Masse und Reibung von Rolle und Faden sollen bei der Auswertung vernachlässigt werden.

### 1 Kinematik und Dynamik der beschriebenen Bewegung

- 1.1 Bezeichnen Sie mittels einer aussagefähigen Skizze die am Körper K im Abschnitt 1 wirkenden Kräfte.

Begründen Sie, dass der Bewegungsabschnitt 1 eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung ist.

- 1.2 Eine computergestützte Messung liefert die folgenden Messwerte:

s in cm	0	5,0	10,0	20,0	30,0	40,0	42,0	45,0	47,0
v in $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$	0	28,3	40,0	56,6	69,3	80,0	70,1	52,0	34,9

Stellen Sie die Messwerte in einem  $v^2(s)$  - Diagramm dar.

Zeigen Sie, dass sich aus den Bewegungsgesetzen der gleichmäßig beschleunigten Bewegung die Gleichung  $v^2 = 2 a \cdot s$  ableiten lässt.

Ermitteln Sie aus der graphischen Darstellung den Wert für die Beschleunigung  $a_1$  im Abschnitt 1 und die Weglänge der gesamten Bewegung.

- 1.3 Weisen Sie nach, dass sich für die Bedingungen des Bewegungsabschnittes 1 die Gleitreibungszahl mit der Gleichung 
$$\mu_G = \frac{g \cdot (m_M - m_K \cdot \sin \alpha) - a_1 \cdot (m_K + m_M)}{g \cdot m_K \cdot \cos \alpha}$$

berechnen lässt.

Berechnen Sie unter Nutzung des Wertes für  $a_1$  aus 1.2 die Gleitreibungszahl.

### 2 Energetische Untersuchungen der beschriebenen Bewegung

- 2.1 Beschreiben Sie die Energieumwandlungen des vollständigen Bewegungsablaufes im Gesamtsystem, der im Vorwort zu den Aufgaben 1 und 2 dargestellt ist.

- 2.2 Berechnen Sie den Wert der Gleitreibungszahl, der sich aus den Daten des zweiten Bewegungsabschnittes ergibt.

### 3 Bestimmung einer Gleitreibungszahl auf einer horizontalen Bahn (Schülerexperiment)

In dieser Aufgabe ist ein Experiment durchzuführen und auszuwerten. Bearbeiten Sie dazu die Aufträge der Vorbetrachtungen und führen Sie das Experiment durch. Die Auswertung erfolgt nach den angegebenen Vorgaben. Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

#### Auftrag

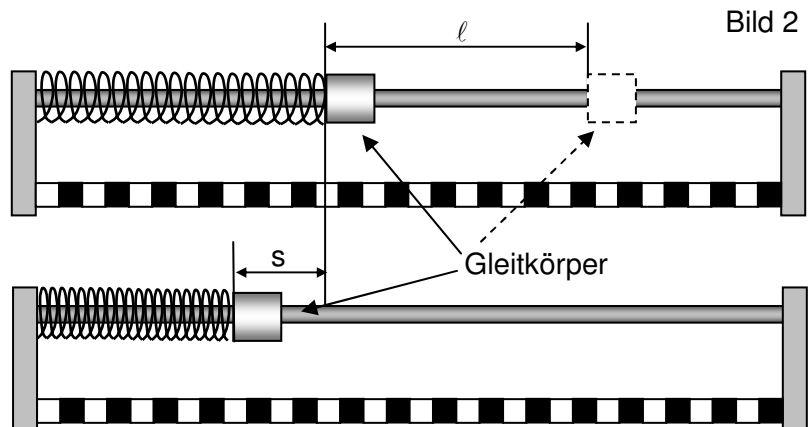
Untersuchen Sie experimentell den Zusammenhang zwischen der Kompressionsstrecke  $s$  einer Feder und der Gleitstrecke  $(s + \ell)$  eines Körpers.

#### Vorbetrachtungen

Ihnen steht die im Bild 2 dargestellte Apparatur zur Bestimmung der Gleitreibungszahl zur Verfügung.

Eine Schraubenfeder wird mit einem vorgesetzten Metallkörper bekannter Masse um die Strecke  $s$  zusammengedrückt. Nach der Freigabe gleitet der Metallkörper bis zum Stillstand. Mittels der Messung der

Kompressionsstrecke  $s$  und der Strecke  $\ell$  ist die Gleitreibungszahl zu ermitteln.



- 1 In einem Vorversuch sind die Abhängigkeit der Kompressionslänge  $s$  von der Belastung  $F$  und die Masse des Gleitkörpers gemessen worden. Die Werte werden Ihnen am Arbeitsplatz zur Verfügung gestellt.

Übernehmen Sie die Messwerte in Ihr Protokoll und bestimmen Sie mit diesen Messwerten die Federkonstante  $D$  der genutzten Feder.

- 2 Zeigen Sie, dass für die beschriebene Anordnung der Zusammenhang der Strecken

$$\ell \text{ und } s \text{ durch die Gleichung } \ell = \frac{D}{2 \cdot \mu \cdot m \cdot g} \cdot s^2 - s \text{ dargestellt werden kann.}$$

Dieser Zusammenhang gilt nur, wenn  $\mu$  konstant ist, also die Ableitung  $\ell'(s)$  als lineare Funktion existiert.

#### Ablauf des Experimentes

Stellen Sie mindestens sechs verschiedene Werte für die Kompressionsstrecke  $s$  ein und messen Sie nach der Freigabe der Feder die dazu gehörende Strecke  $\ell$  des Gleitvorganges. Nutzen Sie dabei einen möglichst großen Bereich der Strecke  $s + \ell$ .

#### Auswertung

- 1 Stellen Sie die Messwerte in einem  $\ell(s)$ -Diagramm dar.
- 2 Begründen Sie, dass der Anstieg  $m_T$  der Tangente an den Graphen der  $\ell(s)$ -Kurve

$$\text{durch } m_T = \tan \alpha = \frac{D \cdot s}{\mu \cdot m \cdot g} - 1 \text{ berechnet werden kann.}$$

Wählen Sie drei Punkte Ihrer grafischen Darstellung aus und zeichnen Sie in diesen Punkten jeweils die Tangente an die Kurve. Ermitteln Sie die zugehörigen Anstiege der Tangenten und daraus die Gleitreibungszahl.

- 3 Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch.

**Thema V1: Zustandsänderungen idealer Gase**

In wärmetechnischen Anlagen nutzt man verschiedene Zustandsänderungen von Gasen. Um die Prozesse immer effizienter zu gestalten, werden diese im Labor zunächst mit Gasen, die als ideal angenommen werden können, nachvollzogen und untersucht.

- 1 In einem solchen konkreten Laborversuch werden 0,1 mol eines idealen Gases vom Normzustand A ( $p_A = 101,3 \text{ kPa}$ ;  $T_A = 273,15 \text{ K}$ ) auf die Hälfte seines Ausgangsvolumens isotherm in den Zustand B komprimiert und danach isobar auf 360 K in den Zustand C erwärmt.

Stellen Sie die beschriebenen Zustandsänderungen in einem  $p(V)$  - Diagramm dar. Berechnen Sie die dazu erforderlichen Werte.

(Ergebnis zur Kontrolle:  $V_C = 1,48 \text{ l}$ )

- 2 Die zwei nacheinander ausgeführten Zustandsänderungen sollen nun durch eine einzige Zustandsänderung vom Zustand A nach Zustand C ersetzt werden, welche adiabatisch erfolgen soll.

2.1 Erläutern Sie, was unter einer adiabatischen Zustandsänderung zu verstehen ist.

- 2.2 Für diese adiabatische Zustandsänderung gilt die Gesetzmäßigkeit:  $p_A \cdot V_A^\kappa = p_C \cdot V_C^\kappa$ .

Berechnen Sie für die beschriebene adiabatische Zustandsänderung den Adiabatenkoeffizienten  $\kappa$ .

(Ergebnis zur Kontrolle:  $\kappa = 1,67$ )

Zeichnen Sie in das Diagramm aus Aufgabe 1 die zugehörige Adiabate ein. Ergänzen Sie dazu die folgende Wertetabelle:

V in l	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
p in $10^5 \text{ Pa}$	1,77	1,60	1,46	1,33		1,12

- 3 Vergleichen Sie die Beträge der Arbeiten bei den Zustandsänderungen (1) und (2), wenn für die adiabatische Zustandsänderung ein Arbeitsbetrag von 108 J erforderlich ist. Dabei gilt:

(1) A über B nach C,

(2) A direkt nach C.

Berechnen Sie dazu die Arbeit bei der Zustandsänderung (1) unter Herleitung der Gleichung für den isothermen Abschnitt.

Entscheiden Sie, ob bei den Zustandsänderungen (1) und (2) jeweils insgesamt Arbeit am oder vom System verrichtet wird.

Begründen Sie Ihre Aussagen.

**Thema V2: Hauptsätze der Thermodynamik (Themaufgabe)**

Im 18. und 19. Jahrhundert untersuchten viele Naturforscher die Vorgänge der Wärmeübertragung.

Stellen Sie in einer sprachlich geschlossenen und zusammenhängenden Form die Bedeutung des ersten und zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik innerhalb der Naturwissenschaften dar.

Gehen Sie dabei auch auf die folgenden Schwerpunkte ein und nutzen Sie gegebenenfalls die Zitate:

- der erste und zweite Hauptsatz zur Beschreibung von Vorgängen,
- offene und geschlossene Systeme,
- irreversible und reversible Vorgänge,
- die physikalische Größe Entropie zur Beschreibung von Prozessen.

Zitat 1:

„Die Energie der Welt ist constant. Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu.“

Rudolf Clausius (dt. Physiker)

(Quelle: Ueber verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen zur mechanischen Wärmetheorie. - Leipzig, 1865 S. 353)

Zitat 2:

„Erst das Prinzip der Entropie hat allen Illusionen über ... Evolution, über die Zukunft der Gattung Mensch und ihrer Werke, ein Ende gesetzt. Wie dauerhaft auch immer das sein könnte, was der Einzelne im Überleben seiner Nachkommen für die Gattung bedeutet hätte, irgendwann würden die Bedingungen des Lebens auf der Erde und sogar im ganzen Universum verschwinden und alles in Leblosigkeit ... erstarren.“

Hans Blumenberg (dt. Philosoph)

(Quelle: Die Sorge geht über den Fluss. - Frankfurt/M., 1987 S. 153)

**Thema V3: Das Wasserstoffspektrum als experimenteller Nachweis für die quantenhafte Verteilung der Energie in der Atomhülle des Wasserstoffatoms**

Schon bald nach der Entdeckung der Linienspektren tauchte die Frage auf, wie ihr Entstehen erklärt werden kann und ob für die Wellenlängen der einzelnen Linien gesetzmäßige Zusammenhänge bestehen.

Ausgehend von den vier Linien des Wasserstoffspektrums, die im sichtbaren Bereich des Spektrums liegen (Bild 1), gelang es Balmer auf rein empirischem Weg, eine Gesetzmäßigkeit zwischen den Frequenzen der Linien des Wasserstoffspektrums zu finden, die u. a. folgende Form haben kann:

$$f = R_H \cdot c \cdot \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad \text{mit } R_H = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}. \quad (1)$$

Bohr erklärte mit seinem Atommodell das Entstehen der Spektrallinien des Wasserstoffs.

Anhand des Wasserstoffspektrums lassen sich die theoretischen Vorhersagen über den Aufbau des Wasserstoffs mit den experimentellen Befunden vergleichen.

In einem Experiment wurde das Wasserstoffspektrum (Bild 1) erzeugt und vermessen.

**Messwerte:**

Spektrum des Wasserstoffs

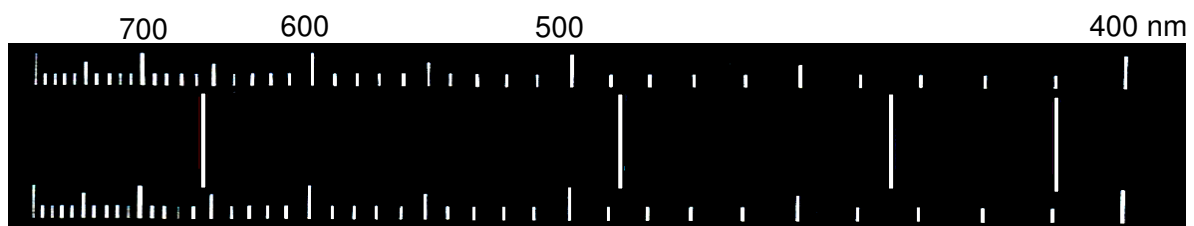


Bild 1

**Aufgaben:**

- Bestimmen Sie aus dem Wasserstoffspektrum (Bild 1) für die vier Spektrallinien die Wellenlängen und ordnen Sie ihnen ihre jeweilige Farbe zu.

Beschreiben Sie mithilfe einer Skizze eine Experimentieranordnung, mit der man ein Wasserstoffspektrum auf einem Schirm erzeugen kann.

- Berechnen Sie mit den in Aufgabe 1 bestimmten Wellenlängen die Energieportionen, die abgegeben werden, wenn Licht der vier Farben im sichtbaren Bereich des Linienspektrums registriert wird.

Zeichnen Sie das Energieniveauschema des Wasserstoffs für sichtbares Licht für die Niveaus  $E_2 = -3,40 \text{ eV}$ ,  $E_3$ ,  $E_4$ ,  $E_5$  und  $E_6$ . Berechnen Sie die dazu notwendigen Werte.

- Berechnen Sie mit der Gleichung (1) die Wellenlängen der vier Spektrallinien und vergleichen Sie diese mit den von Ihnen in Aufgabe 1 bestimmten Werten.
- Erläutern Sie Leistungen und Grenzen des Bohr'schen Atommodells.