SACHSEN-ANHALT

Kultusministerium

SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2006

PHYSIK
(Leistungskursniveau)

Einlesezeit:	30 Minuten
Bearbeitungszeit:	300 Minuten

Aus jedem Themenblock ist ein Thema auszuwählen und anzukreuzen.

Gewählte Themen:

Themenblock Grundlagen

Thema G1	Thermodynamische Prozesse	◻
Thema G2	Schaltvorgänge am Kondensator	◻

Themenblock Vertiefungen

Thema V1	Beschleunigte Bewegungen von Körpern	◻
Thema V2	Masse und Energie in der klassischen Physik und in der speziellen Relativitätstheorie (Themaaufgabe)	◻
Thema V3	Elektronenbeugung	◻

Unterschrift des Prüflings:

Thema G1: Thermodynamische Prozesse

1 Zustandsänderungen idealer Gase

1.1 Vergleichen Sie mithilfe des 1. Hauptsatzes der Thermodynamik die isobare mit der isothermen Expansion idealer Gase bezüglich der übertragenen Wärme, der verrichteten mechanischen Arbeit und der inneren Energie.

1.2 Eine abgeschlossene Menge eines einatomigen idealen Gases wird ausgehend vom Zustand 1 (p_1, V_1, T_1) nacheinander folgenden Zustandsänderungen unterworfen:

- isobare Kompression in den Zustand 2 (p_2, V_2, T_2),
- isotherme Expansion in den Zustand 3 (p_3, V_3, T_3).

Daten:

$p_1 = 1{,}2 \cdot 10^6$ Pa
$V_1 = 8{,}0\ \ell$
$T_1 = 500$ K
$V_2 = 2{,}0\ \ell$
$V_3 = V_1$

Stellen Sie beide Zustandsänderungen in einem p(V) - Diagramm dar. Berechnen Sie die dazu notwendigen Werte.

Berechnen Sie die Stoffmenge und die übertragenen Wärmen.

2 Technische Probleme bei der Lagerung von Gasen

Bei der Lagerung einer Gasflasche soll der Druck aus Sicherheitsgründen $1{,}2 \cdot 10^6$ Pa nicht überschreiten. In einer Gasflasche mit dem Volumen V = 50 ℓ befinden sich 20 mol Helium mit einer Temperatur von $\vartheta_1 = 20\ °C$. Das Helium soll als ideales Gas betrachtet werden.

2.1 Berechnen Sie den Druck p_1 bei der Temperatur ϑ_1 und die maximal zulässige Lagertemperatur ϑ_{max}. (Ergebnis zur Kontrolle: $\vartheta_{max} = 88\ °C$)

2.2 Erklären Sie den Gasdruck mit der Teilchenbewegung und berechnen Sie die mittlere Teilchengeschwindigkeit bei der maximalen Lagertemperatur.

2.3 Um den Höchstdruck nicht zu überschreiten, wird ein Überdruckventil an die Flasche montiert (Bild 1). Der Kolben mit dem Querschnitt A = 4,0 cm² soll sich reibungsfrei bewegen lassen. Die Feder wirkt dem Gasdruck entgegen und ist bei dem Druck $p_0 = 1{,}0 \cdot 10^5$ Pa im ungespannten Zustand. Der Weg des Kolbens vom entspannten Zustand bis zum Öffnen des Ventils beträgt x = 5,0 cm.

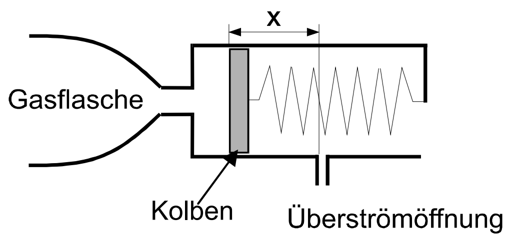

Bild 1

Berechnen Sie die erforderliche Federkonstante D, wenn das Ventil bei einem Druck von $p_{max} = 1{,}2 \cdot 10^6$ Pa öffnen soll. Die Volumenänderung des Gases und die Reibung können vernachlässigt werden.

Durch eine Havarie erhöht sich die Temperatur des Gases auf $\vartheta_2 = 95\ °C$. Dabei entweicht ein Teil des Gases durch das Überdruckventil.

Berechnen Sie die Masse des ausgeströmten Gases.

3 Versuch von Stern

Mit dem Versuch von Stern kann man die Geschwindigkeitsverteilung von Atomen in einem Dampf aus Silberatomen untersuchen. Dazu verwendet man eine Versuchsanordnung, deren schematischer Aufbau im Bild 2 zu sehen ist. Ein versilberter Platindraht D befindet sich auf der Symmetrieachse zweier konzentrisch angeordneter und starr miteinander verbundener Kupferzylinder, die drehbar gelagert sind und deren Radien die Differenz a haben. Der innere Zylinder besitzt eine Spaltblende S. Die gesamte Anordnung befindet sich im Vakuum. Wird der Platindraht erhitzt, tritt Dampf des Silbers durch die Spaltöffnung und setzt sich auf der Wand des äußeren Zylinders als Niederschlag ab.

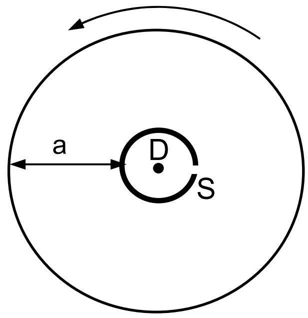

Bild 2

Beschreiben Sie die Beobachtungsergebnisse dieses Versuches bei ruhender und sich drehender Anordnung. Deuten Sie die Beobachtungen.

Thema G2: Schaltvorgänge am Kondensator

1 Gold Caps

Gold Caps sind Miniaturelektrolytkondensatoren mit enorm hoher Kapazität und endlichem Innenwiderstand. Sie vertragen aufgrund der Platz sparenden Isolierung im zylinderförmigen Gehäuse nur geringe Spannungen $U \leq 5{,}5$ V. Als Trägermaterial des Elektrolyten verwendet man Aktivkohle. Nur 1 g Aktivkohle verfügt über eine innere Oberfläche von $A = 1000\ m^2$.

Derartige Kondensatoren eignen sich als Energiespeicher und Überbrückungsstromversorgung in Geräten, in denen Daten im ausgeschalteten Zustand erhalten werden sollen.

1.1 Berechnen Sie den Plattenabstand d eines Plattenkondensators herkömmlicher Bauart mit keramischem Dielektrikum $\varepsilon_r = 200$ und der Kapazität C = 3,3 F, wenn er über die Plattenfläche von ebenfalls $A = 1000\ m^2$ verfügen würde.

1.2 Fahrräder neuerer Bauart besitzen Rückleuchten, die mit einem Dynamo betrieben werden, aber auch noch im Stillstand leuchten. Verantwortlich dafür ist eine elektronische Schaltung, mit der die Stromstärke bei I = 0,25 A sowie die Spannung bei U = 2,4 V konstant gehalten werden. Diese Schaltung enthält u. a. einen Gold Cap, dem unter diesen Bedingungen eine Energie von E = 20 Ws entnommen werden kann.

Berechnen Sie, wie lange das Lämpchen mit der Aufschrift 2,4 V / 0,25 A in der Rückleuchte während der Rotphase an einer Ampel leuchten könnte, wenn der Gold Cap zuvor voll aufgeladen war.

1.3 Nach dem Aufladen eines Gold Caps der Kapazität C = 3,3 F beträgt seine Spannung $U_0 = 5{,}00$ V. Die anschließende Entladung erfolgt über einen Widerstand R = 1,50 kΩ (Bild 1).

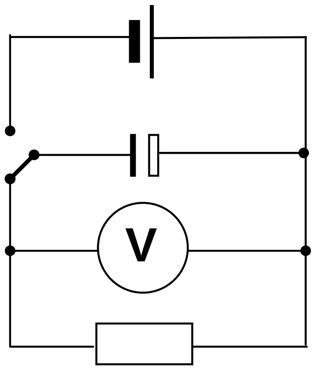

Bild 1

Die Entladespannung wird zu den angegebenen Zeitpunkten gemessen:

t in h	0	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
U in V	5,00	2,42	1,17	0,54	0,27	0,13

Zeichnen Sie das entsprechende U(t) - Diagramm.

Ermitteln Sie die Zeitkonstante $\tau = R \cdot C$ sowie die Zeit t_H, in der die Spannung auf die Hälfte des Anfangswertes abgesunken ist (Halbwertzeit). Kennzeichnen Sie beide im Diagramm.

Durch die Punkte $A(0 \mid U_0)$ und $B(\tau \mid 0)$ wird die Tangente an die Entladekurve im Punkt A eindeutig bestimmt.

Zeichnen Sie die Tangente ein. Erläutern Sie die physikalische Bedeutung des Anstiegs dieser Tangente.

1.4 Fertigen Sie mit den Messwerten aus 1.3 ein weiteres Diagramm an, auf dessen Ordinatenachse das logarithmische Verhältnis $\ln\frac{U}{U_0}$ der Spannungen und auf dessen Abszissenachse die Zeit t abgetragen werden.

Zeigen Sie, dass mit dieser Darstellung das Zeitverhalten der Spannung nach dem Gesetz $U(t) = U_0 \cdot e^{-k \cdot t}$ überprüft werden kann.

Bestätigen Sie mit mithilfe des Diagramms den Zusammenhang $k = \frac{1}{R \cdot C}$.

1.5 Zur Sicherung der Daten bei Stromausfall soll ein Gold Cap als zeitlich begrenzte Spannungsquelle für sieben Tage dienen. Der zu versorgende Speicherbaustein hat einen Innenwiderstand von 4,50 MΩ und eine Mindestspannung von U_{min} = 4,00 V.

Ermitteln Sie, welche der folgenden im Handel angebotenen Gold Caps dafür geeignet sind, wenn alle bis zu einer Spannung von U_0 = 5,50 V geladen werden können.

C_1 = 0,10 F	C_2 = 0,22 F	C_3 = 0,47 F	C_4 = 1,00 F	C_5 = 1,50 F

Berechnen Sie für einen geeigneten Kondensator, wie viel Prozent der ursprünglichen Energie nach Ablauf von sieben Tagen noch gespeichert ist.

2 Entladung am Kondensator (Schülerexperiment)

In dieser Aufgabe ist ein Experiment durchzuführen. Bearbeiten Sie dazu den Auftrag der Vorbetrachtung und führen Sie das Experiment durch. Die Auswertung sollte nach den angegebenen Vorgaben erfolgen. Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

Auftrag:

Bestimmen Sie die Ladung Q eines Kondensators zu Beginn des Entladevorgangs und berechnen Sie seine Kapazität C.

Vorbetrachtung:

Im Experiment nehmen Sie die Entladung des Kondensators über einen äußeren Widerstand vor. Die abnehmende Stromstärke soll bei unverändertem Messbereich in konstanten zeitlichen Abständen gemessen werden.

Skizzieren Sie eine entsprechende Schaltung.

Ablauf des Experimentes:

1 Schalten Sie den Elektrolytkondensator mit richtiger Polung und einen Spannungsmesser parallel an die Gleichspannungsquelle. Messen Sie die Ladespannung U_0.

2 Öffnen Sie den Ladestromkreis, schließen Sie den Entladekreis und messen Sie den Entladestrom in Abhängigkeit von der Zeit bis sich der Kondensator über einen Ohm'schen Widerstand nahezu vollständig entladen hat.

3 Wiederholen Sie die Messung für einen zweiten, doppelt so großen Widerstand mit der gleichen Ladespannung U_0.

Auswertung:

1 Stellen Sie die Abhängigkeit der Stromstärke von der Zeit für beide Widerstände in einem Diagramm grafisch dar.

2 Die Fläche zwischen der Entladekurve I(t) und der Zeitachse ist ein Maß für die vom Kondensator gespeicherte Ladung.

Ermitteln Sie die jeweils vom Kondensator gespeicherte Ladung.

Vergleichen Sie die von Ihnen ermittelten Ladungen. Entspricht dieser Vergleich Ihren Erwartungen? Geben Sie Ursachen für mögliche Abweichungen von Ihren Erwartungen an.

3 Berechnen Sie die Kapazität C des Kondensators.

4 Geben Sie je zwei zufällige und systematische Fehler an.

Thema V1: Beschleunigte Bewegungen von Körpern

In einer Firma werden die auszuliefernden Produkte in Kartons verpackt. Die gefüllten Kartons der Masse m = 5,15 kg transportiert ein waagerechtes Förderband mit der Geschwindigkeit $v_F = 0{,}50\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ zu einer Verladerampe. Diese führt als geneigte Ebene mit der Länge $\ell = 7{,}00$ m in einen tiefer gelegenen Raum (Bild 1). Die Höhe der geneigte Ebene beträgt h = 3,00 m. Auf der Verladerampe gleiten die Kartons mit der Anfangsgeschwindigkeit v_F hinab. Anschließend rutschen sie bis zum Stillstand auf einem waagerechten Tisch entlang. Dort werden sie entnommen und auf Paletten gestapelt. Die Reibungskoeffizienten betragen $\mu_E = 0{,}40$ auf der geneigten Ebene sowie $\mu_T = 0{,}20$ auf dem Tisch. Sie sind für den jeweiligen Bewegungsabschnitt als konstant zu betrachten.

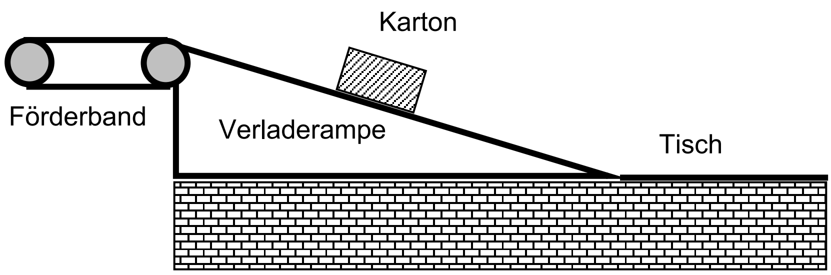

Bild 1

1 Leiten Sie eine Gleichung für die Ermittlung der Geschwindigkeit v_E der Kartons am Ende der Verladerampe für den Gleitreibungsfall her und berechnen Sie diese.

(Ergebnis zur Kontrolle: $v_E = 3{,}08\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

2 Zeichnen Sie für die Bewegung des Körpers auf der geneigten Ebene bis zum Stillstand auf dem Tisch das s(t) - Diagramm. Berechnen Sie die dazu erforderlichen Werte.

3 Ermitteln Sie, wie die Höhe der geneigten Ebene geändert werden müsste, damit sich die Pakete auf ihr gleichförmig bewegen können.

Thema V2: Masse und Energie in der klassischen Physik und in der speziellen Relativitätstheorie (Themaaufgabe)

Stellen Sie in einer sprachlich geschlossenen und zusammenhängenden Form Ergebnisse der Dynamik der speziellen Relativitätstheorie dar. Gehen Sie u. a. auf die folgenden Schwerpunkte und das Material ein:

- Masse in der klassischen Physik,
- Energie in der klassischen Physik,
- relativistische Massenzunahme, $\Delta m(v)$ - Diagramm,
- relativistische kinetische Energie, $E_{kin}(v)$ - Diagramm,
- relativistische Effekte bei Teilchenbeschleunigern.

Material:

„Das wichtigste Ergebnis der speziellen Relativitätstheorie betraf die träge Masse körperlicher Systeme. Es ergab sich, dass die Trägheit eines Systems von seinem Energieinhalt abhängen müsse, und man gelangt geradezu zur Auffassung, dass träge Masse nichts anderes sei als latente[1] Energie. Der Satz von der Erhaltung der Masse verlor seine Selbstständigkeit und verschmolz mit dem von der Erhaltung der Energie.“
(Albert Einstein, 1919 - zitiert nach: http://www.hio.ft.hanze.nl abgefragt am 07.07.2005)

1) latent (lat.): vorhanden, aber (noch) nicht in Erscheinung tretend

Thema V3: Elektronenbeugung

De Broglie vermutete, dass die Elektronen Welleneigenschaften besitzen und stellte dazu Hypothesen auf. Der experimentelle Nachweis der Wellennatur von Elektronen wurde erstmals 1919 von Davisson und Germer erbracht.

Nachfolgend wird ein Experiment beschrieben, womit ein solcher Nachweis auch möglich ist.

Aufbau:

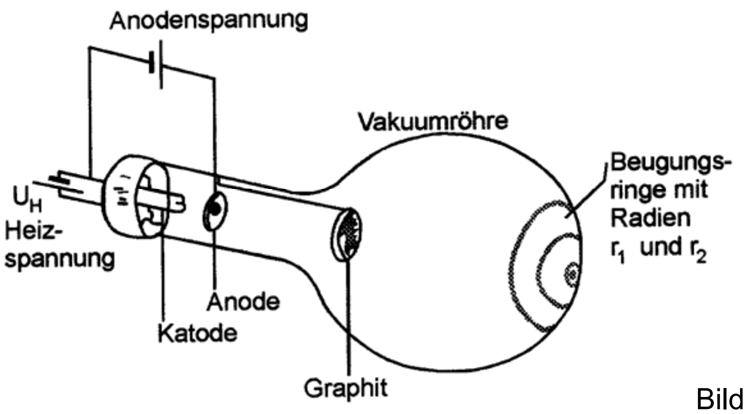

Bild 1

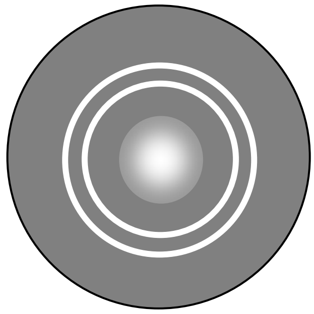
Bild 2

Daten: $e = 13{,}5\text{ cm}$ (Abstand: Graphitgitter - Bildschirm)
$b = 2{,}13 \cdot 10^{-10}\text{ m}$ (Gitterkonstante für die Beugung an der ersten Gitterebene)

Durchführung:

In einer Elektronenstrahlröhre wird ein Graphitblättchen in den Strahlengang gebracht (Bild 1). An diese sogenannte Elektronenbeugungsröhre werden nacheinander zwischen Katode und Anode verschiedene Beschleunigungsspannungen U_B angelegt. Dabei ist jeweils ein Beugungsbild mit unterschiedlichen Ringabständen, wie in Bild 2 dargestellt, zu beobachten. Für jede Beschleunigungsspannung wird der Radius r_1 des innersten Beugungsringes gemessen.

Messwerte:

U_B in V	2600	2800	3000	3200	3400
r_1 in mm	15,3	14,8	14,4	14,0	13,6

Auswertung:

1 Nennen Sie die Hypothesen von De Broglie zur Wellentheorie von Elektronen.

2 Begründen Sie, warum es nicht möglich ist, mit einfachen optischen Strichgittern die Elektronenbeugung nachzuweisen.

3 Die Wellenlänge λ_1 der Elektronen in der Elektronenbeugungsröhre resultiert aus der Beugung an der ersten Gitterebene des Graphits (Ring mit dem Radius r_1). Dabei entspricht der Abstand der beiden benachbarten Atomlagen der Gitterkonstanten b.

In Analogie zum Licht gilt für die Beugungsmaxima 1.Ordnung: $\frac{\lambda_1}{b} = \frac{r_1}{e}$, wenn $r_1 \ll e$ ist.

Berechnen Sie hiermit für jede Beschleunigungsspannung die De Broglie-Wellenlängen λ_1 aus den Messwerten der Radien.

4 Zeigen Sie, dass für den Impuls p der Elektronen in der Elektronenbeugungsröhre die Gleichung $p = \sqrt{2m_{0e} \cdot e \cdot U_B}$ gilt.

Berechnen Sie für jede Beschleunigungsspannung den zugehörigen Impuls der Elektronen sowie die De Broglie-Wellenlängen λ_2 mit der De Broglie-Gleichung.

5 Vergleichen Sie die in den Aufgaben 3 und 4 auf verschiedene Weisen ermittelten Wellenlängen λ_1 und λ_2 miteinander und diskutieren Sie mögliche Abweichungen.

6 Zeigen Sie durch Berechnung der Planck'schen Konstante h, dass die gegebenen Messwerte die De Broglie-Gleichung bestätigen.