

Tests

Ingo Blechschmidt

9. Januar 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Tests	1	
1.1	1. Klausur am 25.10.2005	1	
1.2	2. Klausur am 17.1.2006	5	
1.3	3. Klausur am 28.3.2006	7	
1.4	4. Klausur am 11.7.2006	9	
1.5	5. Klausur am 18.10.2006	11	
1.6	6. Klausur am 20.12.2006	13	25.10.2005 07.11.2005

1 Tests

1.1 1. Klausur am 25.10.2005

1. Millikan gelang im Jahr 1916 die Bestimmung des Werts der Elementarladung. (12 P)
 - a) Beschreiben und skizzieren Sie kurz den Versuchsaufbau des Öltröpfchenversuchs. Erläutern Sie die Vorgehensweise für den Fall, dass ein Öltröpfchen mit bekanntem Radius und bekannter Dichte im Plattenkondensator schwebt. Leiten Sie eine Formel für die Ladung Q in Abhängigkeit vom Tröpfchenradius, der Dichte und der übrigen Messgrößen her. (4 P für die Beschreibung, 2 P für die Form)
Vgl. Metzler S. 210; $mg = q\frac{U}{d}$; $\Rightarrow q = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g \frac{d}{U}$;

- b)** Nennen Sie einen Grund, warum die direkte mikroskopische Bestimmung des Tröpfchenradius r nicht möglich ist. (1 P)

Tropfen zu klein; Beugungsscheiben

- c)** Erläutern Sie den Ablauf und den Vorteil des im Unterricht besprochenen Messverfahrens, bei dem drei unterschiedliche Kraftterme berücksichtigt werden. Erklären Sie dabei die zwei Messgrößen, für deren Bestimmung der Experimentator die größte Aufmerksamkeit aufwenden muss.

Eine Herleitung der Formel für die Ladung ist nicht verlangt. (5 P)

Ablauf (Umpolen; Sinken, Steigen); Vorteil (Elimination von m bzw. r)

2. Zwei Konduktorkugeln mit dem Mittelpunktsabstand $d = 30$ cm tragen die Ladungen $Q_1 = +2,0 \cdot 10^{-7}$ C und $Q_2 = -Q_1$. (10 P)

- a)** Berechnen Sie den Betrag der Kraft, mit der sich die Kugeln anziehen! (2 P)

$$|\vec{F}| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 0,0040 \text{ N} = 4,0 \text{ mN};$$

- b)** Skizzieren Sie den Feldverlauf! (2 P)

- c)** Wie ändert sich der Feldlinienverlauf, wenn man senkrecht zur Verbindungsachse und symmetrisch zu den Kugelmittelpunkten eine weit ausgedehnte, dünne ebene Metallplatte stellt?

Welche Ladungsmenge wird dabei in der Platte wohin verschoben? (3 P)

Keine Änderung wg. $\mathcal{E} \perp$ Platte

$\pm 0,2 \mu\text{C}$ als Flächenladung vorhanden.

- d)** Nun wird die Platte mit der rechten Kugel über einen Widerstand R leitend verbunden. Von wo nach wo fließen jetzt Ladung und Energie? (Je ein präziser Antwortsatz!) (3 P)

Die Energie fließt aus dem Feld in Kugel und Platte, von dort beidseitig zum Widerstand und von dort in die Umgebung.

3. [Schaltbild: Stromquelle \rightarrow Kondensator \rightarrow Schalter \rightarrow Stromquelle]

Gegeben ist ein Kondensator, dessen Plattenabstand von $d_1 = 10 \text{ mm}$ auf $d_2 = 40 \text{ mm}$ vergrößert wird. Zudem sei $A = 1600 \text{ cm}^2$ und die Batteriespannung beträgt $2,0 \text{ kV}$.

Das Auseinanderziehen der Platten erfolgt bei konstantem Q , d.h. Schalter S ist nur anfangs geschlossen und wird vor dem Auseinanderziehen **geöffnet**.

Berechnen Sie, wie stark sich der Wert der Energie des Feldes beim Auseinanderziehen verändert! (4 P)

$$Q \text{ konst.}; \Rightarrow \frac{Q}{A\epsilon_0} = \mathcal{E} \text{ konst.};$$

$$\Delta E = \frac{\epsilon_0}{2} \mathcal{E}^2 \cdot \Delta V = \frac{\epsilon_0}{2} \mathcal{E}^2 A (d_2 - d_1) = 8,5 \cdot 10^{-4} \text{ J};$$

4. Gegeben ist die gleiche Anordnung wie in Aufgabe 3, jedoch bleibt nun Schalter S **ständig geschlossen**. (8 P)

- a) Berechnen Sie, wie stark der Wert der Energie des Feldes durch das Auseinanderziehen der Platten abnimmt. (4 P)

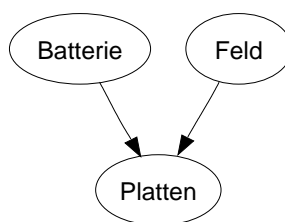
$$\Delta E = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d_2} U^2 - \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d_1} U^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 A U^2 \cdot \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right) = -2,1 \cdot 10^{-4} \text{ J};$$

- b) Zeigen Sie durch ein einleuchtendes physikalisches Argument, dass das Auseinanderziehen der Platten Energie kostet, auch wenn dies dem Ergebnis aus Teilaufgabe a) zu widersprechen scheint. (2 P)

Platten ziehen sich wegen $\pm Q$ gegenseitig an.

\Rightarrow Auseinanderziehen kostet Energie, wg. Energie $\Delta E = \int F dx = \bar{F} \Delta x$;

- c) Beim gegebenen Prozess gibt es **drei** verschiedene Systeme, zwischen denen Energie fließt: Der „Beweger“ der Platten, das Feld zwischen den Platten und die Spannungsquelle. Zeichnen Sie ein abstraktes beschriftetes Bild, das den gesamten Energiefluss schematisch wiedergibt oder beschreiben Sie in einem kurzen Text wie der Energieaustausch zwischen diesen drei Teilsystemen abläuft. (2 P)



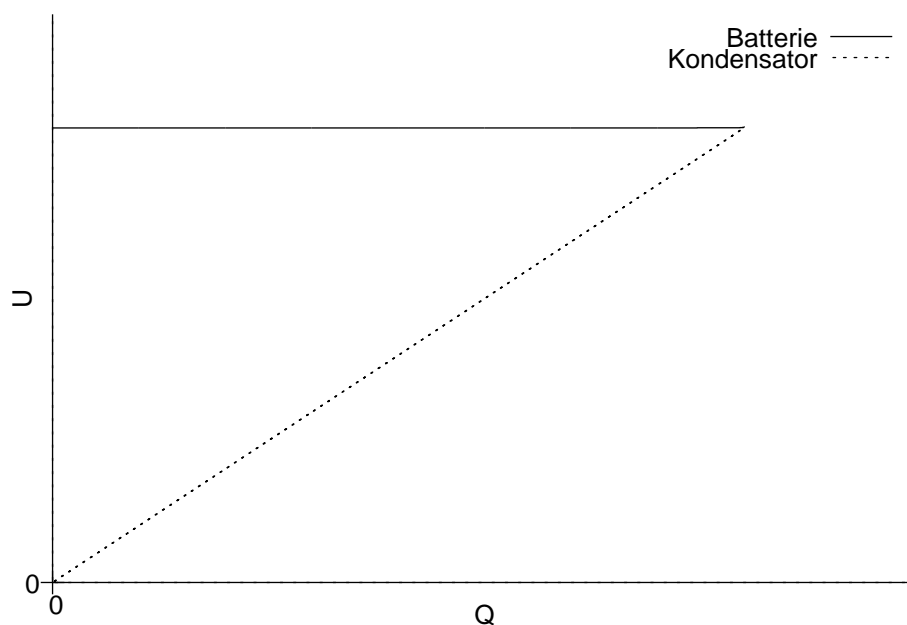
Nur die Batterie empfängt Energie.

5. Mit einer 12 V-Batterie soll ein Kondensator der Kapazität $10 \mu\text{F}$ aufgeladen werden. Zur Strombegrenzung wird ein geeigneter Widerstand in Reihe geschaltet. (6 P)

a) Berechnen Sie den mittleren Ladestrom, wenn der Aufladevorgang genau 500 ms dauert! (2 P)

$$\bar{I} = \frac{CU}{t} = 0,24 \text{ mA};$$

b) Während der Kondensator aufgeladen wird, entlädt sich die Batterie. Stellen Sie die beiden beschrifteten Q - U -Diagramme einander gegenüber und vergleichen Sie die beiden Flächeninhalte quantitativ! Gehen Sie in Ihrer Antwort auch auf die Rolle des Vorschaltwiderstands ein! (2 P aufs Diagramm, 2 P für die Rechnung)



$$RI^2t = \frac{1}{2}\Delta E_{\text{Bat.}};$$

1.2 2. Klausur am 17.1.2006

1. a) Zeichnen Sie qualitativ das Feldlinienbild von zwei gleichstarken elektrischen Strömen, die in zwei zueinander parallelen Leitern geführt werden. Die Ströme sollen beide aus der Zeichenebene herausfließen. (2 P)

- b) Geben Sie so genau wie möglich eine Situation an, bei der ein stromdurchflossener Leiter mit $I_1 = 5,0 \text{ A}$ vom Magnetfeld eines zweiten, von 10 A durchflossenen Leiters, zu diesem mit einer Kraft von $8,0 \text{ mN}$ hingezogen wird.

Zeichnen Sie eine oder mehrere Skizzen der Situation, geben Sie in einem kurzen Text weitere fehlende Größen an und berechnen Sie deren Werte. Urteilen Sie abschließend, ob ihre berechneten Werte experimentell gut realisierbar sind. (6 P)

$$\left. \begin{array}{l} F_1 = B_2 \cdot I_1 l_1; \\ B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_{1,2}}; \end{array} \right\} \Rightarrow F_1 = \frac{\mu_0 I_2 \cdot I_1 l_1}{2\pi r_{1,2}};$$

$$\text{Analog (?) zu: } F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_{1,2}} = Q_1 \cdot \mathcal{E}_2;$$

[Skizze] (1 P)

$$\Rightarrow \frac{l_1}{r_{1,2}} = \frac{2\pi F_1}{\mu_0 I_1 I_2} = 8 \cdot 10^2; \text{ (5 P)}$$

$$\text{z.B. } l_1 = 8 \text{ m}; \Rightarrow r_{1,2} = 1 \text{ cm};$$

Nicht gut realisierbar (1 P)

- c) Untersuchen und begründen Sie, was an der folgenden Aussage **nicht** korrekt ist:

„Die magnetische Feldstärke und die damit verknüpfte Energiedichte verhalten sich bei Überlagerung additiv, das heißt z.B. für den Fall zweier stromdurchflossener Leiter 1 und 2:

$$\vec{B}_{\text{gesamt}}(\vec{r}) = \vec{B}_1(\vec{r}) + \vec{B}_2(\vec{r}); \quad \varrho_{\text{gesamt}}(\vec{r}) = \varrho_1(\vec{r}) + \varrho_2(\vec{r}).“$$

$$\varrho_{\text{gesamt}}(\vec{r}) \neq \varrho_1(\vec{r}) + \varrho_2(\vec{r}); \text{ (siehe Heft) (2 P)}$$

2. Jemand will den Hall-Effekt zur Messung von Magnetfeldern nutzen. Dazu hat er zur Verfügung: (11 P)

- Eine Stromquelle, die den Strom $I = 100 \text{ mA}$ liefert.
- Ein Voltmeter von 1 mV bis 100 mV .
- Ein quaderförmiges Halbleiterplättchen mit $d = 0,050 \text{ mm}$ und $b = 1,0 \text{ cm}$. Die Hallkonstante des Materials ist:

$$R_{\text{H}} = -1,0 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{As}}$$

a) Das Magnetfeld durchsetzt das Plättchen senkrecht von vorne nach hinten, I verlaufe von links nach rechts. Wo ist der Pluspol der Hallspannung zu erwarten, wenn man davon ausgeht, dass ausschließlich negative Ladungsträger zur Leitung beitragen? (Erklärende Skizze!) (2 P)

b) Berechnen Sie, in welchem Bereich die Werte von \mathcal{B} liegen, die man mit den vorgegebenen Geräten bestimmen kann. (4 P)

$$\mathcal{B} = \frac{U_{\text{Hd}}}{R_{\text{H}} I}; \quad (2 \text{ P})$$

$$\rightarrow \left[5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}, 0,5 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \right] \quad (2 \text{ P})$$

c) Leiten Sie eine Formel her, die es erlaubt, die Driftgeschwindigkeit v_{D} aus der Ladungsträgerdichte n , der Stromstärke I , der Elementarladung e und den geometrischen Größen des Plättchens zu berechnen. (5 P)

$$v_{\text{D}} = \frac{\Delta x}{\Delta t};$$

$$I = \underbrace{\frac{\Delta Q}{\Delta t}}_{(1 \text{ P})} = \underbrace{\frac{neA\Delta x}{\Delta t}}_{(2 \text{ P})}; \Rightarrow \frac{\Delta x}{\Delta t} = \underbrace{\frac{1}{nebd}}_{(2 \text{ P})};$$

3. In einem Zyklotron beträgt der maximale Krümmungsradius für geladene Teilchen 90 cm. In ihm sollen Protonen auf eine Endenergie von 7,0 MeV beschleunigt werden. (9 P)

a) Berechnen Sie die dazu benötigte Feldstärke \mathcal{B} . (6 P)

$$\frac{m_p v^2}{r} = \mathcal{B} q_p v;$$

$$\frac{1}{2} m_p v^2 = E; \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E}{m_p}} = \dots = 3,66 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad (2 \text{ P})$$

$$\mathcal{B} = \frac{m_p v}{r q_p} = 4,24 \text{ mT} = 0,42 \text{ T}; \quad (4 \text{ P})$$

b) Untersuchen Sie, ob sich aus den gegebenen Daten die Umlaufdauer T eines Protons im Zyklotron berechnen lässt. (3 P)

(Begründende Antwort; keine Berechnung des Werts ist verlangt.)

$$m_p \omega^2 r = \mathcal{B} q_p \omega r;$$

$$\Rightarrow \omega = \mathcal{B} \cdot \frac{q_p}{m_p} = \frac{2\pi}{T}; \quad (\mathcal{B} \text{ indirekt gegeben})$$

T -Berechnung möglich

4. Durch eine Spule fällt ein Stabmagnet der Länge 12 cm und der Stärke $50 \mu\text{Vs}$. (8 P)

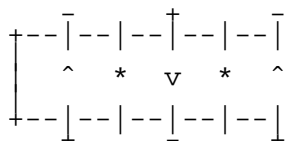
- a) Beschreiben Sie den qualitativen Verlauf der in der Spule induzierten Spannung. (Diagramm $U(t)$; kurze Erläuterung) (2 P)
[Zwei Ausschläge (nach oben–nach unten), der zweite Ausschlag spitzer; jeweils gleiche Flächen]
- b) Beschreiben Sie den qualitativen Verlauf der in der Schleife dissipierten Leistung $P(t) = U(t) I(t)$. (Diagramm $P(t)$; kurze Erläuterung) (3 P)
[Zwei „Höcker“]
- c) Erläutern Sie mit einer passenden Rechnung, ob es realistisch ist, dass die mittlere Induktionsspannung beim Hineinfallen des Magneten in der Größenordnung von 1 V liegt. (3 P)

$$U = \underbrace{n}_{1000} \frac{\overbrace{\Delta Q}^{50 \mu\text{Vs}}}{\underbrace{\Delta t}_{\text{z.B. } 50 \text{ ms}}} \text{ passt!}$$

28.03.2006
03.04.2006

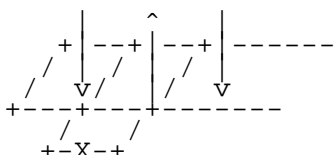
1.3 3. Klausur am 28.3.2006

1. Wie aus dem Unterricht bekannt erregt ein Sender der Frequenz 0,434 GHz einen U-förmig gebogenen Leiter geeigneter Länge zu elektromagnetischen Eigenschwingungen. (8 P)
- a) Berechnen Sie zwei unterschiedliche Längenwerte für diesen „Lecherleiter“, bei denen Resonanz auftritt. (Skizze; 3 P)
 $c = \lambda f; \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \dots = 69 \text{ cm}; (1 \text{ P})$
z.B. $\frac{5}{4}\lambda = 86 \text{ cm}; \quad \frac{3}{4}\lambda = 52 \text{ cm}; (2 \text{ P})$
- b) Zeichnen Sie zu einem von Ihnen gewählten Schwingungszustand dieses Leiters eine aussagekräftige Skizze des elektrischen Feldes, das zwischen den Schenkeln des offenen U-Stücks vorliegt. Wählen Sie dazu den Moment maximaler Ladungstrennung auf dem Leiter. (2 P)
Siehe Metzler.



- c) Erläutern Sie anhand einer zweiter Skizze und eines kurzen Textes, wie und wo sich mit einem Tastkopf, der ein Birnchen enthält, die Schwingungsbäuche des \mathcal{B} -Felds nachweisen lassen. (3 P)

Aplitude der \mathcal{B} -Feldstärke $\hat{\mathcal{B}}(\vec{x}, t)$



2. In der nebenstehenden Schaltung mit $R_1 = 50 \Omega$; $R_2 = 25 \Omega$; $L = 3,0 \text{ H}$ wird zur Zeit t_1 der Schalter S geschlossen und kurz darauf, zur Zeit t_2 , wieder geöffnet, Unmittelbar vor dem Öffnen des Schalters ist I_L doppelt so groß wie I_R und beträgt 60 mA . (10 P)

[Schaltbild: Gleichspannungsquelle U_0 verbunden mit Schalter S und einer Parallelschaltung. Der linke Zweig der Parallelschaltung besteht aus R_1 und einem Messgerät für I_R , der rechte Zweig besteht aus einer Spule, R_2 und einem Messgerät für I_L .]

- a) Zeichnen Sie in ein Koordinatensystem das t - I_L -Diagramm und ein genau dazu passendes t - I_R -Diagramm. Im Diagramm sollen die wesentlichen Eigenschaften des physikalischen Geschehens erkennbar sein. (5 P)

[I_L und I_R Null bis t_1 . Dann Anstieg von I_L proportional zu $\left(1 - e^{-\frac{t-t_1}{\tau_1}}\right)$ auf 60 mA . Zeitgleich quasi-senkrechter Anstieg von I_R auf 30 mA . Schließlich, zur Zeit t_2 , exponentieller Abfall von I_L auf 0 mA (mit $\tau_2 < \tau_1$). Den Graphen von I_R in diesem Zeitabschnitt (ab t_2) erhält man durch Achsenspiegelung an der t -Achse von I_L .]

- b) Geben Sie so genau wie möglich den Funktionsterm $I_L(t_1 \leq t \leq t_2)$ für die Zeit ab dem Einschalten bis zum Ausschalten an. (5 P)

$$I_L(t) = 60 \text{ mA} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t-t_1}{\tau_1}}\right);$$

$$\tau_1 = \frac{L}{R_2} = 0,125;$$

3. a) Zeichnen Sie das vollständige und beschriftete Schaltbild eines Meißnerschaltung in der Transistorversion! (3 P)

- b)** Erläutern Sie kurz und allgemeinverständlich die Funktion von drei wesentlichen im Unterricht besprochenen Bestandteilen, die zur intelligenten Energiezufuhr beitragen! (3 P)
4. Ein ungedämpfter Schwingkreis führt Schwingungen mit der Frequenz $2,8 \cdot 10^3 \text{ Hz}$ aus. Durch die Spule mit der Induktivität 40 mH fließen maximal $50,0 \text{ mA}$. Beantworten Sie nun rechnerisch (10 P):
- a)** Welche effektive Spannung lässt sich am Kondensator messen? (5 P)
 $U_{\text{eff}_L}(\omega) = R_L(\omega) \cdot I_{\text{eff}}(\omega) = \dots \approx 25 \text{ V};$ (5 P)
 Alternativ: $\frac{1}{2} C U_{\text{max}}^2 = \frac{1}{2} L I_{\text{max}}^2;$
- b)** Für die Dauer des Aufladens des Kondensators von 0 V auf U_{max} wirkt die Spule kurzzeitig als Energielieferant. Wie groß ist für diesen Zeitraum die mittlere Leistung der Spule? (5 P)
 $\bar{P} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2} L I^2}{T/4} = 0,56 \text{ W};$
5. Zeigen Sie am Beispiel einer im Unterricht behandelten Differentialgleichung, welchen physikalischen Erkenntnisgewinn das Lösen einer solchen Gleichung bringt.
 (Gleichung und passende Lösung (kein Lösungsweg verlangt); Erläuterung der betrachteten Größen; kurzer, einleuchtender Text zum Erkenntnisgewinn; 6 P)
 [U.a.] Metzler S. 206
 Charakteristische Zeitkonstante [ω oder τ]

12.07.2006

1.4 4. Klausur am 11.7.2006

1. **a)** Nehmen Sie Stellung zu folgender Aussage und korrigieren oder ergänzen Sie sie so genau wie möglich, falls sie nicht stimmt:
 „Lässt man grünes Licht ausreichender Intensität auf ein Gitter mit der Gitterkonstanten b senkrecht einfallen, so sieht man auf einem im passenden Abstand aufgestellten Schirm stets ein Interferenzmuster.“ (6 P)

[3 P für die korrekte Größenordnung, 3 P für Strahlpräparation]

- b)** Der Abstand Gitter-Schirm in einem Interferenzversuch betrage 1,00 m. Die beiden Maxima 2. Ordnung der roten He-Linie ($\lambda = 668 \text{ nm}$) haben voneinander den Abstand $d = 70,8 \text{ cm}$.
Geben Sie mit einer Skizze der Gitterstege die Bedingung für dieses Interferenzmaximum an und berechnen Sie die Gitterkonstante b . (7 P)
2. Nehmen Sie als Grenzen des Spektrums von Glühlicht die Wellenlängen 400 nm bzw. 800 nm. (11 P)
- a)** Zeigen Sie, dass die Gitterspektren 1. und 2. Ordnung voneinander getrennt sind, dass sich aber die Spektren 2. und 3. Ordnung bereits teilweise überlappen. (5 P)
- b)** Zeigen Sie, dass mit einem Gitter von 600 Linien/mm nur noch das Spektrum 2. Ordnung ganz zu beobachten ist. (6 P)
3. **a)** Erläutern Sie, inwieweit ein Kristall mit passendem Netzebenenabstand Röntgenstrahlung genauso reflektiert wie es ein normaler Spiegel mit sichtbarem Licht tut. Warum wäre es trotzdem problematisch, wenn ein solcher Kristall als ein Spiegel für Röntgenstrahlung bezeichnet werden würde? (3 P)
- b)** Berechnen Sie die beiden kleinsten „Glanzwinkel“ [$> 0^\circ$], die bei einem Bragg-Kristall mit dem Netzebenenabstand 282 pm zu erwarten sind, wenn Röntgenlicht der Wellenlänge $7,15 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ eingestrahlt wird. (4 P)
[3 P für einen Winkel, 1 P für den zweiten]
4. Am europäischen Speicherring LEP werden Elektronen und Positronen auf sehr hohe Energie beschleunigt. Durch magnetische Führungsfelder werden sie auf einer nahezu kreisförmigen Bahn gehalten, die sie entgegengesetzt durchlaufen. Die Teilchen erreichen einen maximalen Impuls von $3,2 \cdot 10^{-17} \text{ Ns}$. (9 P)

- a) Im Bereich der Führungsfelder beträgt der Bahnradius 1,5 km. Berechnen Sie, wie groß der Betrag der Flussdichte β dieser Felder zu wählen ist, um die Teilchen auf ihrer Bahn zu halten! (4 P)
- b) Berechnen Sie relativistisch die Masse der Teilchen, und geben Sie diese als Vielfaches der Ruhemasse an! (5 P)
[2 P für den Term von m , 2 P fürs Ergebnis von m , 1 P fürs Verhältnis zur Ruhemasse]

21.10.2006
25.10.2006

1.5 5. Klausur am 18.10.2006

1. Die Grenzwellenlänge zur Auslösung von Photoelektronen beträgt bei Natrium 543 nm. Ermitteln Sie für Natrium (8 P)
- a) den Wert derjenigen Spannung, die mindestens benötigt wird, um den Photostrom bei einer Bestrahlung mit Licht der Wellenlänge 200 nm zum Erliegen zu bringen. (3 P)
- $$h(f - f_{\text{Grenz}}) = eU;$$
- $$\rightarrow U \approx 3,9 \text{ V};$$
- b) alle Geschwindigkeitswerte, die beim Austreten der Elektronen aufgrund der Bestrahlung mit Licht der Wellenlänge 200 nm möglich sind und erläutern Sie kurz ihr Zustandekommen. (3 P auf v_e , 2 P auf die Erläuterung)
- $$hf - W_A = \frac{1}{2}m_e v_e^2;$$
- $$\rightarrow v_{e,\text{max}} = \dots \approx 1,17 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \ll c;$$
- $$v_e \in]0, v_{e,\text{max}}];$$
2. Mithilfe einer Photozelle soll ein Kondensator (sehr kleiner Kapazität) aufgeladen werden. (6 P)
- a) Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung während des Aufladevorgangs bei unterschiedlichen Bestrahlungsintensitäten und konstanter Frequenz. Erläutern Sie kurz die wesentlichen Eigenschaften der erhaltenen Kurvenschar. (Beschriftetes Diagramm mit kurzer Erläuterung; 3 P)

- b)** Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung während des Aufladevorgangs bei unterschiedlichen Bestrahlungsfrequenzen und konstanter Intensität. Erläutern Sie kurz die wesentlichen Eigenschaften der erhaltenen Kurvenschar. (Beschriftetes Diagramm mit kurzer Erläuterung; 3 P)
3. Skizzieren Sie die Apparatur zur Bestimmung des Röntgenspektrums (strahlenerzeugender und strahlenanalytischer Teil) und beschriften Sie seine wesentlichen Bestandteile. Erklären Sie außerdem, wie der Drehkristall zum Röntgenstrahl stehen muss, wenn die Strahlen um 24° „abgelenkt“ werden sollen. (Beschriftete Skizze, die auch den Antwortsatz begründen kann; 2 P für den strahlenerzeugenden, 2 P für den strahlenanalytischen Teil und 2 P für die Winkel)
4. Röntgenstrahlen der Wellenlänge $4,0 \text{ pm}$ werden an einem Graphitkörper gestreut. (12 P)
- a)** Bestimmen Sie die beiden Werte der Photonenimpulse, die beim Streuwinkel von 30° auftreten! (3 P)
- Stoß mit $m \gg m_e \rightarrow$
 $p_\lambda \approx 1,7 \cdot 10^{-22} \text{ Ns}$; (1 P)
 $p_{\lambda'} = \frac{h}{\lambda + \Delta\lambda} \approx 1,5 \cdot 10^{-22} \text{ Ns}$; (2 P)
- b)** Bestimmen Sie die kinetische Energie des Rückstoßelektrons, das gleichzeitig mit einem der Photonen aus a) auftritt, in der Einheit eV (Ersatzwert zu 4a): $1,31 \cdot 10^{-22} \text{ Ns}$; 4 P
- $$E_{\text{kin},e} = cp_\lambda - cp_{\lambda'} = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'} \right) \approx 2,3 \cdot 10^4 \text{ eV};$$
- c)** Bestimmen Sie den Winkel, unter dem das Rückstoßelektron aus b) gestreut wird! (Rechnung mit geeigneter Skizze; 6 P)
- $\vec{p}_\lambda - \vec{p}_{\lambda'}$ führt auf Sinus-/Kosinussatz (2 P/2 P).
 Sinussatz: $\varphi = \arcsin\left(\frac{p_{\lambda'}}{p_e} \cdot \sin \vartheta\right)$;
 $\rightarrow \varphi \approx 67^\circ$;
5. Licht der Frequenz $f = 3,5 \cdot 10^{18} \text{ s}^{-1}$ wird von einer auf der Erdoberfläche befindlichen Quelle ausgesandt. Ein Empfänger, der 20 Meter über der Quelle angebracht ist, registriert Licht,

dessen Frequenz um $2,2 \cdot 10^{-13}$ Prozent geringer ist als die Frequenz des ausgesandten Lichts. (8 P)

a) Erläutern Sie kurz, welche Deutung dieses Experiment im Photonenmodell zulässt. (2 P)

b) Zeigen Sie rechnerisch, dass für die obige Lichtsorte eine Frequenzverschiebung von der angegebenen Größe zu erwarten ist! (6 P)

$$\Delta E = mgH; \rightarrow \dots$$

20.12.2006
08.01.2007

1.6 6. Klausur am 20.12.2006

1. In einem ruhenden Behälter befindet sich 1,00 mol Sauerstoffgas bei einer Temperatur von $20,0^\circ\text{C}$ und einem Druck von 1,013 bar. (13 P)

a) Berechnen Sie die mittlere Geschwindigkeit eines O_2 -Moleküls. (Vereinfachung: $(\bar{v})^2 = \overline{v^2}$; Ersatzwert: $\bar{v} = 527 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; 3 P)

b) Berechnen Sie die Dichte des Sauerstoffs unter den gegebenen Bedingungen! (3 P)

c) Welchen mittleren Impuls überträgt ein Teilchen beim senkrechten elastischen Stoß auf die Behälterwand? (3 P)

d) Welchen Wert hat die kinetische Energie eines O_2 -Moleküls (1 P), und welchen Wert hat die kinetische Energie der gesamten gegebenen Gasmenge?

Erläutern Sie kurz, inwiefern die „kinetische Energie der gegebenen Gasmenge“ ein problematischer Begriff ist! (3 P)

2. Das Licht eines Rubinlasers ($\lambda = 698,3 \text{ nm}$) wird senkrecht auf einen Einfachspalt der Breite B eingestrahlt. AM Schirm treten die ersten beiden Maxima unter einem Winkel von $\pm 0,4^\circ$ auf. (8 P)

a) Machen Sie eine qualitative Aussage über die Schärfe (bzw. Unschärfe) von Ort und Impuls der Photonen vor dem Eintreten in den Einfachspalt! (2 P)

- b)** Bestimmen Sie mit Hilfe der Maximumbedingung am Einfachspalt die Spaltbreite B und zeigen Sie dann, dass die Größenordnung von B in Einklang mit der Unschärfere-lation steht! (6 P)

3. In einem Franck–Hertz-Rohr befindet sich das Edelgas Neon. An der Glühkatode werden Elektronen emittiert, die durch das elektrische Feld zwischen Katode und Gitter beschleunigt werden.

Nun wird Folgendes beobachtet:

Ab einer Beschleunigungsspannung von ca. 20 V zeigt sich nahe dem Gitter eine rote Leuchtschicht, die sich beim Erhöhen der Spannung in Richtung Katode verlagert. Ab ca. 40 V entsteht am Gitter eine zweite Leuchtschicht, die bei weiterer Erhöhung der Spannung ebenfalls in Richtung Katode wandert. (8 P)

- a)** Erklären Sie – wie im Unterricht besprochen – das Entstehen und Verlagern der Leuchtschichten unter dem Gesichtspunkt der Absorption. (4 P)
- b)** Erläutern Sie anhand eines vereinfachten Neon-Termschemas, wie der in a) beschriebene Absorptionsvorgang mit dem sichtbaren Leuchten zusammenhängt. (Termschema; Antwort; 4 P)

4. In der nebenstehenden Anordnung treten durch ein Fenster F Elektronen in den Innenraum eines geladenen Kondensators, der mit einem verdünnten Gas gefüllt ist.

Vom Fenster bis zum Punkt P kann eine Leuchterscheinung längs des Elektronenstrahls auftreten, die restliche Wegstrecke bleibt unsichtbar.

Zwischen den Platten befindet sich atomarer Wasserstoff, dessen Atome anfangs alle im Grundzustand sind. Der Plattenabstand beträgt 2,0 cm und die Spannung ist auf 5,00 V eingestellt. Die eintretenden Elektronen besitzen alle die gleiche kinetische Energie. (11 P)

- a)** Unmittelbar nach dem Fenster wird vom Wasserstoff Strahlung emittiert, dessen Spektrum genau drei verschiedene Linien enthält, von denen nur eine im sichtbaren Bereich

(657 nm) liegt. Zeigen Sie, dass die Energie der einfallenden Elektronen größer als 12,1 eV und kleiner als 12,75 eV sein muss, wenn das oben beschriebene Spektrum vorliegt. (6 P)

- b)** Beschreiben und begründen Sie qualitativ, was sich an der Leuchterscheinung ändert, wenn die eintretenden Elektronen eine Energie von 12,5 eV besitzen und die Spannung am Kondensator umgepolt wird. (5 P)