



Zentrale Klausur unter Abiturbedingungen

2004

Physik

Leistungskurs

Aufgaben

für Schülerinnen und Schüler

Thema/Inhalt:	Atomphysik
Hilfsmittel:	Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, nicht programmierbarer und nicht grafikfähiger Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk/ Formelsammlung
Bearbeitungszeit:	4 Zeitstunden

Aufgabe 1

Der äußere lichtelektrische Effekt

- 1.1 Lenard untersuchte 1902 den Zusammenhang zwischen der Intensität Φ des auf die Kathode einer Fozelle einfallenden Lichts und der maximalen kinetischen Energie E_{\max} der Fotoelektronen. Er verwendete dazu den Anteil der Strahlung einer Kohlenbogenlampe von $\lambda = 248 \text{ nm}$. Die nachfolgende Tabelle zeigt einen Ausschnitt aus seinen Messungen:

Φ in beliebigen Einheiten	276	174	32	4,1
E_{\max} in eV	1,07	1,12	1,10	1,06

- 1.1.1 Lässt sich das Ergebnis mit dem Wellenmodell des Lichts vereinbaren? Begründen Sie. Erklären Sie dieses Ergebnis mit dem einsteinschen Photonenmodell.
- 1.1.2 Berechnen Sie die Austrittsarbeit (in eV) und die Grenzfrequenz. Zeichnen Sie die einsteinsche Gerade.
- 1.1.3 Die Wellenlänge des eingestrahlt Lichts wird halbiert. In welchem Verhältnis stehen die Geschwindigkeiten der jetzt schnellsten Fotoelektronen und der beim vorher verwendeten Licht?

- 1.2 Bei der Abschätzung der theoretischen Dauer vom Beginn der Bestrahlung einer Fotozelle bis zum Eintreten des Fotoeffekts war man erstmals beim Kathodenmaterial Natrium erfolgreich. Das wurde vor allem mit Transmissionsmessungen für eine 500 nm-Strahlung durch das Material begründet. Man stellte fest, dass nach $2,3 \cdot 10^{-6}$ cm eine vollständige Absorption dieser Strahlung im Natrium stattfindet. Zudem war das Reflexionsvermögen einer solchen Oberfläche mit ca. 90 % recht genau bekannt.
- 1.2.1 Berechnen Sie näherungsweise für eine bestrahlte Fläche von 5 mm^2 die Anzahl der Natriumatome, die die auftreffende Strahlung absorbieren. Zur Kontrolle: $N \approx 2,9 \cdot 10^{15}$
- 1.2.2 Die Lichtquelle bestrahlt diese Fläche mit einer Leistung von $800 \text{ }\mu\text{W}$. Wie lange würde es dann dauern, um ein Elektron aus einem Natriumatom herauszulösen, wenn man eine gleichmäßige Verteilung dieser Lichtleistung voraussetzt? Lässt sich das Ergebnis mit den Beobachtungen aus dem Unterricht vereinbaren?
- 1.3 Bei einem weiteren Experiment mit einer Fotozelle wird das Kathodenmaterial mit monochromatischem Licht der Wellenlänge 350 nm bestrahlt. Unter der Quantenausbeute versteht man das Verhältnis zwischen der Zahl der einfallenden Photonen und der Zahl der herausgelösten Fotoelektronen.
- 1.3.1 Nehmen Sie an, dass das Material die auftreffende Energie vollständig absorbiert. Wie viele Photonen fallen innerhalb von 2 s auf die Fotozelle, wenn die Bestrahlungsleistung $400 \text{ }\mu\text{W}$ beträgt?
- 1.3.2 Die Quantenausbeute beträgt etwa $10^8 : 1$. Reicht diese Bestrahlungsleistung aus, um einen Fotostrom von 40 pA hervorzurufen?
- 1.3.3 Zeigen Sie, dass für die Quantenausbeute theoretisch die Beziehung $\frac{n_{\text{PH}}}{n_e} = \frac{P \cdot e}{h \cdot f \cdot I}$ gilt. I ist dabei der Fotostrom, P die Bestrahlungsleistung.
- 1.3.4 Es wurde festgestellt, dass die Quantenausbeute bei sonst gleichen Bedingungen nahezu eine Konstante ist. Welcher Widerspruch zu welcher Beobachtung tritt auf, wenn man die Gleichung aus 1.3.3 theoretisch bei gleichen Bestrahlungsleistungen und unterschiedlichen Frequenzen diskutiert?
- 1.4 Mit der einsteinschen Gleichung betrachtet man die kinetische Energie der schnellsten Fotoelektronen.
- 1.4.1 Woran kann man bei der Ausführung der Gegenfeldmethode erkennen, dass die Fotoelektronen unterschiedliche Geschwindigkeiten haben? Begründen Sie.
- 1.4.2 Skizzieren Sie ein Diagramm, das die Abhängigkeit des Fotostroms von der Gegenspannung darstellt.
- 1.4.3 Durch welche experimentellen Veränderungen (einschließlich eines möglichen Wechsels der Fotozelle) kann man die Schnittpunkte der Grafik mit den Achsen beeinflussen?

Aufgabe 2

Temperaturstrahlung

2.1 Zur Abschätzung der Solarkonstanten wird ein am Boden geschwärzter, ansonsten gut isolierter Erlenmeyerkolben durch senkrecht einfallende Sonnenstrahlung erwärmt. Der Erlenmeyerkolben ist mit 150 ml Wasser gefüllt, der Bodendurchmesser beträgt 8 cm. Die Wärmeaufnahme durch das Gefäß wird vernachlässigt.

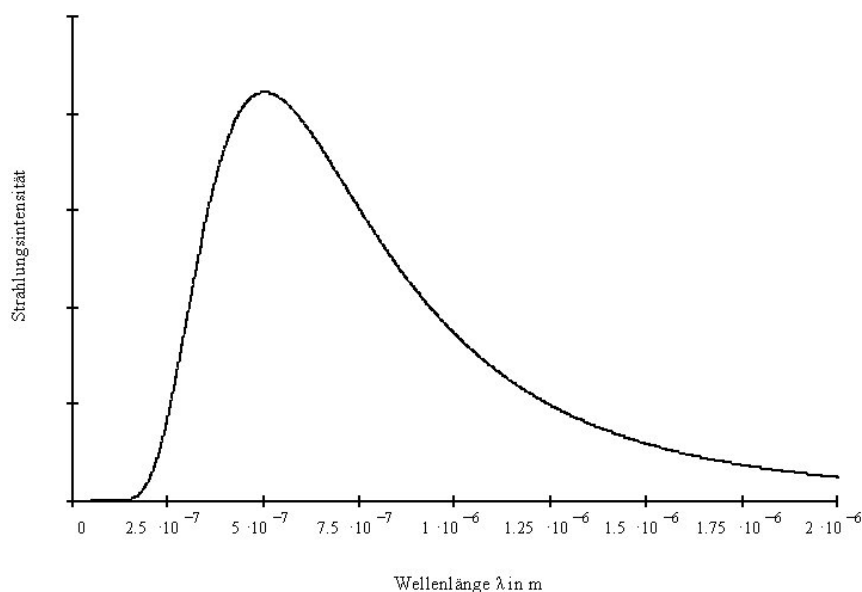
2.1.1 Bei einer bestimmten Sonnenhöhe über dem Horizont wurde innerhalb von 14 Minuten eine Temperaturerhöhung um 5 K gemessen. Berechnen Sie daraus den Wert der Solarkonstante.

Zur Kontrolle: $S = 744 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

2.1.2 Vergleichen Sie den berechneten Wert der Solarkonstante mit dem entsprechenden Tabellenwert und analysieren Sie Fehler, die zu dem Wert in 2.1.1 geführt haben.

2.1.3 Die Wiederholung der Messung bei höherem Sonnenstand ergibt einen größeren Wert für die Solarkonstante. Begründen Sie diese Tatsache.

2.2 Eine Möglichkeit zur Bestimmung der Oberflächentemperatur der Sonne liegt in der Auswertung der spektralen Verteilung der Intensität in Abhängigkeit der Wellenlänge. Die folgende Abbildung stellt diese Verteilung vereinfacht dar:



2.2.1 Bestimmen Sie unter Verwendung der Darstellung näherungsweise die Oberflächentemperatur der Sonne.

2.2.2 Tragen Sie in die Darstellung im Materialanhang die Intensitätsverteilung für das Spektrum eines Roten Riesensterns mit einer Oberflächentemperatur von 4100 K (Schedir im Sternbild Kassiopeia) ein. Erläutern Sie die wesentlichen Unterschiede beider Kurven.

2.2.3 Bestimmen Sie den Radius des Roten Riesen, wenn dieser die 200fache Strahlungsleistung der Sonne hat.

2.2.4 Neben Photonen jeglicher Energie erreichen uns von der Sonne auch Photonen mit einer Energie von 5 keV. Aus welchem Temperaturbereich der Sonne stammen diese Photonen und welchem Spektralbereich sind sie zuzuordnen?

Material

Zusätzliche Angaben zu Naturkonstanten, Materialkonstanten und Formeln:

Austrittsarbeit für Natrium:	$W_A = 2,28 \text{ eV}$
Dichte von Natrium:	$\rho = 0,971 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
wiensche Konstante:	$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$
Strahlungsgesetz nach Stefan und Boltzmann:	$\Phi = \sigma \cdot A \cdot T^4$
Solarkonstante:	$S = 1,37 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$

Darstellung der Intensitätsverteilung in Abhängigkeit von der Wellenlänge für die Sonne (zu Aufgabe 2.2.2)

