

Zentralabitur 2024	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II	eA	Prüfungszeit*: 300 min

*einschließlich Auswahlzeit.

Thema: Abklingprozesse und Massenbestimmung

In Aufgabe 1 wird das Absorptionsvermögen von Graufiltern untersucht. Dazu wird Licht einer weiß leuchtenden Leuchtdiode verwendet. Aufgabe 2 thematisiert die Altersbestimmung mit der Radiocarbon-Methode (C-14-Verfahren). Aufgabe 3 behandelt den Wien-Filter und eine vereinfachte Versuchsanordnung zur Massenbestimmung geladener Teilchen.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

In dieser Aufgabe wird das Licht einer weiß leuchtenden Leuchtdiode (LED-weiß) untersucht. Weiterhin wird die Intensität dieses Lichts beim Durchgang durch Graufilter betrachtet.

1.1 Material 1a (M1a) zeigt das Wellenlänge-Intensität-Spektrum einer LED-weiß.

Ermitteln Sie mit M1a die Frequenz des Lichts der LED-weiß, bei der Strahlung der höchsten Intensität emittiert wird.

Erläutern Sie die Funktion des Leuchtstoffs in der LED-weiß.

Hinweis: Gehen Sie nicht auf die Prozesse in der Atomhülle ein.

Die Spannung an der LED-weiß wird von 5,0 V auf 2,5 V halbiert.

Begründen Sie, dass jetzt das Spektrum der LED-weiß im Vergleich zu M1a einen Wellenlängenbereich nicht mehr beinhalten kann.

[8 BE]

1.2 Die Intensität des Lichts der LED-weiß wird mit einem Lichtsensor gemessen. Zwischen LED und Lichtsensor werden Graufilter in den Strahlengang gebracht (M1b). Die Messwerte sind in M1c dargestellt.

Stellen Sie die am Lichtsensor gemessene Spannung U in Abhängigkeit von der Anzahl n der Graufilter graphisch dar.

Ermitteln Sie einen funktionalen Zusammenhang $U = f(n)$, wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren.

Laut Angabe des Herstellers der Graufilter halbiert sich die Intensität des Lichts beim Durchgang durch je einen Graufilter.

Nehmen Sie anhand der Messwerte in M1c begründet Stellung zur Angabe des Herstellers.

Berechnen Sie die Anzahl der Graufilter, die man in dem Experiment verwenden muss, sodass die gemessene Spannung höchstens 0,1 % der Anfangsspannung beträgt.

[13 BE]

1.3 Das Experiment aus Aufgabe 1.2 kann auch mit einer infrarot strahlenden LED ($\lambda_{\text{IR}} \geq 750 \text{ nm}$) durchgeführt werden. Das Transmissionsspektrum eines Graufilters ist in M1d abgebildet.

Analysieren Sie mit M1d, wie sich die Messwerte der Spannung im Vergleich zu den in M1c angegebenen Werten qualitativ verändern.

Hinweis: Gehen Sie davon aus, dass die Anfangsspannung in beiden Experimenten identisch ist.

[3 BE]

Zentralabitur 2024	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II	eA	Prüfungszeit*: 300 min

Aufgabe 2

In dieser Aufgabe wird die Radiocarbon-Methode (C-14-Verfahren) zur Altersbestimmung von organischen Körpern thematisiert.

- 2.1** Erläutern Sie anhand einer zu erstellenden Skizze das grundlegende Funktionsprinzip des Geiger-Müller-Zählrohrs als Messgerät für Zählraten.
Hinweis: Beschränken Sie sich bei der Erläuterung auf die Vorgänge im Zählrohr. **[6 BE]**
- 2.2** Atome des radioaktiven Kohlenstoffisotops C-14 entstehen ständig in der Atmosphäre. Dabei trifft jeweils ein Neutron auf einen Stickstoff-Atomkern (N-14). Der entsprechende Ausschnitt aus der Nuklidkarte ist in M2a abgebildet.
Beschreiben Sie den Prozess zur Bildung des Kohlenstoff-Isotops C-14.
Das Isotop C-14 ist radioaktiv.
Stellen Sie den Zerfall des C-14-Isotops dar.
Hinweis: Gehen Sie dabei auch auf die Vorgänge im Atomkern ein. **[6 BE]**
- 2.3** Die C-14-Verfahren ist geeignet zur Bestimmung der Zeit, die seit dem Tod eines Organismus verstrichen ist.
Erläutern Sie das Prinzip des C-14-Verfahrens.
M2b zeigt Informationen zur Minoischen Eruption des Vulkans Santorin in Griechenland.
Ermitteln Sie mit den Angaben aus M2b den Zeitpunkt der Minoischen Eruption. **[9 BE]**
- 2.4** Die C-14-Verfahren ist nur für die Datierung von Zeiträumen zwischen 300 und 60000 Jahren sinnvoll einsetzbar.
Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, weshalb das C-14-Verfahren bei Altersbestimmungen von mehr als 60000 Jahren ungenaue Werte liefert. **[3 BE]**

Zentralabitur 2024	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II	eA	Prüfungszeit*: 300 min

Aufgabe 3

In dieser Aufgabe werden der Wien-Filter und ein Massenspektrometer betrachtet. Grundprinzip der Massenspektrometrie ist es, aus chemischen Stoffen Ionen zu erzeugen, diese nach Masse und Ladung zu trennen und sie qualitativ und quantitativ zu erfassen.

- 3.1** Alpha-Teilchen werden jeweils rechtwinklig zu den Feldlinien in ein elektrisches Feld bzw. in ein magnetisches Feld geschossen (schematische Skizzen in M3a).

Erläutern Sie den prinzipiellen Verlauf der beiden Bahnkurven und skizzieren Sie diese in M3a.

[5 BE]

- 3.2** Das Material M3b zeigt einen Wien-Filter (Geschwindigkeitsfilter). Geladene Teilchen einer bestimmten Geschwindigkeit durchlaufen diesen Filter geradlinig und passieren die Blende 2.

Erläutern Sie, dass nur Alpha-Teilchen einer bestimmten Geschwindigkeit den Wien-Filter geradlinig durchlaufen können.

Für die Geschwindigkeit v dieser Teilchen gilt die Gleichung: $v = \frac{E}{B}$.

(E : elektrische Feldstärke, B : magnetische Flussdichte.)

Bestätigen Sie, dass Alpha-Teilchen mit der Geschwindigkeit $v = 480 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ den Wien-Filter in M3b geradlinig durchlaufen.

Begründen Sie, dass Alpha-Teilchen mit einer größeren Geschwindigkeit im Wien-Filter (M3b) nach oben abgelenkt werden.

[9 BE]

- 3.3** Ein Massenspektrometer dient dazu, die Massen von geladenen Teilchen zu bestimmen. Einen schematischen Aufbau finden Sie in M3c. Diesem Aufbau ist ein Wien-Filter vorgeschaltet. Die Alpha-Teilchen mit $v = 480 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ aus Aufgabe 3.2 treten durch die Lochblende in das Magnetfeld.

Leiten Sie die Gleichung $r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$ für den Radius r der Kreisbahn hinter Blende 2 begründet her (m : Masse des Teilchens, q : Ladung des Teilchens).

Berechnen Sie den Abstand vom Loch der Blende 2 zum Auftreffpunkt der Alpha-Teilchen auf dem Detektor.

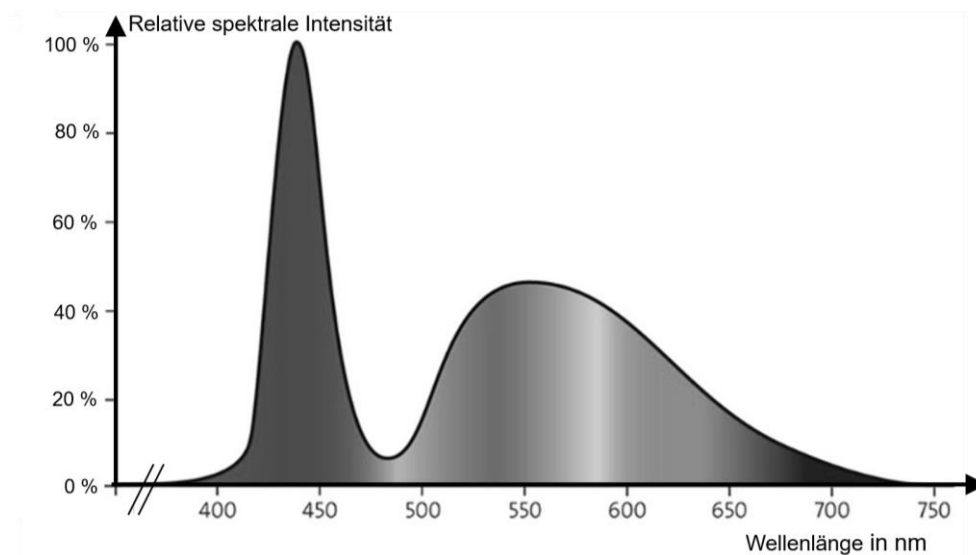
[6 BE]

- 3.4** Statt der Alpha-Teilchen werden jetzt unbekannte, positiv geladene Teilchen gleicher Geschwindigkeit in das Massenspektrometer eingebracht. Diese Teilchen werden näherungsweise in halbem Abstand zwischen Loch der Blende 2 und Auftreffpunkt der Alpha-Teilchen detektiert.

Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, um welche Teilchen es sich dabei handelt.

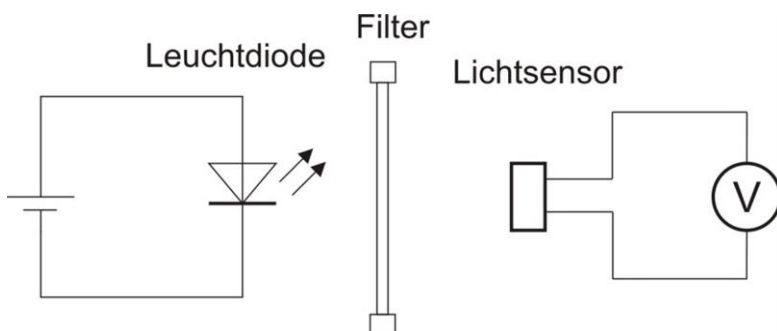
[4 BE]

Material



M1a: Wellenlänge-Intensität-Spektrum der LED-weiß

Auf der Hochachse ist die relative Intensität angegeben. Die LED-weiß wird mit einer Spannung von $U = 5,0 \text{ V}$ betrieben.

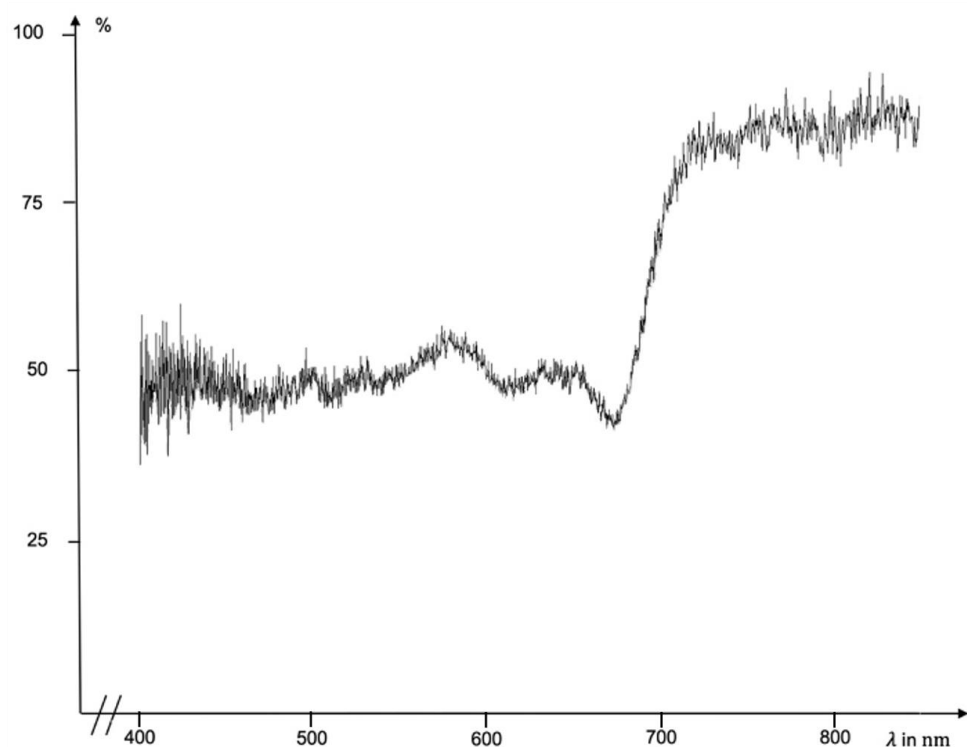


M1b: Schematische Abbildung und Hinweise zum Versuch in 1.2

Das Licht der Leuchtdiode trifft auf den Lichtsensor. Am Voltmeter ist eine Spannung U messbar, die als Maß für die Lichtintensität angesehen werden kann. Schiebt man nacheinander zwischen Leuchtdiode und Lichtsensor mehrere identische Graufilter, so sinkt die Lichtintensität und somit die gemessene Spannung.

Anzahl n der Graufilter	0	1	2	3	4	5	6	7
Spannung U in V	2,70	1,40	0,69	0,37	0,21	0,13	0,06	0,03

M1c: Messwerte zum Experiment aus M1b



M1d: Transmissionsspektrum eines Graufilters

Dargestellt ist die relative Lichtintensität nach dem Durchleuchten eines Graufilters in Abhängigkeit von der Wellenlänge λ . Die Lichtintensität ohne Graufilter entspricht 100 %.

$Z \backslash N$	6	7	8	9
8	O-14 71 s β^+	O-15 2 min β^+	O-16 stabil	O-17 stabil
7	N-13 10 min	N-14 stabil	N-15 stabil	N-16 7 s β^-
6	C-12 stabil	C-13 stabil	C-14 5730 a β^-	C-15 2 s β^-
5	B-11 stabil	B-12 20 ms β^-	B-13 17 ms β^-	B-14 14 ms β^-

M2a: Ausschnitt aus der Nuklidkarte

Z : Protonenzahl, N : Neutronenzahl

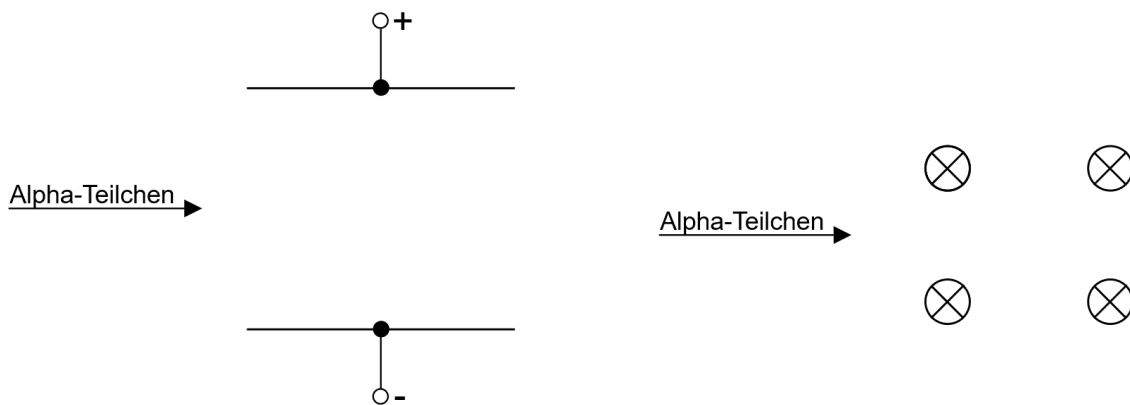
Zentralabitur 2024	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II	eA	Prüfungszeit*: 300 min

Eine Eruption des griechischen Vulkans Santorin war mutmaßlich verantwortlich für den Untergang der Minoischen Kultur auf der benachbarten Insel Kreta. In den Ascheschichten der Eruption wurden Äste von Olivenbäumen (rechts) gefunden. Diese Äste wurden mit dem C-14-Verfahren untersucht.

Bildquelle: wikipedia.org/wiki/Minoische_Eruption

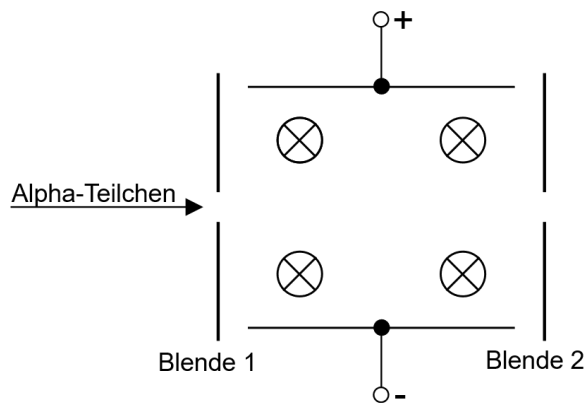
Die Halbwertszeit des Kohlenstoff-Isotops C-14 beträgt 5730 Jahre. Die Zählrate einer Probe des Olivenastes beträgt 1,94 pro Sekunde. Eine gleich aufgearbeitete Probe eines gerade gefällten Olivenbaums weist die Zählrate von 3,00 pro Sekunde auf. Bei beiden Zählraten wurde die Nullrate bereits abgezogen.

M2b: Material zur Radiocarbon-Methode



M3a: Schematische Darstellungen zur Ablenkung von Alpha-Teilchen

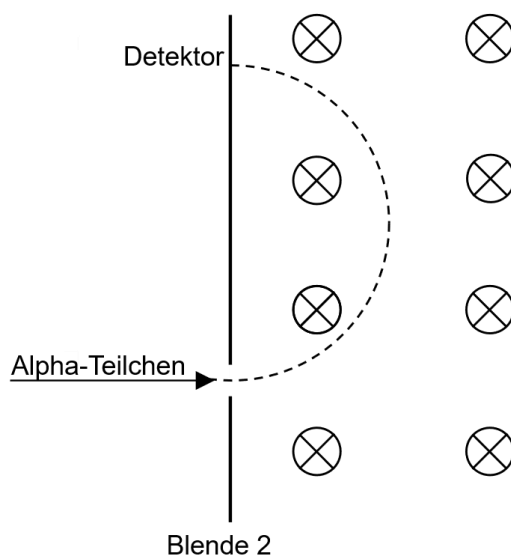
Die Ablenkung der Alpha-Teilchen erfolgt im homogenen elektrischen Feld (links) bzw. im homogenen Magnetfeld (rechts). Die Magnetfeldlinien verlaufen in die Papierebene hinein. Die Versuchsaufbauten befinden sich jeweils im Vakuum.



M3b: Schematische Darstellung eines Wien-Filters

Der gesamte Aufbau befindet sich im Vakuum. Die Feldlinien des homogenen Magnetfelds verlaufen in die Papierebene hinein.

Alpha-Teilchen werden von der Teilchenquelle ausgesandt. Die magnetische Flussdichte beträgt im gesamten Aufbau $B = 125 \text{ mT}$. An die Kondensatorplatten im Wien-Filter wird eine Ablenkspannung von $U_A = 1200 \text{ V}$ angelegt. Der Plattenabstand beträgt $d = 2,0 \text{ cm}$.



M3c: Prinzipieller Aufbau eines Massenspektrometers

Die Alpha-Teilchen mit der in 3.3 angegebenen Geschwindigkeit treten von links aus dem Wien-Filter in das Massenspektrometer. Die Masse der Alpha-Teilchen beträgt $m_\alpha = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Das Magnetfeld ist im gesamten Massenspektrometer homogen, die magnetische Flussdichte beträgt $B = 125 \text{ mT}$. Auch in diesem Aufbau herrscht ein Vakuum.

Hilfsmittel

- Taschenrechner
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene physikalische Formelsammlung
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene mathematische Formelsammlung