

Zentralabitur 2024	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II	gA	Prüfungszeit*: 250 min

*einschließlich Auswahlzeit.

Thema: Abklingprozesse und Kondensatorentladung

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 Entladevorgang eines Kondensators über einen elektrischen Widerstand.

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 Wellenlänge und die Frequenz des Lichts der LED-weiß, bei der Strahlung der höchsten Intensität emittiert wird. **[2 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 exponentiellen 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.
Berechnen Sie unter Annahme der Gültigkeit der Herstellerangabe die Anzahl der Graufilter, sodass die gemessene Spannung höchstens 0,1 % der Anfangsspannung (ohne Graufilter) beträgt. **[10 BE]**
- 1.3** Die Spannung an der LED-weiß aus dem Experiment in M1b wird von 5,0 V auf 2,5 V halbiert.
Begründen Sie, dass jetzt das Spektrum der LED-weiß im Vergleich zu M1a keine Wellenlängen von weniger als 496 nm beinhalten kann. **[3 BE]**
- 1.4** Das Experiment aus Aufgabe 1.2 kann auch mit einer infrarot strahlenden LED ($\lambda_{\text{IR}} \geq 750 \text{ nm}$) durchgeführt werden. Die relative Lichtdurchlässigkeit eines Graufilters in Abhängigkeit von der Wellenlänge ist in M1d dargestellt.
Beurteilen Sie mit M1d die Herstellerangabe aus Aufgabe 1.2. **[3 BE]**

Zentralabitur 2024	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II	gA	Prüfungszeit*: 250 min

Aufgabe 2

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

- 2.1** Erläutern Sie anhand der zu beschriftenden Skizze in M2a das grundlegende Funktionsprinzip des Geiger-Müller-Zählrohrs als Messgerät für Zählraten.

Hinweis: Beschränken Sie sich bei der Erläuterung auf die Vorgänge im Zählrohr.

[5 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), und es wird jeweils ein Teilchen freigesetzt. Der entsprechende Ausschnitt aus der Nuklidkarte ist in M2b 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** Aufgrund von Neubildung und Zerfall ist der Anteil von C-14 in der Atmosphäre konstant. Das C-14-Verfahren ist daher geeignet zur Bestimmung der Zeit, die seit dem Tod eines Organismus verstrichen ist.

Erläutern Sie das Prinzip des C-14-Verfahrens.

M2c zeigt Informationen zur Minoischen Eruption des Vulkans Santorin in Griechenland.

Eine Form des Zerfallsgesetzes lautet: $N(t) = N_0 \cdot 0,5^{\frac{t}{T_H}}$.

$N(t)$: Anzahl der Atomkerne zur Zeit t ; N_0 : Anzahl der Atomkerne zur Zeit $t = 0$; T_H : Halbwertszeit.

Ermitteln Sie aus dem Zerfallsgesetz und mit den Angaben aus M2c den Zeitpunkt der Minoischen Eruption.

[8 BE]

- 2.4** Das C-14-Verfahren ist zur Datierung von Fossilien nur begrenzt sinnvoll einsetzbar.

Begründen Sie, weshalb das C-14-Verfahren für die Datierung des Aussterbens der Dinosaurier vor ca. 65 Millionen Jahren nicht geeignet ist.

[3 BE]

Zentralabitur 2024	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II	gA	Prüfungszeit*: 250 min

Aufgabe 3

Kondensatoren spielen in vielen technischen Anwendungen u. a. als Energiespeicher eine wichtige Rolle. In dieser Aufgabe wird die Entladung eines Kondensators betrachtet.

- 3.1** In einem Experiment soll der zeitliche Verlauf der Stromstärke $I(t)$ während der Entladung eines Kondensators über einen Widerstand R untersucht werden. M3a zeigt den zugehörigen Schaltplan.

Beschreiben Sie mit M3a die Durchführung eines Experiments, mit dem der zeitliche Verlauf der Stromstärke $I(t)$ gemessen werden kann.

In M3b sind die Ergebnisse einer Messreihe dargestellt. In M3c sind die Wertepaare aus M3b in einem Koordinatensystem aufgetragen.

Ermitteln Sie mithilfe von M3b bzw. M3c die Halbwertszeit T_H und die während der ersten Halbwertszeit durch den Widerstand abgeflossene Ladung Q_H .

Berechnen Sie mit dem Zusammenhang $C = \frac{2 \cdot Q_H}{U_0}$ die Kapazität des Kondensators. **[8 BE]**

- 3.2** In weiteren Messungen wird der Widerstand R in der Schaltung von M3a variiert. Dabei wird jeweils die Halbwertszeit der Kondensatorentladung gemessen. Die Messwerte sind in M3d gegeben.

Stellen Sie die gemessene Halbwertszeit T_H in Abhängigkeit des Widerstandes R graphisch dar.

Ermitteln Sie einen funktionalen Zusammenhang $T_H = f(R)$, wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren. **[7 BE]**

- 3.3** Für die Halbwertszeit T_H einer Kondensatorentladung gilt die folgende Gleichung:

$$T_H = \ln(2) \cdot R \cdot C$$

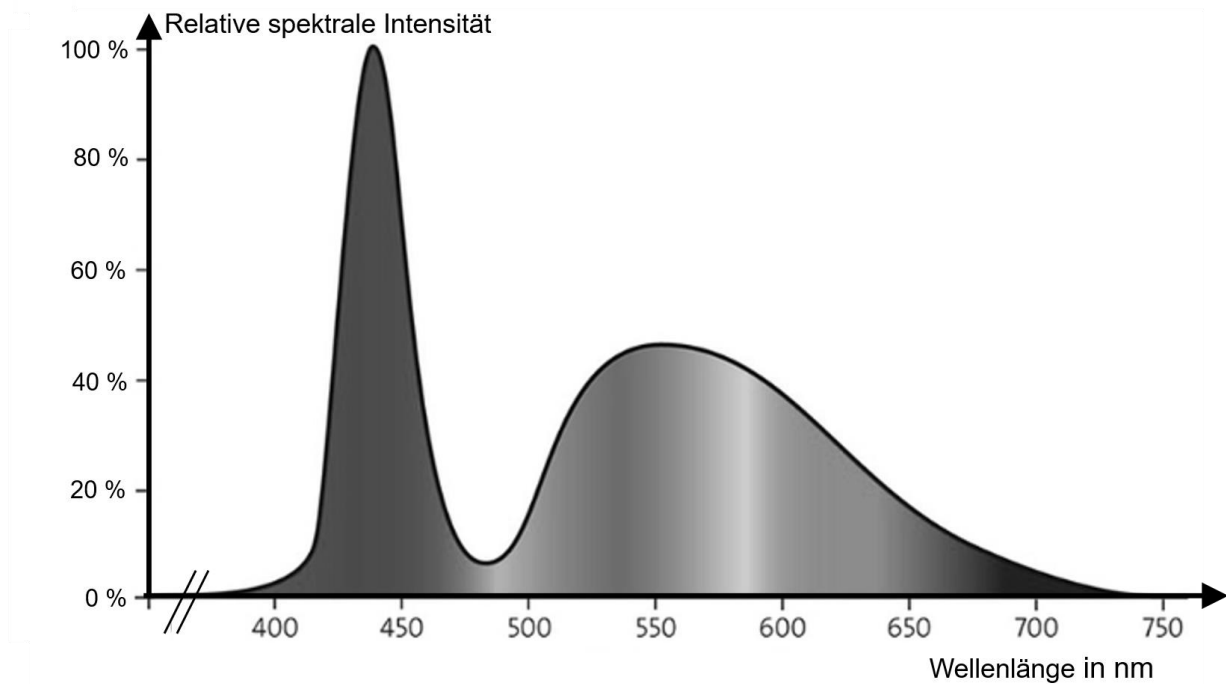
$\ln(2) \approx 0,693$ (Zahlenwert)
 R : Widerstand
 C : Kapazität

Berechnen Sie die Kapazität des Kondensators unter Einbeziehung aller Wertepaare aus M3d.

Die Kapazität des Kondensators wurde in den Aufgaben 3.1 und 3.3 mit zwei verschiedenen Methoden ermittelt.

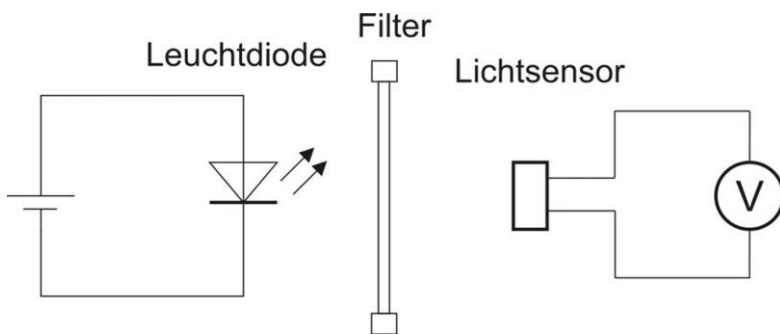
Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, mit welcher Methode die Kapazität genauer ermittelt werden kann. **[5 BE]**

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.

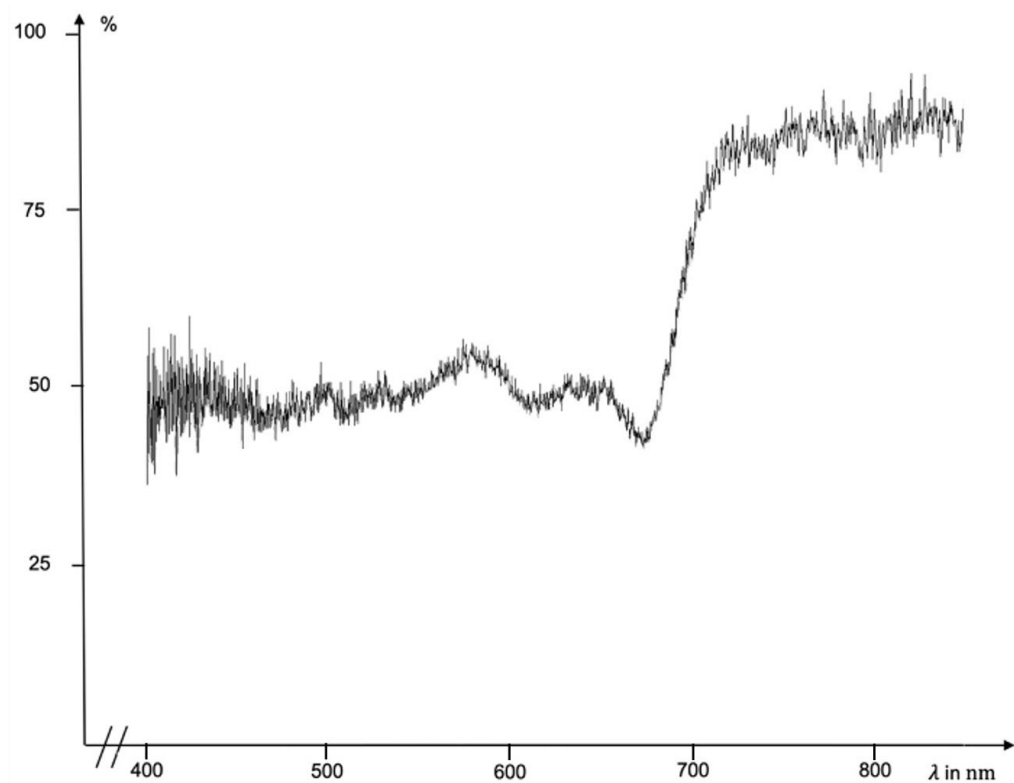


M1b: Schematische Abbildung und Hinweise zum Versuch in 1.2

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 gleiche Graufilter, so sinkt die Lichtintensität und somit die gemessene Spannung.

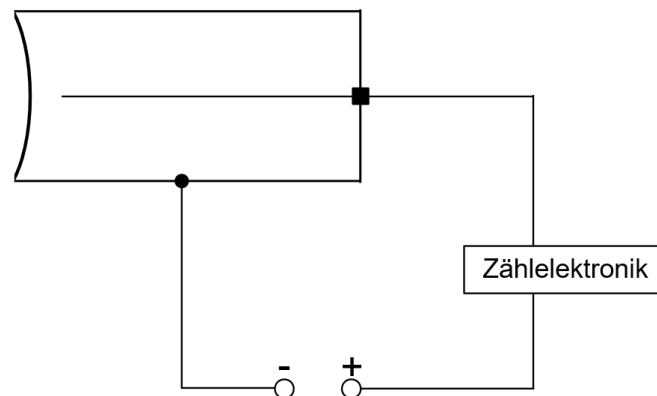
Anzahl n der Graufilter	0	1	2	3	4	5	6	7
Spannung U in V	2,70	1,40	0,69	0,37	0,21	0,13	0,06	0,03

M1c: Messwerte zum Experiment aus M1b



M1d: Relative Lichtintensität in Abhängigkeit von der Wellenlänge λ

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



M2a: Zu beschriftende Skizze des Geiger-Müller-Zählrohrs

Die radioaktive Strahlung dringt von links in das Zählrohr ein

$Z \backslash N$	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^-

M2b: Ausschnitt aus der Nuklidkarte

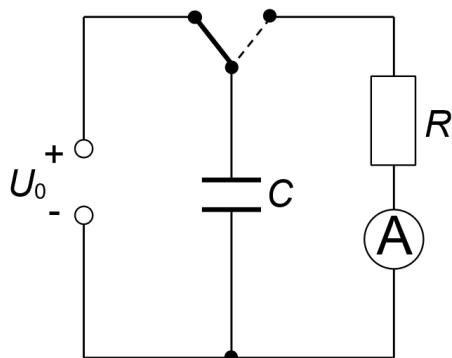
Z : Protonenzahl, N : Neutronenzahl

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.

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.

Bildquelle: wikipedia.org/wiki/Minoische_Eruption

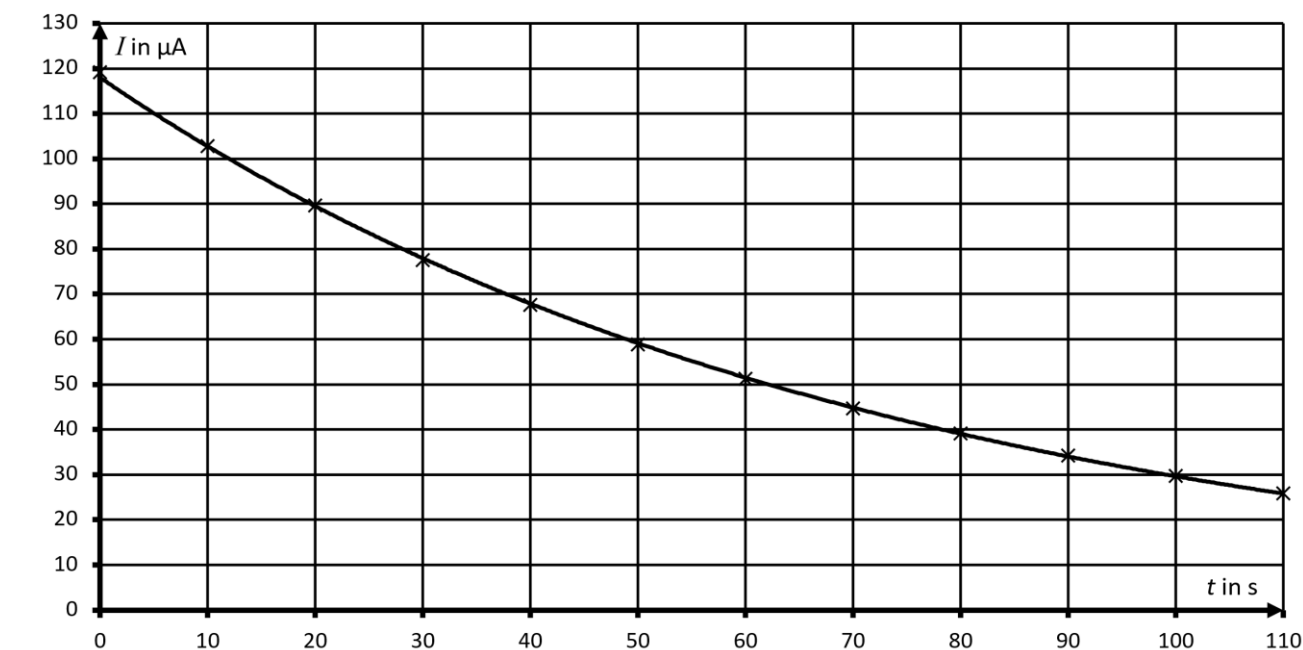
M2c: Material zur Radiocarbon-Methode



M3a: Schaltplan zur Kondensatorentladung ($R = 100 \text{ k}\Omega$; $U_0 = 11,91 \text{ V}$)

Zeit t in s	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Stromstärke I in μA	119,1	102,8	89,6	77,5	67,6	58,9	51,2	44,7	39,1	34,2	29,7	25,9

M3b: Messwerte zum Versuch aus M3a



M3c: Graphische Darstellung der Messwerte aus M3b

Widerstand R in $\text{k}\Omega$	22	47	69	110	147	181	220
Halbwertszeit T_H in s	11	23	34	55	73	89	109

M3d: Messwerte der Halbwertszeit der Kondensatorentladung in Abhängigkeit des Widerstandes.

Hilfsmittel

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