*Die Prüfungszeit setzt sich zusammen aus 220 min Bearbeitungszeit und 30 min Auswahlzeit.

Thema: Elektronenstrahlablenkröhre – Induktion – Zerfallsgesetz

In Aufgabe 1 geht es um die Kraft auf Elektronen in einem elektrischen Feld eines Plattenkondensators und um die Bahnkurve in einer Elektronenstrahlablenkröhre. Gegenstand der Aufgabe 2 ist die Induktion. Die Aufgabe 3 beschäftigt sich mit dem radioaktiven Zerfall.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

Zunächst wird ein Elektron im elektrischen Feld eines Plattenkondensators betrachtet, siehe Material 1a (M1a).

1.1 Beschreiben Sie ein prinzipielles Verfahren zur Bestimmung der Feldstärke eines homogenen elektrischen Feldes auf Grundlage einer Kraftmessung.

Berechnen Sie die Kraft, die auf ein Elektron im Punkt P wirkt (M1a). **[7 BE]**

Es werden nun Elektronen in einer Elektronenstrahlablenkröhre betrachtet. M1b zeigt den Aufbau.

1.2 Erklären Sie, dass sich die Elektronen auf einer Parabelbahn bewegen.

s_x ist die x-Koordinate des Punktes, in dem die Elektronen auf die Kondensatorplatte treffen. In einem Experiment wird s_x in Abhängigkeit von der Kondensatorspannung U_C untersucht. Es ergeben sich die Messwerte nach M1c.

Bestätigen Sie auf Grundlage aller Daten in M1c den funktionalen Zusammenhang $s_x = k \cdot \frac{1}{\sqrt{U_\mathrm{C}}}$ und den Wert der Konstanten $k \approx 4{,}52\ \mathrm{m} \cdot \sqrt{\mathrm{V}}$, z. B. durch Untersuchung auf Produktgleichheit.

Berechnen Sie die Kondensatorspannung U_C, bei der die Elektronen genau die rechte Kante der Kondensatorplatte treffen. **[9 BE]**

1.3 Das elektrische Kondensatorfeld wird durch zwei hintereinander platzierte magnetische Felder ersetzt (siehe M1d). Ein Elektron durchläuft die beiden Felder.

Skizzieren Sie mit Begründung in M1d eine mögliche Bahnkurve ein. **[4 BE]**

Aufgabe 2

In dieser Aufgabe geht es um die Erzeugung eines magnetischen Feldes in einer Spule sowie um die Untersuchung von Induktionsspannungen.

2.1 Die Abbildung in M2a zeigt den Querschnitt durch einen stromdurchflossenen geraden Leiter (Leiterquerschnitt) und zwei Kompassnadeln.

Skizzieren Sie in M2a das zugehörige Magnetfeldlinienbild sowie die jeweilige Lage von Nord- und Südpol der beiden Kompassnadeln.

Zeichnen Sie in M2a in das gestrichelt gezeichnete Kästchen einen weiteren Leiterquerschnitt einschließlich der Stromrichtung so ein, dass sich das Magnetfeld bei der oberen Kompassnadel verstärkt. **[4 BE]**

2.2 Eine Spule (Spule 1) wird an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen. Neben der Spule wird mit einem Hallsensor an der in M2b eingezeichneten Position die magnetische Flussdichte B in Abhängigkeit von der Stromstärke I in der Spule gemessen.
Hinweis: Die magnetische Flussdichte wird auch als magnetische Feldstärke bezeichnet.

Bestätigen Sie anhand von M2c, dass I und B zueinander proportional sind. **[3 BE]**

2.3 Der Versuchsaufbau aus 2.2 wird modifiziert. Der Hallsensor wird entfernt. Stattdessen wird rechts neben die Spule 1 eine identische Spule 2 gestellt (M2d). Nun wird an die Spule 1 ein Frequenzgenerator angeschlossen, sodass in dieser ein dreieckförmiger Stromstärkeverlauf (Dreieckstrom) erzeugt wird. An die Spule 2 wird ein Spannungsmessgerät angeschlossen. M2e zeigt die zeitlichen Verläufe der magnetischen Flussdichte B und der vom Spannungsmessgerät angezeigten Spannung U_{ind}.

Ermitteln Sie aus M2e die Frequenz des Dreieckstroms.

Erklären Sie mithilfe des Begriffs der Induktion qualitativ den Zusammenhang der beiden Graphen.

Erläutern Sie die Auswirkungen auf den an der Spule 2 zu messenden Verlauf der Induktionsspannung U_{ind}, wenn die Frequenz des Dreieckstroms bei gleichbleibender Amplitude verdoppelt wird. **[9 BE]**

2.4 M2f zeigt drei t-B-Diagramme und zwei t-U_{ind}-Diagramme.

Nennen Sie für die beiden t-U_{ind}-Diagramme das jeweils zugehörige t-B-Diagramm.

Skizzieren Sie im Diagramm ③ den zugehörigen t-U_{ind}-Verlauf des noch nicht zugeordneten t-B-Diagramms. **[4 BE]**

Aufgabe 3

Der radioaktive Zerfall von Atomkernen und das Zerfallsgesetz stehen im Mittelpunkt dieser Aufgabe. Die Abbildung in M3a zeigt einen Ausschnitt aus der Nuklidkarte.

3.1 Erläutern Sie den Alpha- und Betazerfall am Beispiel der Isotope Americium-243 (Am243) und Am244 anhand der Nuklidkarte (M3a), wobei Sie jeweils auch auf Kernladungs- und Massenzahlen eingehen.

Stellen Sie die ersten fünf Schritte der Zerfallsreihe von Am243 mithilfe der Nuklidkarte (M3a) dar.

Erklären Sie, aus welchen Nukliden Am243 mit nur einer Kernumwandlung hervorgegangen sein kann. **[8 BE]**

3.2 In einem Experiment wird die Zählrate R einer unbekannten Probe in Abhängigkeit von der Zeit t gemessen. Die Messdaten sind in M3b dargestellt.

Zeichnen Sie das zugehörige t-R-Diagramm.

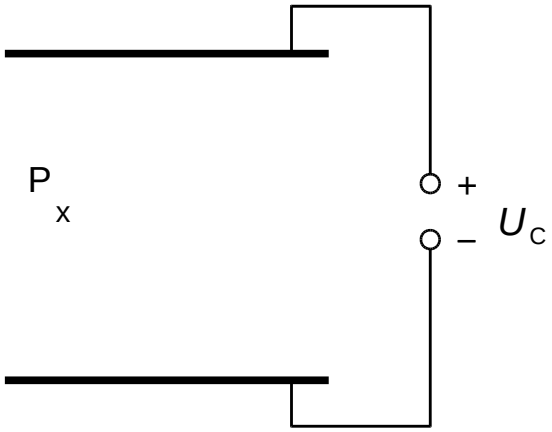
Ermitteln Sie unter Verwendung von M3c, um welches Nuklid es sich handeln kann.

Erläutern Sie, dass der zeitliche Verlauf des radioaktiven Zerfalls in diesem Diagramm durch eine exponentielle Abnahme beschrieben werden kann. **[9 BE]**

3.3 Bei einer radioaktiven Probe 1, welche ausschließlich das Nuklid A enthält, wird der in M3d dargestellte t-R-Graph ① ermittelt. Bei einer Probe 2, die zusätzlich zum Nuklid A auch das Nuklid B enthält, wird der Graph ② ermittelt.

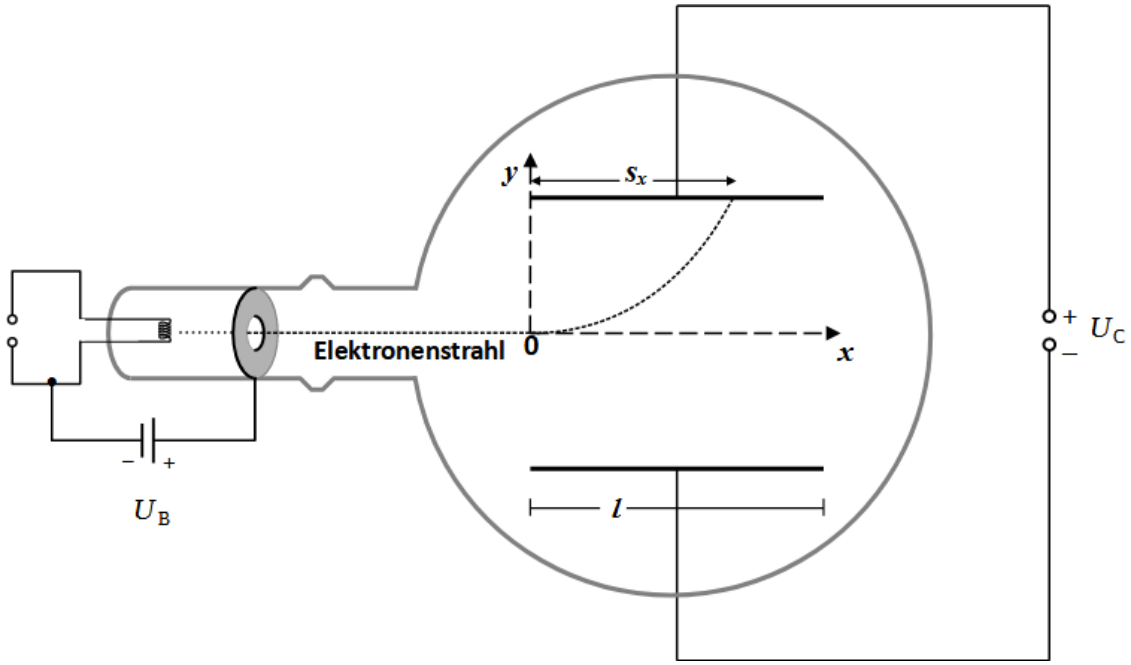
Stellen Sie eine begründete Hypothese zu der Halbwertszeit des zusätzlichen Nuklides auf. **[3 BE]**

Material



M1a: Schematischer Aufbau eines Plattenkondensators

Kondensatorspannung $U_C = 2400\ \text{V}$, Plattenabstand $d = 0{,}05\ \text{m}$.

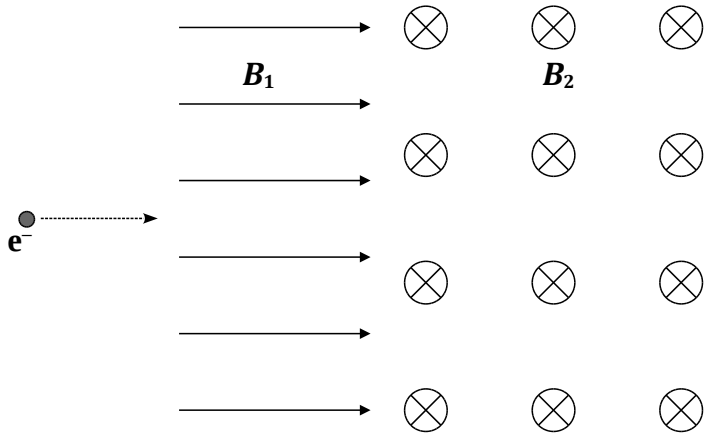


M1b: Schematischer Aufbau einer Elektronenstrahlablenkröhre

Länge der Kondensatorplatten $l = 0{,}10\ \text{m}$, s_x ist die x-Koordinate des Auftreffpunktes auf die Kondensatorplatte. Die Elektronen werden durch die Spannung U_B beschleunigt und treten an der Stelle 0 der x-Achse in das elektrische Feld des Plattenkondensators ein.

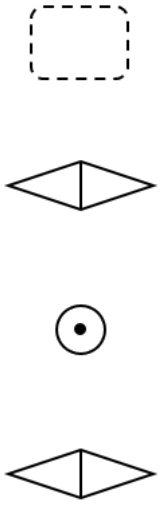
U_C in V	2400	2800	3200	3600	4000	4400
s_x in cm	9,4	8,5	8,0	7,5	7,1	6,8

M1c: Tabelle mit Messwerten für U_C und s_x



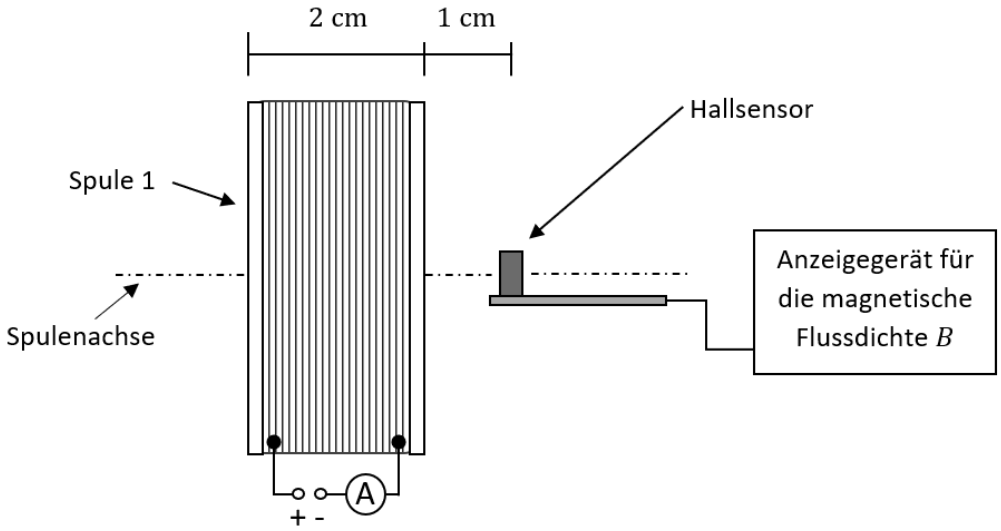
M1d: Ein Elektron tritt in zwei hintereinander liegende, jeweils homogene Magnetfelder B_1 und B_2 ein

Das Symbol ⊗ gibt an, dass das Magnetfeld B_2 in die Blattebene hinein zeigt.



M2a: Querschnitt durch einen stromdurchflossenen Leiter zwischen zwei Kompassnadeln

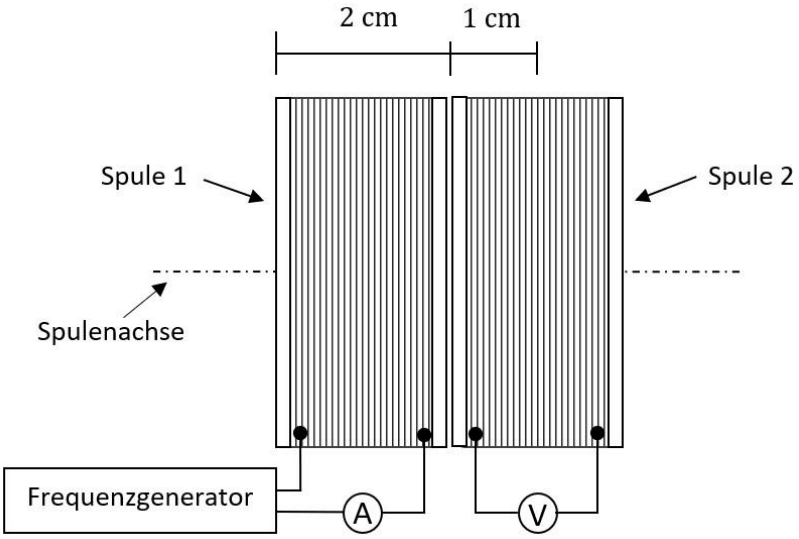
Das Symbol ⊙ gibt die Fließrichtung der Elektronen aus der Papierebene heraus an.



M2b: Prinzipskizze des Aufbaus zu 2.2

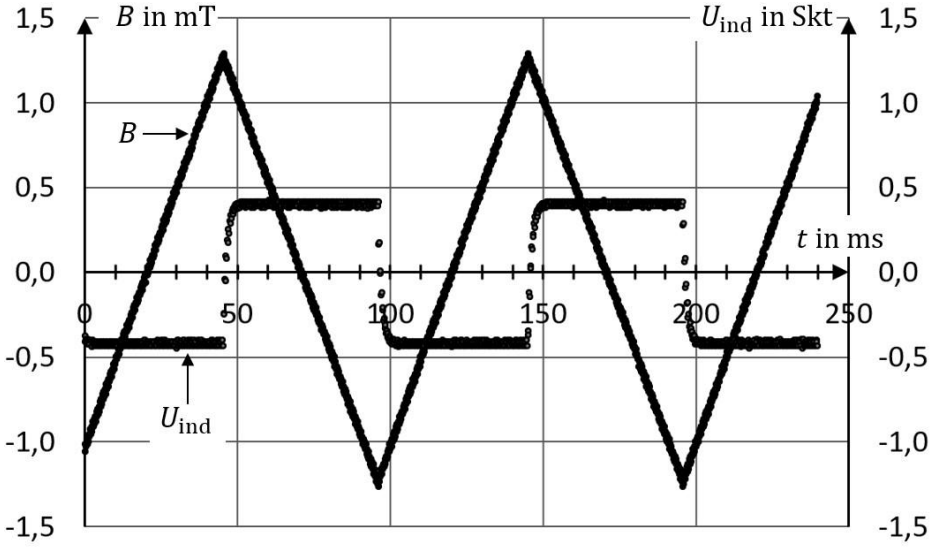
I in mA	0	10	20	30	40	50	60	70	80
B in mT	0,00	0,10	0,22	0,32	0,44	0,56	0,66	0,77	0,88

M2c: Messdaten für die Spulenstromstärke I und die magnetische Flussdichte B im Abstand von $1\ \text{cm}$ neben der Spule 1



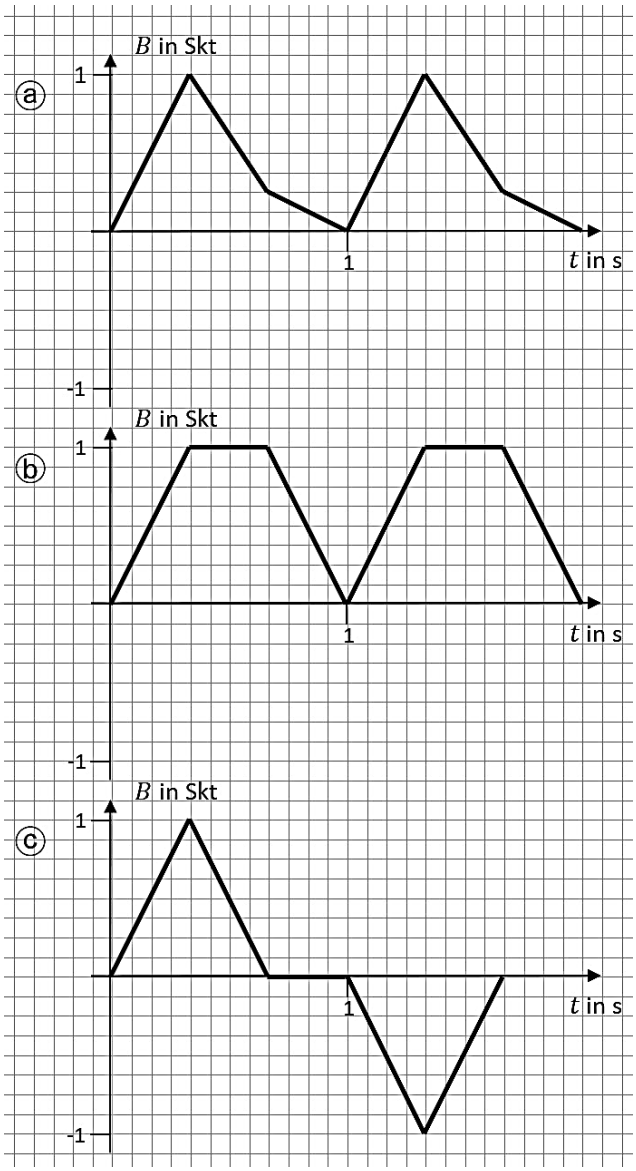
M2d: Prinzipskizze des Aufbaus zu 2.3

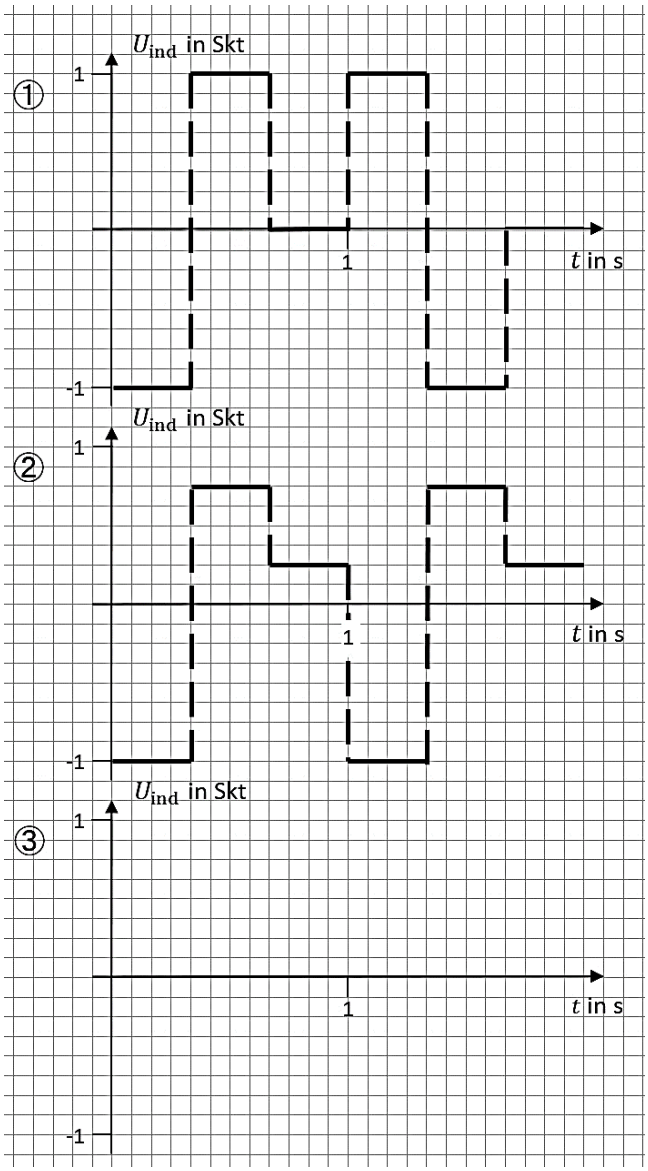
Mit dem Frequenzgenerator kann ein dreieckförmiger Stromstärkeverlauf in der Spule 1 erzeugt werden. Gemäß 2.2 ist I proportional zu B.
Das Spannungsmessgerät misst die Induktionsspannung.



M2e: Zeitlicher Verlauf von B und U_{ind} zum Experiment aus 2.3

Skt bedeutet, dass die Einheit in abstrakten Skalenteilen angegeben ist.





M2f: t-B-Diagramme ⓐ bis ⓒ zu 2.4 t-U_{ind}-Diagramme ① bis ③ zu 2.4

Z \ N	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
97									Bk245	Bk246	Bk247 α
96					Cm240 α	Cm241	Cm242 α	Cm243 α	Cm244 α	Cm245 α	Cm246 α
95	Am235	Am236	Am237	Am238	Am239	Am240	Am241 α	Am242 β^-	Am243 α	Am244 β^-	Am245 β^-
94	Pu234 α	Pu235	Pu236 α	Pu237	Pu238 α	Pu239 α	Pu240 α	Pu241 β^-	Pu242 α	Pu243 β^-	Pu244 α
93	Np233	Np234	Np235	Np236	Np237 α	Np238 β^-	Np239 β^-	Np240 β^-	Np241 β^-		
92	U232 α	U233 α	U234 α	U235 α	U236 α	U237 β^-	U238 α	U239 β^-	U240 β^-		
91	Pa231 α	Pa232 β^-	Pa233 β^-	Pa234 β^-	Pa235 β^-	Pa236 β^-	Pa237 β^-	Pa238 β^-			
90	Th230 α	Th231 β^-	Th232 α	Th233 β^-	Th234 β^-	Th235 β^-	Th236 β^-				
89	Ac229 β^-	Ac230 β^-	Ac231 β^-	Ac232 β^-	Ac233 β^-	Ac234 β^-					

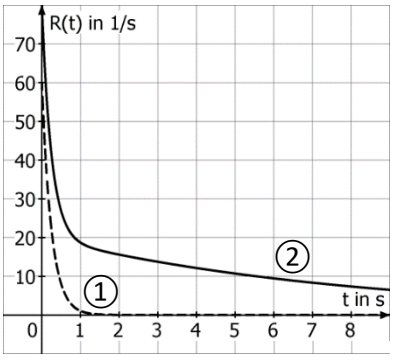
M3a: Ausschnitt aus einer vereinfachten Nuklidkarte (Neutronenzahl N; Kernladungszahl Z)
Hinweis: Angegeben sind nur mögliche α- und β^--Zerfälle.

t in s	0	11	25	46	66	82	97	122	152	173	209	220
R in $\frac{1}{s}$	80	73	60	49	36	27	26	17	14	9	7	7

M3b: Zählrate R eines unbekannten Nuklids
Hinweis: Die Werte für R sind bereits um die Nullrate bereinigt worden.

Nuklid	Zr82	Ag98	Rn220	Sr94	Sn106	Ac230
T_H in s	32,0	47,5	55,8	75,3	115,0	122,0

M3c: Halbwertszeit T_H ausgewählter Nuklide



Graph ① zeigt den Graphen für Probe 1 (nur Nuklid A),
Graph ② zeigt den Graphen für Probe 2 (zwei verschiedene Nuklide A und B)

M3d: t-R-Diagramm zu den zwei in 3.3 beschriebenen Proben

Hilfsmittel

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