*Die Prüfungszeit setzt sich zusammen aus 270 min Bearbeitungszeit und 30 min Auswahlzeit.

Thema: Schwingkreis – Induktion – Zerfallsgesetz

In Aufgabe 1 werden Eigenschaften eines elektromagnetischen Schwingkreises untersucht. Gegenstand der Aufgabe 2 ist die Induktion. Die Aufgabe 3 beschäftigt sich mit dem Zerfallsgesetz.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

Das Verhalten von Schwingungen eines elektromagnetischen Schwingkreises soll untersucht werden.

1.1 Eine Spule und ein Kondensator werden gemäß Material 1a (M1a) zu einem Schwingkreis verschaltet und über einen Schalter an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen.

Beschreiben Sie die Energieumwandlungen in dem Schwingkreis aus Spule und Kondensator nach dem Umlegen des Schalters aus der Stellung 1 in die Stellung 2.

Nun werden ein Widerstand und ein Oszilloskop als registrierendes Messinstrument ergänzt (M1b) und das Experiment wird erneut durchgeführt. M1c zeigt das t-U_{R}-Diagramm.

Erklären Sie, dass die Amplitude mit der Zeit abnimmt. **[5 BE]**

1.2 In einem weiteren Experiment wird die Resonanzkurve eines elektromagnetischen Schwingkreises untersucht. M1d zeigt eine typische Resonanzkurve.

Beschreiben Sie anhand einer Schaltskizze den Aufbau und die Durchführung eines Experiments zur Erzeugung einer Resonanzkurve.

Erklären Sie das Auftreten eines Maximums und geben Sie die Resonanzfrequenz an. **[7 BE]**

1.3 Für verschiedene Kapazitäten C des in einem Schwingkreis verwendeten Kondensators wurde jeweils die Resonanzfrequenz f_0 bestimmt (M1e).
Hinweis: Vereinfachend kann hier die Frequenz der Eigenschwingung des elektromagnetischen Schwingkreises mit der Resonanzfrequenz gleichgesetzt werden.

Bestätigen Sie, dass ein funktionaler Zusammenhang der Form $f_0 = k \cdot \frac{1}{\sqrt{C}}$ besteht, wobei Sie auch den Lösungsweg dokumentieren und den Wert der Konstante k angeben.

Die Induktivität L ist eine Eigenschaft der Spule und hat ebenfalls einen Einfluss auf die Resonanzfrequenz. Dabei gilt der theoretische Zusammenhang: $f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}}$, wobei L in der Einheit $\frac{\mathrm{s}^2}{\mathrm{F}}$ angegeben werden kann.

Ermitteln Sie die prozentuale Abweichung der Induktivität L der Spule aus dem Experiment von der Herstellerangabe $L_{\mathrm{Hersteller}} = 0{,}035\ \frac{\mathrm{s}^2}{\mathrm{F}}$. **[9 BE]**

1.4 Die Resonanzkurve aus 1.2 (M1d) verändert sich, wenn eine Spule mit doppelter Induktivität verwendet wird. M1f zeigt die Messkurve bei unveränderter Kapazität des Kondensators.

Überprüfen Sie, ob die Resonanzfrequenz aus M1f mit dem theoretischen Zusammenhang aus 1.3 übereinstimmt. **[3 BE]**

Aufgabe 2

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

2.1 Eine Spule (Spule 1) wird an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen. Neben der Spule wird mit einem Hallsensor an der in M2a 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 M2b, dass I und B zueinander proportional sind. **[3 BE]**

2.2 Der Versuchsaufbau aus 2.1 wird modifiziert. Der Hallsensor wird entfernt. Stattdessen wird rechts neben die Spule 1 eine identische Spule 2 gestellt (M2c). 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. M2d zeigt die zeitlichen Verläufe der magnetischen Flussdichte B und der vom Spannungsmessgerät angezeigten Spannung U_{ind}.

Ermitteln Sie aus M2d die Frequenz des Dreieckstroms.

Erklären Sie mithilfe des Induktionsgesetzes qualitativ den Zusammenhang der beiden Graphen in M2d.

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. **[10 BE]**

2.3 In einem weiteren Experiment werden zwei identische Spulen untereinander an einem Stativ angebracht (M2e). Sie sind in Reihe geschaltet und mit einem Oszilloskop verbunden. Ein Stabmagnet wird durch ein Plexiglasrohr durch die beiden Spulen fallen gelassen. Den vom Oszilloskop registrierten Spannungsverlauf zeigt M2f.

Beschreiben Sie die Höhe, Breite und Orientierung der Ausschläge (Peaks) im zeitlichen Verlauf des t-U_{ind}-Graphen.

Erläutern Sie, wo sich der fallende Magnet zu den in M2f mit M und N markierten Zeitpunkten befindet.

Erklären Sie die unterschiedlichen Höhen und Breiten der vier Spannungs-Peaks in M2f.

Abschließend wird die untere Spule gegen eine andere ausgetauscht und das Experiment wiederholt. M2g zeigt das t-U_{ind}-Diagramm.

Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, welche Eigenschaften bzw. Beschaltung der neuen Spule zu dem Verlauf der Kurve in M2g geführt haben.

[11 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.

Erläutern Sie, dass der zeitliche Verlauf des radioaktiven Zerfalls eines Nuklids grundsätzlich durch eine exponentielle Abnahme beschrieben werden kann.

Ermitteln Sie unter Verwendung von M3c, um welches Nuklid es sich handeln kann. **[9 BE]**

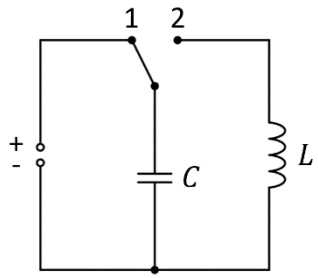
3.3 Die Zählrate einer Probe Radon-228 (Rn228) wird gemessen. Rn228 besitzt eine Halbwertszeit von $65\ \mathrm{s}$ und zerfällt dabei zu Francium-228 (Fr228). Fr228 besitzt eine Halbwertszeit von $38\ \mathrm{s}$. M3d zeigt den zeitlichen Verlauf der Zählraten beider Nuklide.

Erklären Sie das Zustandekommen des Ansteigens und wieder Abfallens der Zählrate von Fr228.

Rn228 und das Zerfallsnuklid Fr228 besitzen beide Halbwertszeiten im zweistelligen Sekundenbereich. In einem Gedankenexperiment wird davon ausgegangen, dass Fr228 eine etwas größere Halbwertszeit als $38\ \mathrm{s}$ (z. B. wenige Minuten) besitzt.

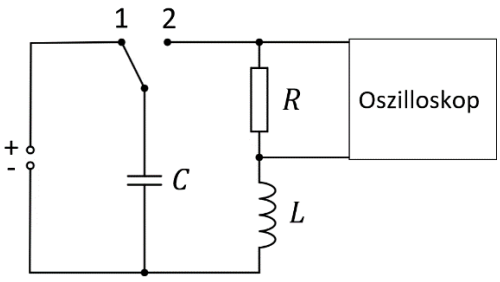
Skizzieren Sie qualitativ und begründet in M3d einen entsprechenden Graphen für die nun zu erwartende Zählrate von Fr228 ein. **[7 BE]**

Material



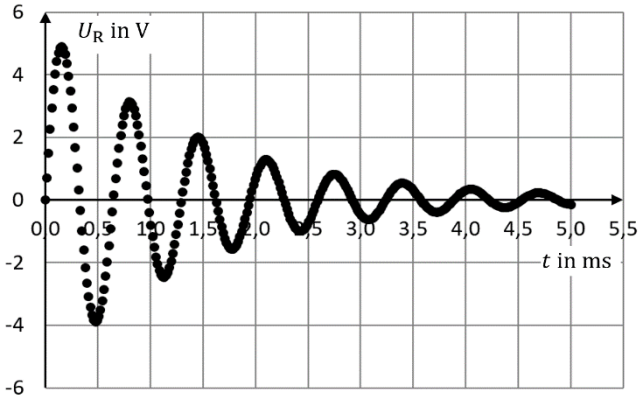
M1a: Schaltskizze zu 1.1 mit Kondensator C und Spule L

Der ohmsche Widerstand der Spule soll nicht berücksichtigt werden.

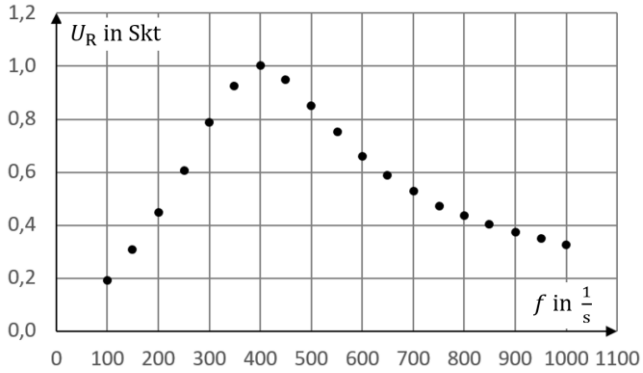


M1b: Schaltskizze zum modifizierten Aufbau in 1.1

Das Oszilloskop dient zur Aufnahme des t-U_R-Diagramms. U_R ist die am Widerstand abfallende Spannung.



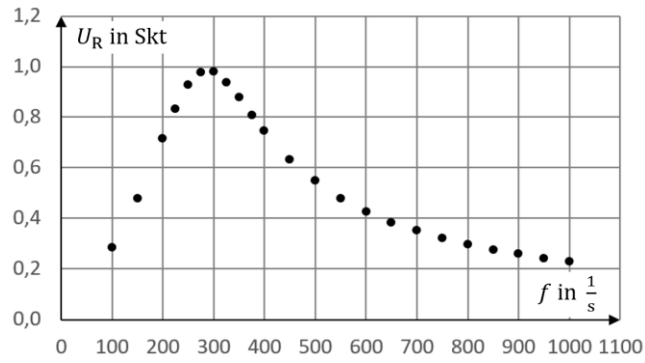
M1c: Ausschnitt aus dem t-U_R-Diagramm zu dem Experiment gemäß M1b



M1d: f-U_R-Diagramm

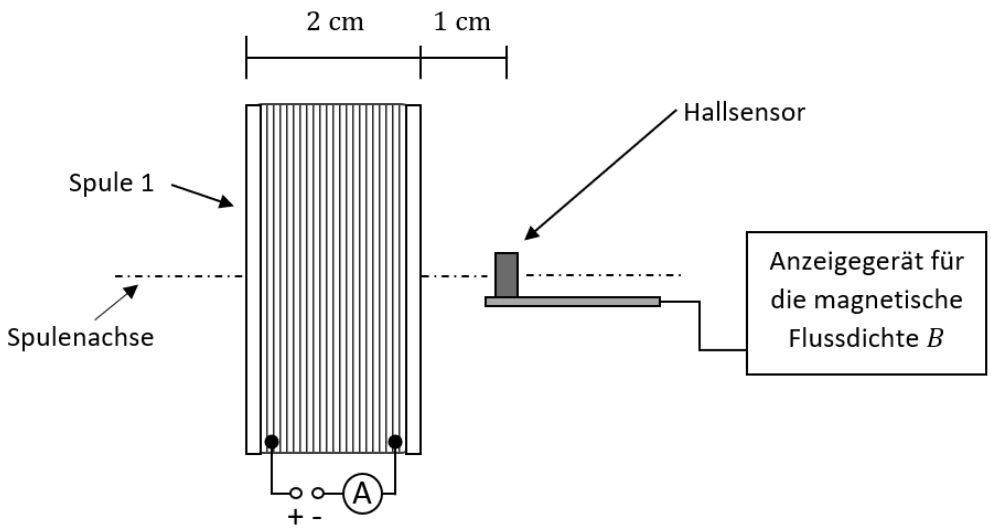
C in µF	1,0	2,0	3,0	4,0	5,2	6,2	7,4	8,8
f_0 in $\frac{1}{\mathrm{s}}$	830	590	480	420	365	335	305	280

M1e: Resonanzfrequenz f_0 bei unterschiedlichen Kapazitäten C



M1f: f-U_R-Diagramm bei einer Spule mit doppelter Induktivität im Schwingkreis

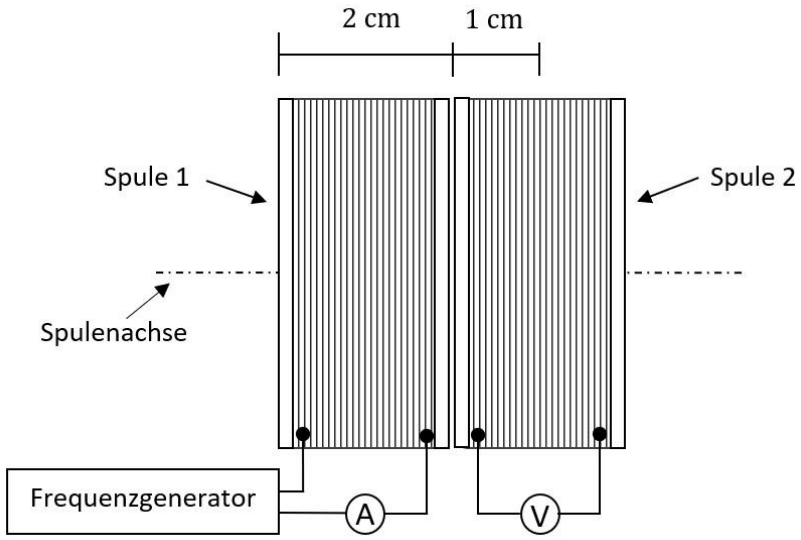
Der Versuchsaufbau entspricht sonst dem zu M1d.



M2a: Prinzipskizze des Aufbaus zu 2.1

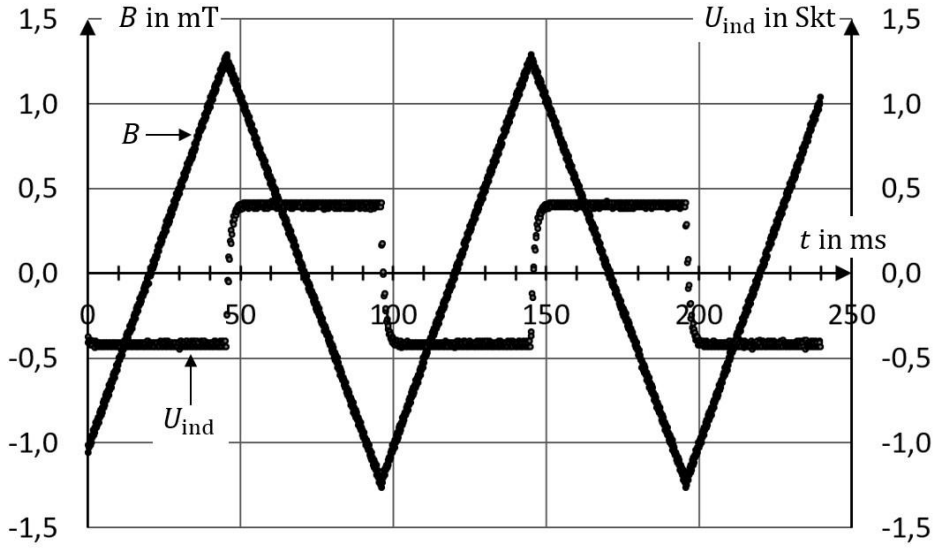
I in mA	0	10	20	30	40	50	60	70	80
B in mT	0,00	0,10	0,22	0,32	0,44	0,56	0,66	0,77	0,88

M2b: Messdaten für die Spulenstromstärke I und die magnetische Flussdichte B im Abstand von $1\ \text{cm}$ neben der Spule 1

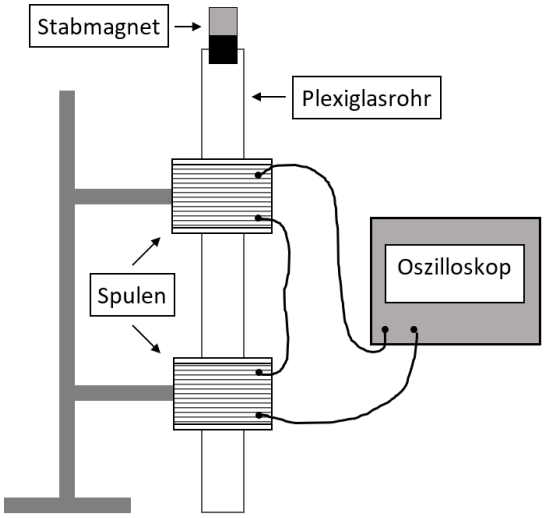


M2c: Prinzipskizze des Aufbaus zu 2.2

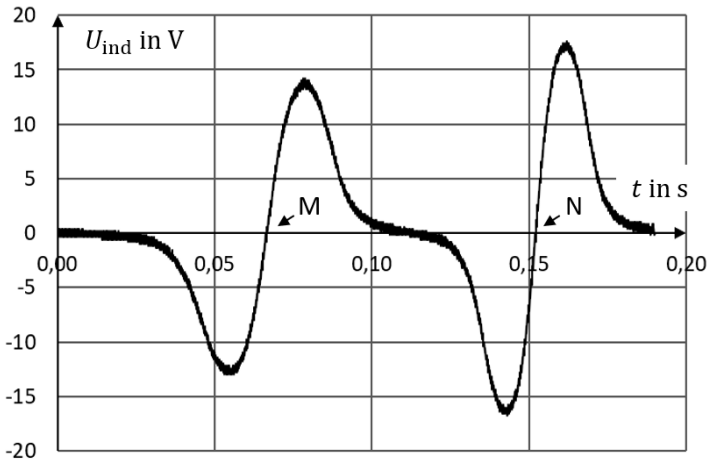
Mit dem Frequenzgenerator kann ein dreieckförmiger Stromstärkeverlauf in der Spule 1 erzeugt werden. Gemäß 2.1 ist I proportional zu B.
Das Spannungsmessgerät misst die Induktionsspannung.



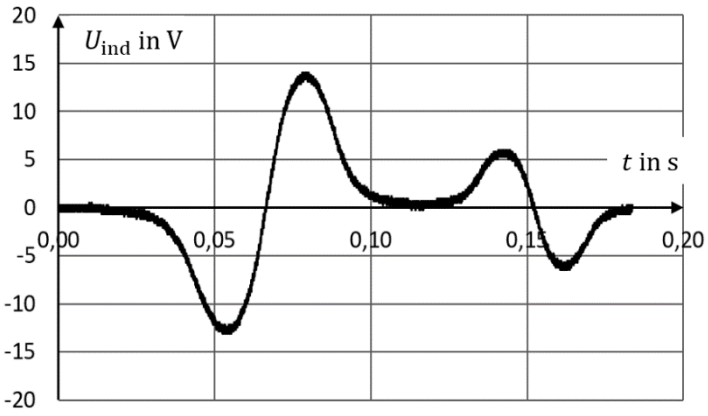
M2d: Zeitlicher Verlauf von B und U_{ind} zum Experiment aus 2.2



M2e: Aufbau zu 2.3



M2f: t-U_{ind}-Diagramm



M2g: t-U_{ind}-Diagramm bei ausgetauschter unterer Spule

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.

---

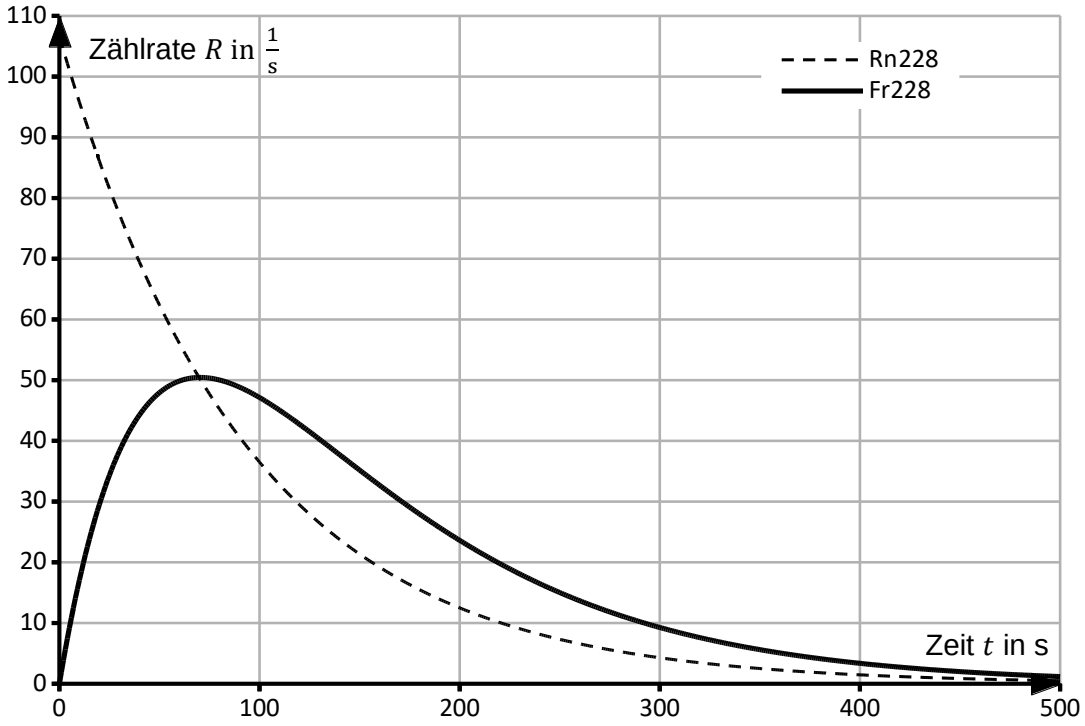
t in s	11	25	46	66	82	97	122	152	173	209	220
R in $\frac{1}{s}$	73	60	49	36	27	26	17	14	9	7	7

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



M3d: Zeitlicher Verlauf der Zählraten von Rn228 und des beim Zerfall entstehenden Nuklids Fr228

Hinweis: In der Praxis lassen sich die beiden dargestellten Zählraten nicht getrennt voneinander messen.

Hilfsmittel

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