

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2009

Physik, Grundkurs

1. Aufgabenart

- Bearbeitung eines Demonstrationsexperiments (Aufgabe 1)
- Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält (Aufgabe 2)

2. Aufgabenstellung

Aufgabe 1: Induktionsspannungen an einer im Magnetfeld schwingenden Leiterschaukel	(51 Punkte)
--	-------------

Aufgabe 2: Radioaktiver Zerfall von Uran und das Alter der Erde	(50 Punkte)
---	-------------

3. Materialgrundlage

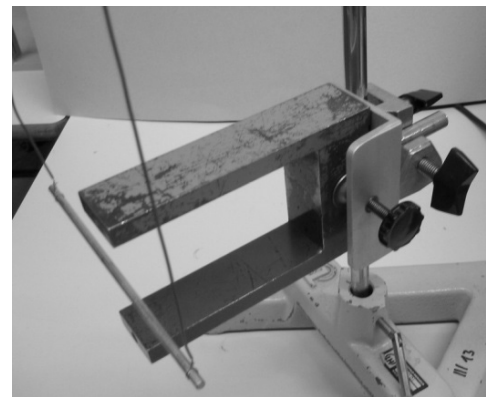
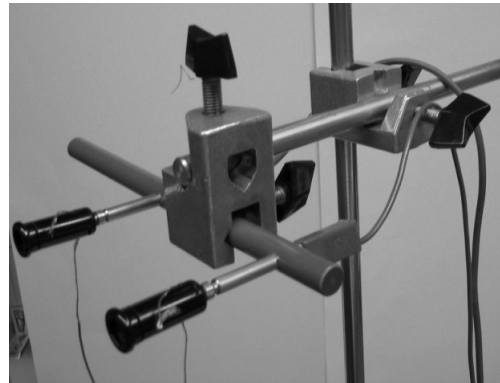
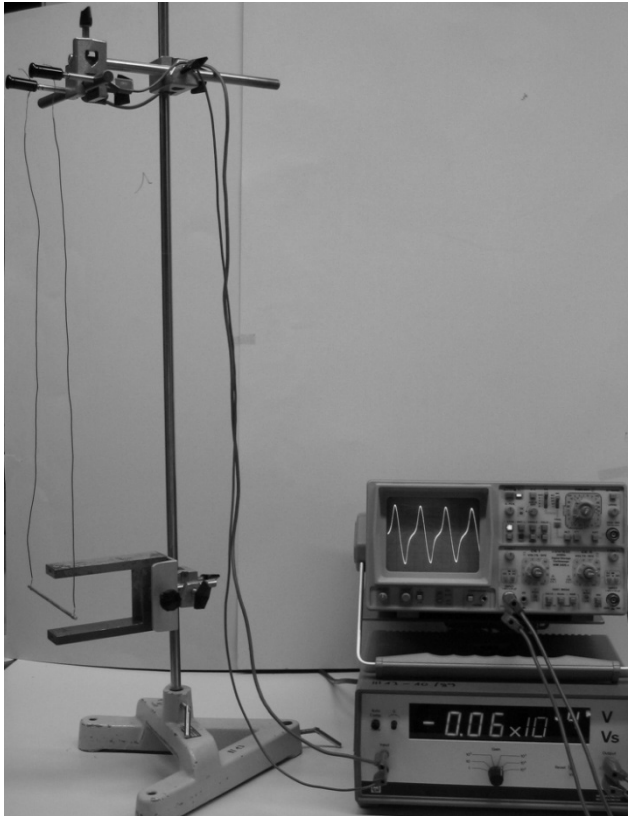
Versuchsmaterial und -aufbau

Hinweise zum Experiment in Aufgabe 1:

Vorgeführt werden nur die beiden (Teil-)Versuche gemäß Teilaufgabe c), bei denen die Leiterschaukel im Feld eines großen Hufeisenmagneten schwingt (siehe Abbildungen 3a und 4a). Es ist **nicht** vorgesehen, die Leiterschaukel gemäß Abbildung 1 in einem homogenen Magnetfeld schwingen zu lassen.

Erforderliche Geräte:

- großer Hufeisenmagnet (möglichst mit Klemmhalter zur Befestigung am Stativ)
- Leiterschaukel (z. B. nicht ferromagnetischer Metallstab, 10 bis 15 cm Länge, 3 bis 5 mm Durchmesser sowie 2 x ca. 75 cm dünnes flexibles Kabel)
- Mikrovoltverstärker
- Digitalspeicheroszilloskop oder t - y -Schreiber bzw. Messwerterfassungssystem
- Stativmaterial
- 2 Klemmstecker sowie eine „Isolierstativstange“
- diverse Experimentierkabel
- evtl. kleines Hubtischchen („Laborboy“)

Versuchsaufbau:

Der Aufbau erfolgt gemäß den hier gezeigten Fotos und den Abbildungen 3a bzw. 4a in der Aufgabenstellung für die Schülerinnen und Schüler. Auf die im Aufgabenvortext der Teilaufgabe c) beschriebenen (für beide Teilversuche unterschiedlichen) Ausrichtungen des Leiters relativ zum Hufeisenmagneten ist zu achten.

Die Leiterschaukel kann leicht aus einem dünnen (nicht ferromagnetischen) Metallstab von 10 bis 15 cm Länge und ca. 3 bis 5 mm Durchmesser sowie zwei ca. 75 cm langen und möglichst dünnen sowie sehr flexiblen Kabeln hergestellt werden. Da der Versuch nur qualitativ vorgeführt wird, kann auch eine anders dimensionierte Leiterschaukel verwendet werden; mit den hier angegebenen Werten und einer Zeitablenkung von etwa 0,5 s/cm sowie einer Verstärkung von 2 V/cm (und einer Vorverstärkung von 10 000) sollten sich die in den Abbildungen 3b bzw. 4b gezeigten Diagramme jedoch problemlos darstellen lassen.

Anleitungstext zur Versuchsdurchführung:

Zunächst wird der Aufbau gemäß Abbildung 3a justiert. Der Mikrovoltverstärker sowie das (Digitalspeicher-)Oszilloskop (bzw. der Schreiber oder das Messwerterfassungssystem) werden vorbereitet (Zeitablenkung ca. 0,5 s/cm, Verstärkungsfaktor ca. 2 V/cm, Vorverstärkung ca. 10 000). Der Leiter wird dann von Hand ausgelenkt und losgelassen, ein der Abbildung 3b entsprechendes Diagramm sollte aufgezeichnet werden. Dieser Vorgang soll zweimal wiederholt werden. Anschließend wird die Ausrichtung der Leiterschaukel gemäß Abbildung 4a verändert und ein Diagramm gemäß der Abbildung 4b aufgezeichnet; auch dieser Vorgang sollte zweimal wiederholt werden. Auf die jeweilige Ausrichtung der An-

ordnung sollte deutlich hingewiesen werden. Weitere Hilfen (z. B. zur Inhomogenität des Hufeisenmagnetfeldes, zur Ablesung von Oszillogrammen oder zur „Ursache“ der auftretenden Spannung) sollen **nicht** gegeben werden. Die Versuchsanordnung kann während der ganzen Klausur im Prüfungsraum verbleiben, es werden aber keine weiteren (Teil-)Versuche vorgeführt oder von einzelnen Schülerinnen oder Schülern durchgeführt.

Die Bestimmungen der RISU sind einzuhalten.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2009

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Aufgabe 1:

- Ladungen und Felder
 - Elektrisches Feld, elektrische Feldstärke (Feldkraft auf Ladungsträger im homogenen Feld)
 - Magnetisches Feld, magnetische Feldgröße B , Lorentzkraft (Stromwaage)
 - Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern
- Elektromagnetismus
 - Elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz (Drehung einer Leiterschleife im homogenen Magnetfeld)

Aufgabe 2:

- Atom- und Kernphysik
 - Radioaktiver Zerfall (Halbwertszeitmessung)

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Physikalische Formelsammlung
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung
- Nuklidkarte (Auszug)

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

6.1 Modelllösungen

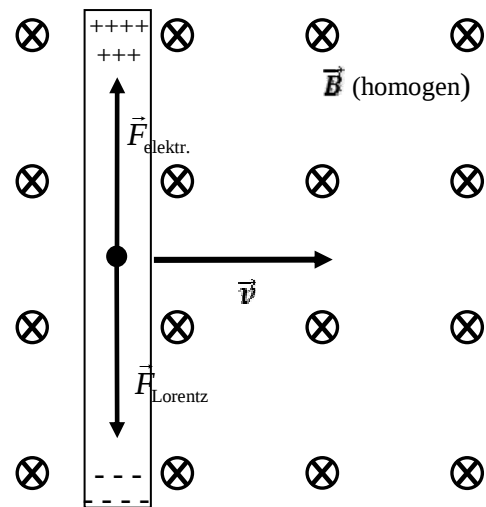
Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Die nachfolgenden Modelllösungen erfassen nicht notwendigerweise alle sachlich richtigen Lösungsalternativen.

Sollte die Auswertung der Messdaten mit Hilfe eines grafikfähigen TR oder CAS erfolgen, so muss der Prüfling die entstandenen Graphen für die korrigierende Lehrkraft skizzenhaft in seiner Reinschrift dokumentieren.

Aufgabe 1: Induktionsspannungen an einer im Magnetfeld schwingenden Leiterschaukel

- a) Der Kupferstab bewegt sich (gemäß nebenstehender Skizze) mit der Geschwindigkeit \vec{v} durch das (homogene) Magnetfeld der Stärke \vec{B} . Auf jedes mitbewegte Leitungselektron im Kupferstab wirkt die Lorentzkraft $\vec{F}_{\text{Lorentz}} = -e \cdot \vec{v} \times \vec{B}$. Daher werden die Leitungselektronen verschoben, es kommt also zu einer „Konzentration“ von Elektronen an einem Stabende und zu einem „Elektronenmangel“ am anderen Stabende. Insgesamt entsteht ein elektrisches Feld und somit eine elektrische Spannung zwischen den beiden Leiterenden.



In diesem elektrischen Feld erfährt ein Leitungselektron (zusätzlich zur Lorentzkraft) die Kraft $\vec{F}_{\text{el}} = -e \cdot \vec{E}$. Die oben beschriebene Verschiebung der Leitungselektronen und damit der Aufbau des \vec{E} -Feldes erfolgt so lange, bis die wachsende elektrische Kraft die Lorentzkraft gerade kompensiert, bis also $\vec{F}_{\text{el}} = -\vec{F}_{\text{Lorentz}}$ gilt.

Mit $|\vec{F}_{\text{el}}| = e \cdot |\vec{E}|$, $|\vec{F}_{\text{Lorentz}}| = e \cdot |\vec{v} \times \vec{B}| = e \cdot v \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ und $\vec{v} \perp \vec{B}$ folgt

$e \cdot E = e \cdot v \cdot B \cdot \sin(90^\circ) = e \cdot v \cdot B \cdot 1$ und mit $E = \frac{U}{L}$ folgt nach Umformen und Vereinfachen die angegebene/gesuchte Beziehung $U(t) = L \cdot v(t) \cdot B$.

Anmerkung für die korrigierende Lehrkraft:

1. Akzeptiert wird (natürlich) auch jede gleichwertige alternative Lösung; so kann z. B. (bei allen Aufgabenteilen) auch vom allgemeinen Induktionsgesetz ausgegangen werden.
2. Auch eine entsprechende nicht vektorielle Darstellung kann gleichwertig sein.

b) Unter Berücksichtigung der angegebenen Zeitablenkung bzw. der Verstärkungsfaktoren entnimmt man dem Diagramm in Abbildung 2:

$$T = 7,1 \text{ Kästchen} \cdot 0,2 \frac{\text{s}}{\text{Kästchen}} = 1,42 \text{ s}$$

$$\text{und } U_0 = 3,6 \text{ Kästchen} \cdot 2 \frac{\text{V}}{\text{Kästchen}} \cdot 10^{-4} = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{ V.}$$

$$\text{Damit folgt für } U(t): \quad U(t) = U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \text{ mit } \omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

$$U(t) = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{ V} \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{1,42 \text{ s}} \cdot t\right) = 7,2 \text{ V} \cdot 10^{-4} \text{ V} \cdot \sin(4,42 \text{ s}^{-1} \cdot t)$$

$$\text{Aus } U(t) = L \cdot v(t) \cdot B$$

$$\text{folgt } v(t) = \frac{U(t)}{L \cdot B} = \frac{U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)}{L \cdot B} = \frac{U_0}{L \cdot B} \cdot \sin(\omega \cdot t).$$

Somit ist

$$\frac{U_0}{L \cdot B}$$

die Geschwindigkeitsamplitude v_0 .

Also gilt:

$$v_0 = \frac{U_0}{L \cdot B} = \frac{7,2 \cdot 10^{-4} \text{ V}}{0,14 \text{ m} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ T}} = 0,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

c) Im ersten Fall befindet sich der bewegte Leiter stets zwischen den beiden Schenkeln des Hufeisenmagneten, also in einem Bereich, in dem die Stärke des Feldes relativ konstant ist. Im zweiten Fall bewegt sich der Leiter auch aus dem Raumbereich zwischen den Schenkeln heraus, also auch in einem Gebiet, in dem die Stärke des Magnetfeldes deutlich kleiner ist als zwischen den Schenkeln.

Die Spannung ist gleich Null (Positionen c), wenn $v(t)$ gerade gleich Null ist, wenn sich der Leiter/das Pendel also gerade in den Umkehrpunkten befindet.

Da der mit (f) benannte Kurvenabschnitt deutlich „verzerrt“ ist, muss sich der Leiter während dieser „Phase“ im (stark) inhomogenen Teil des Magnetfeldes bewegt haben. Er wird sich also von der Ruhelage (Minimum der Induktionsspannung) „vom Magneten weg“ bewegt haben, wobei die Geschwindigkeit und die Induktionsspannung dem Betrage nach abnehmen, um schließlich im Umkehrpunkt der Bewegung den Wert Null zu erreichen. Danach nehmen die Geschwindigkeit des Leiters und die Induktionsspannung wieder zu, bis „in der Nähe der Ruhelage“ das Maximum der Spannung erreicht wird.

Da der mit (g) benannte Kurvenabschnitt (nahezu) identisch zu dem entsprechenden Kurvenabschnitt der Abbildung 3b ist, muss sich der Leiter während dieser „Phase“ zwischen den Schenkeln des Magneten bewegt haben. Er wird sich also von der Ruhelage weiter in das Magnetfeld „hinein“ bewegt haben, wobei die Geschwindigkeit und somit die Induktionsspannung bis zum Umkehrpunkt bis auf Null abnehmen. Danach nehmen die Geschwindigkeit des Leiters und die Induktionsspannung dem Betrage nach wieder zu, bis „beim Durchgang durch die Ruhelage“ das Minimum der Spannung erreicht wird.

Anmerkung für die korrigierende Lehrkraft:

Aus Gründen der didaktischen Reduktion wird in dieser Teilaufgabe/Musterlösung auf eine (genauere) Analyse des Kurvenverlaufs verzichtet. Nach dem allgemeinen Induktionsgesetz müsste nicht nur die zeitliche Änderung der vom Leiter überstrichenen Fläche, sondern auch die Änderung der Stärke des magnetischen Feldes berücksichtigt werden. Weiterhin ist das Feld auch zwischen den Schenkeln des Magneten nur näherungsweise homogen und im Außenbereich ist zudem kaum sinnvoll abschätzbar, welchen Winkel \vec{v} und \vec{B} einschließen. Insbesondere die Inhomogenität des B-Feldes (die Stärke des Feldes nimmt bereits vor dem „Ende der Schenkel“ deutlich ab) führt dazu, dass das Maximum der Induktionsspannung beim „Hineinschwingen“ des Leiters in den Bereich zwischen den Schenkeln erst deutlich „hinter der Ruhelage“ erreicht wird. Entsprechendes gilt für das „Herausschwingen“. Der zeitliche Abstand zwischen Minimum und Maximum ist daher auch größer als der zeitliche Abstand zwischen Maximum und Minimum.

d) Da das Messgerät einen hohen Eingangswiderstand besitzt, fließt trotz der Induktionsspannung kein (oder nur ein sehr kleiner) Strom durch die Reihenschaltung aus Kupferleiter, Aufhängedrähten und Messgerät.

Wird aber die beschriebene Kabelverbindung hergestellt, kann ein Strom I fließen. Damit wird der im Magnetfeld befindliche Kupferleiter von einem Strom durchflossen, es muss also eine Kraft \vec{F}_{mag} auf diesen Leiter wirken.

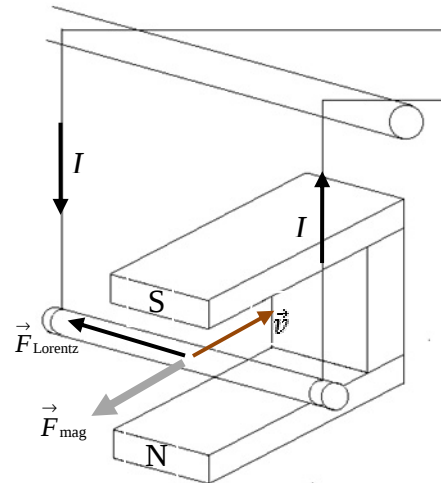
Nach der Lenz'schen Regel ist der induzierte Strom stets so gerichtet, dass er seiner Ursache entgegenwirkt. Der Strom ist also so gerichtet, dass seine „Wirkung“, nämlich die Kraft \vec{F}_{mag} , der „Ursache“, also der Bewegung des Leiters im Magnetfeld, entgegenwirkt. Damit ist die Richtung von \vec{F}_{mag} der Bewegungsrichtung der Leiterschaukel (also \vec{v}) stets entgegengerichtet.

(Bewegt sich der Leiter (z. B.) wie in der Abbildung dargestellt auf den Magneten zu, so ist \vec{F}_{mag} gerade vom Magneten weg gerichtet.)

Die Kraft \vec{F}_{mag} wird also eine Dämpfung der Schwingbewegung bewirken.

Anmerkungen für die korrigierende Lehrkraft:

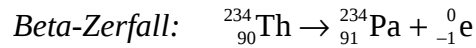
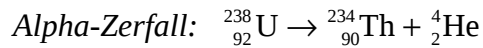
- 1) Es ist nicht erforderlich, dass der Prüfling (zusätzlich) eine Skizze anfertigt, wenn er seine Lösung sprachlich hinreichend dargestellt hat.
- 2) Die Teilaufgabe kann auch gelöst werden, indem mit Hilfe einer Drei-Finger-Regel zunächst die Richtung der Lorentzkraft ermittelt wird, welche auf die mit dem Leiter „mitbewegten“ Leitungselektronen wirkt. Damit kann dann die Richtung des im Leiter fließenden („induzierten“) Stromes und anschließend (z. B. wieder mit einer Drei-Finger-Regel) die Richtung der auf den stromdurchflossenen Leiter wirkenden Kraft \vec{F}_{mag} ermittelt werden.



Aufgabe 2: Radioaktiver Zerfall von Uran und das Alter der Erde

a) α -Zerfall: Aussendung eines He-Kerns, bestehend aus zwei Protonen und zwei Neutronen.

β^- -Zerfall: Umwandlung eines Neutrons des Kerns in ein Proton und ein den Kern verlassendes Elektron.

**Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:**

Das beim β^- -Zerfall auftretende (Anti-)Neutrino braucht vom Prüfling nicht genannt zu werden.

Die Massenzahl ändert sich um 32, also finden 8 α -Zerfälle statt.

Durch die Emission von 8 α -Teilchen würde die Ordnungszahl um 16 sinken. Tatsächlich erniedrigt sie sich um 10, also müssen 6 β^- -Zerfälle stattfinden.

γ -Strahlung ist sehr energiereiche elektromagnetische Strahlung.

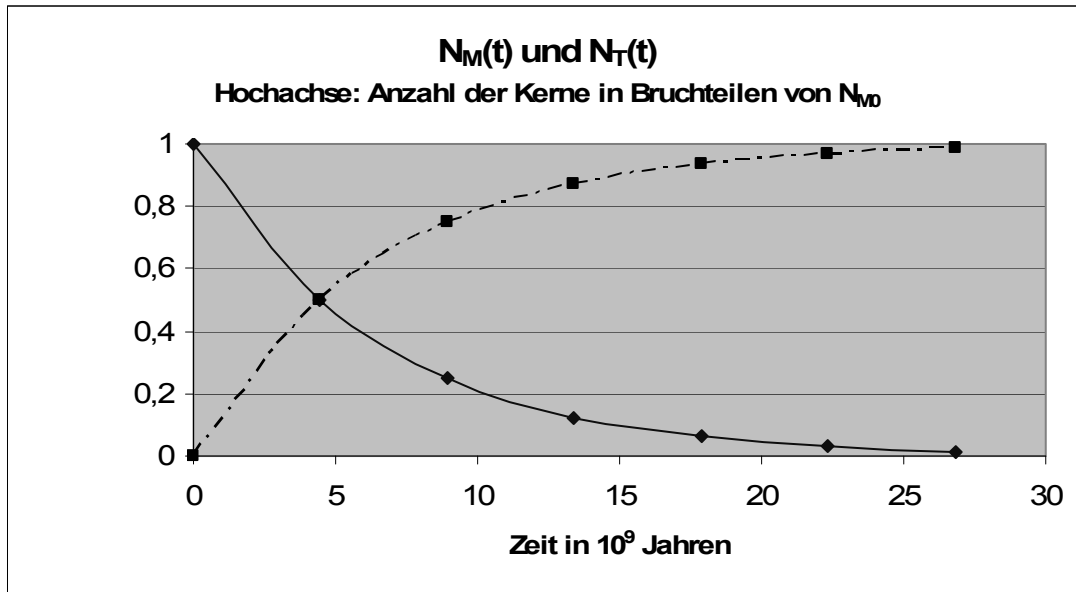
b) Die Halbwertszeit für den Zerfall von U-238 in Nuklid 2 ist erheblich (etwa Faktor 10^4) länger als alle anderen Halbwertszeiten, d. h., im Verhältnis zu dieser Zeit ist die Gesamtheit der nachfolgenden Halbwertszeiten vernachlässigbar klein. Wenn ein Kern U-238 in Nuklid 2 zerfallen ist, ist in diesem Zeitmaßstab unmittelbar danach ein Kern Pb-206 entstanden. Daher ist das Modell zulässig.

Hinweis für die korrigierende Lehrkraft

Die parallel zu der angegebenen Zerfallsreihe existierenden alternativen Zerfallsreihen (Verzweigungen) wurden nicht berücksichtigt, da sie keinen Einfluss auf das Modell haben.

c) **Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:**

Jede sachgerechte Darstellung wird akzeptiert.



Ist für $t = 0$ die Anzahl der Mutterkerne N_{M_0} , so ergeben sich für die Anzahl der Mutterkerne die im Diagramm angegebenen Werte, da sich die Anzahl der Mutterkerne nach jeweils einer weiteren Halbwertszeit halbiert hat.

Aus jedem Mutterkern entsteht genau ein Tochterkern, d. h., die Summe der Kerne von Mutter und Tochter ist konstant.

d) Angegeben ist $N_M(t) = N_{M_0} \cdot e^{-\lambda t}$ (1) und $N_T(t) = N_{M_0} - N_M(t)$ (2).

Die gesuchte Beziehung ergibt sich z. B. durch Einsetzen von (1) in (2) und Bilden des Verhältnisses N_T/N_M

oder:

Auflösen von (1) nach N_{M_0} und Einsetzen in (2) ergibt $N_T(t) = N_M(t) \cdot (e^{\lambda t} - 1)$.

Daraus folgt $\ln\left(\frac{N_T(t)}{N_M(t)} + 1\right) = \lambda \cdot t$ und durch Auflösen nach t mit $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ die gesuchte

Beziehung.

Durch Einsetzen des Zahlenwertes in die angegebene Gleichung ergibt sich ein Alter von 4,53 Milliarden Jahren.

e) Durch die Verunreinigung mit Blei gelangen Pb-206-Atome in die Probe, aber keine U-238-Atome, d. h., das Verhältnis der beiden ändert sich. Das Verhältnis N_T/N_M wird dadurch größer, die Probe erscheint älter.

Dazu benötigt man die Anzahl der Atome Pb-206, die durch Zerfall entstanden sind.

Aus der Anzahl der Atome von Pb-204 kann man den Anteil der Atome von Pb-206, die nicht durch radioaktiven Zerfall entstanden sind, aus dem angegebenen Verhältnis 17 : 1 berechnen. Diese Anzahl der Atome Pb-206 muss man von der gemessenen Gesamtzahl der Atome Pb-206 abziehen.

6.2 Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Aufgabe 1: Induktionsspannungen an einer im Magnetfeld schwingenden Leiterschaukel

Teilaufgabe a)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB) ¹
	Der Prüfling	
1	skizziert den im Magnetfeld bewegten Leiter und ergänzt die Skizze im Hinblick auf die in Kriterium 3 geforderte Herleitung.	5 (I)
2	erläutert, wieso eine Spannung auftritt.	4 (II)
3	leitet (unter Bezug auf die Skizze) die Beziehung $U(t) = L \cdot v(t) \cdot B$ her.	6 (II)

Teilaufgabe b)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	bestimmt die Periodendauer T .	2 (I)
2	bestimmt die Höhe der (ersten) Amplitude U_0 .	3 (I)
3	gibt einen Funktionsterm für $U(t)$ an (allgemein und mit den konkreten Größen für den hier vorliegenden Fall).	4 (I)
4	bestimmt die Geschwindigkeit v_0 der Leiterschaukel in der Ruhelage.	6 (II)

¹ AFB = Anforderungsbereich

Teilaufgabe c)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	erklärt, warum das Zeit-Spannungs-Diagramm in Abbildung 4b gegenüber dem Kurvenverlauf in Abbildung 3b deutlich „verzerrt“ ist.	2 (I)
2	erklärt (qualitativ), wo sich der Leiter im Magnetfeld befinden haben muss, als die Nulldurchgänge (c) geschrieben wurden.	3 (I)
3	erläutert, wie sich der Leiter (relativ zum Magneten) bewegt haben muss, damit der mit (f) benannte Kurvenabschnitt geschrieben werden konnte.	5 (III)
4	erläutert, wie sich der Leiter (relativ zum Magneten) bewegt haben muss, damit der mit (g) benannte Kurvenabschnitt geschrieben werden konnte.	2 (II)

Teilaufgabe d)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	beschreibt und begründet, dass bzw. warum ein Strom durch die Leiterschaukel fließt und dass diese damit im Magnetfeld eine (zusätzliche) Kraft erfährt.	4 (II)
2	beschreibt und begründet, dass die Richtung dieser Kraft der Bewegungsrichtung des Leiters stets entgegengerichtet ist, und gibt die Auswirkung dieser Kraft auf das Bewegungsverhalten der Leiterschaukel an.	5 (II)

Aufgabe 2: Radioaktiver Zerfall von Uran und das Alter der Erde**Teilaufgabe a)**

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	beschreibt die Umwandlungsprozesse.	4 (I)
2	gibt die Umwandlungsgleichungen an.	4 (I)
3	gibt an, wie viele α -Zerfälle auftreten.	2 (II)
4	bestimmt dann die Anzahl der β^- -Zerfälle.	2 (II)
5	begründet jeweils die Anzahl der Zerfälle.	3 (II)
6	gibt an, dass es sich um energiereiche elektromagnetische Strahlung handelt.	2 (I)

Teilaufgabe b)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	begründet, dass die Reihe durch eine Halbwertszeit beschreibbar ist und daher das Modell zulässig ist.	4 (II)

Teilaufgabe c)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	stellt $N_M(t)$ in einem Diagramm dar.	4 (II)
2	begründet sein Vorgehen.	2 (II)
3	zeichnet in dieses Diagramm den Graphen für $N_T(t)$ ein.	3 (I)
4	begründet sein Vorgehen.	2 (I)

Teilaufgabe d)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	leitet die Gleichung für das Alter der Gesteinsprobe her.	6 (II)
2	berechnet das Alter der Erde.	3 (I)

Teilaufgabe e)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	erläutert, warum das Hinzukommen von Blei das Alter verfälscht.	2 (I)
2	begründet, dass die Probe älter erscheint.	2 (II)
3	beschreibt den Rechenweg.	5 (III)

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Aufgabe 1: Induktionsspannungen an einer im Magnetfeld schwingenden Leiterschaukel**Teilaufgabe a)**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK ²	ZK	DK
1	skizziert den im ...	5 (I)			
2	erläutert, wieso eine ...	4 (II)			
3	leitet (unter Bezug ...	6 (II)			

Teilaufgabe b)

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	bestimmt die Periodendauer ...	2 (I)			
2	bestimmt die Höhe ...	3 (I)			
3	gibt einen Funktionsterm ...	4 (I)			
4	bestimmt die Geschwindigkeit ...	6 (II)			

Teilaufgabe c)

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	erklärt, warum das ...	2 (I)			
2	erklärt (qualitativ), wo ...	3 (I)			
3	erläutert, wie sich ...	5 (III)			
4	erläutert, wie sich ...	2 (II)			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe d)

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	beschreibt und begründet ...	4 (II)			
2	beschreibt und begründet ...	5 (II)			
	Summe 1. Aufgabe	51			

Aufgabe 2: Radioaktiver Zerfall von Uran und das Alter der Erde**Teilaufgabe a)**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	beschreibt die Umwandlungsprozesse.	4 (I)			
2	gibt die Umwandlungsgleichungen ...	4 (I)			
3	gibt an, wie ...	2 (II)			
4	bestimmt dann die ...	2 (II)			
5	begründet jeweils die ...	3 (II)			
6	gibt an, dass ...	2 (I)			

Teilaufgabe b)

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	begründet, dass die ...	4 (II)			

Teilaufgabe c)

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	stellt $N_M(t)$ in ...	4 (II)			
2	begründet sein Vorgehen.	2 (II)			
3	zeichnet in dieses ...	3 (I)			
4	begründet sein Vorgehen.	2 (I)			

Teilaufgabe d)

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	leitet die Gleichung ...	6 (II)			
2	berechnet das Alter ...	3 (I)			

Teilaufgabe e)

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert, warum das ...	2 (I)			
2	begründet, dass die ...	2 (II)			
3	beschreibt den Rechenweg.	5 (III)			
	Summe 2. Aufgabe	50			
	Summe der 1. und 2. Aufgabe	101			

	Summe insgesamt	101			
	aus der Punktsumme resultierende Note				
	Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
	Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktsummen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

Die Klausur wird abschließend mit der Note: _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	101 – 96
sehr gut	14	95 – 91
sehr gut minus	13	90 – 86
gut plus	12	85 – 81
gut	11	80 – 76
gut minus	10	75 – 71
befriedigend plus	9	70 – 66
befriedigend	8	65 – 61
befriedigend minus	7	60 – 56
ausreichend plus	6	55 – 51
ausreichend	5	50 – 46
ausreichend minus	4	45 – 40
mangelhaft plus	3	39 – 33
mangelhaft	2	32 – 27
mangelhaft minus	1	26 – 21
ungenügend	0	20 – 0