

Schriftliche Abiturprüfung 2013

Leistungskurs Physik

Dienstag, 23. April, 9.00 Uhr

Unterlagen für die Prüfungsteilnehmerinnen und -teilnehmer

Allgemeine Arbeitshinweise

- Tragen Sie bitte oben rechts auf diesem Blatt und auf den nachfolgenden Aufgabenblättern die Schulnummer, die schulinterne Kursbezeichnung und Ihren Namen ein.
- Schreiben Sie auf alle Entwurfsblätter (Kladde) und die Reinschrift Ihren Namen.
- Versehen Sie Ihre Reinschrift mit Seitenzahlen.

Fachspezifische Arbeitshinweise

- Die Arbeitszeit beträgt 240 Minuten.
 - Erlaubte Hilfsmittel: Rechtschreiblexikon, Formelsammlung, Taschenrechner.
-

Aufgaben

- Sie erhalten zwei Aufgaben zur Bearbeitung.
- Überprüfen Sie bitte zu Beginn die Vollständigkeit der vorgelegten Aufgaben (Anzahl der Blätter, Anlagen, ...).
- Vermerken Sie in Ihrer Reinschrift, welche Aufgabe Sie jeweils bearbeiten.

Aufgabe 1

Themenbereich: Energie und Felder

- 1a. Beschreiben Sie das physikalische Feldkonzept anhand des elektrischen Feldes. Stellen Sie das elektrische Feld der beiden elektrischen Ladungen in Abbildung 5 im Anhang dar. Begründen Sie ihre Vorgehensweise. (6 Punkte)

In Abbildung 1 ist der Schnitt durch einen Plattenkondensator in *Originalgröße* dargestellt ($\overline{MN} = 0,02m$). Manchmal wird das elektrische Feld eines Plattenkondensators *vereinfachend* wie in Abbildung 1 dargestellt.

- 1b. Bestimmen Sie für die vereinfachte Darstellung des elektrischen Feldes die Arbeit, die an einer Probeladung $q = +0,003C$ auf dem eingezeichneten Weg von M über N, P und Q zurück nach M verrichtet wird, falls das elektrische Feld die Stärke $E = 300 \frac{N}{C}$ hat.

Nennen Sie den Widerspruch, der sich daraus zu einem wichtigen Grundprinzip der Physik ergibt. Zeichnen Sie in Abbildung 1 zusätzliche Feldlinien ein, so dass sich ein *realistischeres* Bild des elektrischen Feldes des Plattenkondensators ergibt. Erläutern Sie, wie sich dann der Widerspruch aufhebt. (Anmerkung: Eine Rechnung ist hier nicht erforderlich.) (7 Punkte)

Die Abbildung des homogenen Feldes im Plattenkondensator wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

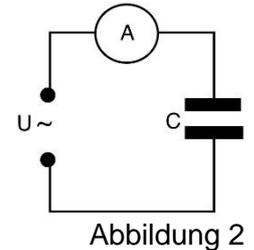
Abbildung 1

Eine Fahrradrückleuchte mit Standlichtfunktion leuchtet weiter, wenn das Fahrrad steht. Die Energieversorgung übernimmt dann ein Kondensator. Dieser Kondensator hat die Kapazität $C = 0,5F$ und einen Plattenabstand von $d = 10nm$. Das Dielektrikum zwischen den Platten hat die relative Permittivität $\epsilon_r = 10$.

Das Fahrrad hält für $\Delta t = 180s$ an. Zu Beginn des Stopps beträgt die Spannung an der Lampe und am Kondensator $U_0 = 6V$. Während des Stopps wird die Energie $\Delta W_{elektr} = 5J$ vom Kondensator auf die Lampe übertragen.

- 1c. Berechnen Sie die Ladungsmenge Q_0 und die Energie W_0 , die zu Beginn des Stopps im Kondensator gespeichert sind. Berechnen Sie die Spannung U_{180} , die am Ende des Stopps an der Lampe anliegt. Berechnen Sie die Plattenfläche A des Kondensators unter der Voraussetzung, dass das elektrische Feld im Inneren des Kondensators homogen ist. Berechnen Sie die Größe der Kraft F_0 auf die Ladungsmenge Q_0 zu Beginn des Stopps. (Anmerkung: Wundern Sie sich nicht über die Größenordnungen!) (5 Punkte)

Wenn man an einen Kondensator eine Wechselspannung anlegt, wird dieser abwechselnd immer wieder aufgeladen und entladen. Beim Ablesen des Amperemeters in Abbildung 2 wird man also feststellen, dass „durch“ den Kondensator ein Wechselstrom I_{blind} fließt. Dieser Strom wird *Blindstrom* genannt. Ein Kondensator stellt für Wechselstrom also einen endlich großen Widerstand dar. Dieser Widerstand, der *Blindwiderstand*, wird mit dem Symbol X_C bezeichnet.



In einer Versuchsreihe werden an einen Kondensator mit der Kapazität $C = 4,2 \cdot 10^{-7} F$ jeweils gleich große Wechselspannungen U mit verschiedenen großen Frequenzen f angelegt und die zugehörigen Stromstärken I_{blind} gemessen. Die Daten sind in Tabelle 1 angegeben.

U in V	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
f in Hz	10	20	45	60	80
I_{blind} in A	0,00016	0,00032	0,00074	0,00094	0,00128
$X_C = \frac{U}{I_{blind}}$ in Ω					

Tabelle 1

1d. Berechnen Sie die Werte für X_C in Tabelle 1.

Ermitteln Sie die Gleichung der Funktion $X_C(f)$, die den Zusammenhang zwischen dem Blindwiderstand $X_C(f)$ und der Frequenz f beschreibt.

Berechnen Sie den Blindwiderstand X_C , den der Kondensator für Wechselstrom der Frequenz $f = 50 Hz$ hat. (6 Punkte)

Heutzutage stellt dieser Blindwiderstand für die Energieversorgungsunternehmen ein nicht zu vernachlässigendes Problem dar. Ziel des Energieversorgers ist es, dem Kunden die gewünschte elektrische Leistung $P_{elektrisch}$ zu liefern. Die Stromleitungen zwischen dem Kraftwerk und dem Kunden müssen aber wie die Platten eines Kondensators im Takt des Wechselstroms umgeladen werden. Dafür muss *zusätzlich* die Kraftwerksleistung P_{blind} aufgebracht werden. Und das verteuert natürlich die Energieversorgung.

Ein 65km langes Erdkabel hat für Wechselstrom mit der Frequenz $f = 50 Hz$ den Blindwiderstand $X_C = 7580 \Omega$.

1e. Berechnen Sie die Stromstärke I_{blind} und die Blindleistung P_{blind} , wenn zwischen den Leitern des Hochspannungskabels die Spannung $U = 110000 V$ herrscht. Erklären Sie den Vorteil, den hier die Energieübertragung mit Gleichstrom bietet. (4 Punkte)

Eine andere Möglichkeit, die Blindleistung zu vermindern, wäre die, bei gleicher zu übertragender elektrischer Leistung $P_{\text{elektrisch}} = 55\text{MW}$ die Spannung $U = 110000\text{V}$ zwischen den Leitungen auf $U = 11000\text{V}$ herab zu setzen.

- 1f. Begründen Sie mit einer Rechnung, dass dann die Leistung P_{ohm} , die auf Grund des gesamten Ohmschen Leitungswiderstands $R_{\Omega} = \frac{U}{I} = 0,5\Omega$ verloren geht, um den Faktor 100 zunimmt.

(Lassen Sie bei dieser Rechnung den Blindstrom und die Blindleistung außer Acht!)

(5 Punkte)

Jeder von Strom durchflossene Leiter wird von einem magnetischen Feld umgeben.

In Abbildung 3 sehen Sie das Bild eines Helmholtz-Spulenpaars. Jede Spule hat $n = 4000$ Windungen und den Radius $r_{\text{Spule}} = 0,08\text{m}$. Zwischen den Spulen soll ein Magnetfeld der Stärke $B = 2,5\text{T}$ erzeugt werden.

- 1g. Stellen Sie das Magnetfeld, das durch die Überlagerung der beiden Spulenfelder zustande kommt, in Form einer Skizze dar.

(4 Punkte)

Die Abbildung des Helmholtz-Spulenpaars wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 3

Der Zusammenhang zwischen dem Spulenradius r_{Spule} , der Windungszahl n , der Stromstärke I_{Spule} und der magnetischen Feldstärke B zwischen dem Helmholtz-Spulenpaar wird mit der Formel

$B = 0,72 \cdot \mu_0 \frac{I_{\text{Spule}} \cdot n}{r_{\text{Spule}}}$ beschrieben.

- 1h. Leiten Sie aus der Formel für die Stärke des Magnetfeldes der Helmholtzspulen die Einheit der Konstante μ_0 her.

Berechnen Sie die Stromstärke I_{Spule} in den Spulenpaaren.

Bewerten Sie die technischen Probleme, die sich aus der benötigten Stromstärke ergeben.

(6 Punkte)

Um einen Eindruck von der Magnetfeldstärke $B = 2,5T$ zwischen den oben dargestellten Helmholtzspulen zu erhalten, schiebt man eine Rechteckspule senkrecht zu den Magnetfeldlinien in das Magnetfeld hinein. Die Spule hat eine Windung und ist $a = 4cm$ breit. Sie hat den Ohmschen Widerstand $R_{Rechteck} = 0,01\Omega$. Die Geschwindigkeit des Hineinschiebens beträgt $v = 1,2 \frac{m}{s}$. (Siehe

Abbildung 4)

Dabei erfährt man eine Gegenkraft F_{gegen} , solange das Spulenstück b noch nicht vollständig in das Magnetfeld eingetaucht ist.

- 1i. Berechnen Sie die Spannung U_a , die sich bei dem Vorgang zwischen den Enden des Leiterstücks a aufbaut. (zur Kontrolle: $U_a = 0,12V$)
Erklären Sie, wie die Gegenkraft zustande kommt.
Erklären Sie, wieso die Gegenkraft verschwindet, sobald auch das Spulenstück b komplett in das Magnetfeld eingetaucht ist.
Berechnen Sie die Größe der Gegenkraft F_{gegen} .
(7 Punkte)

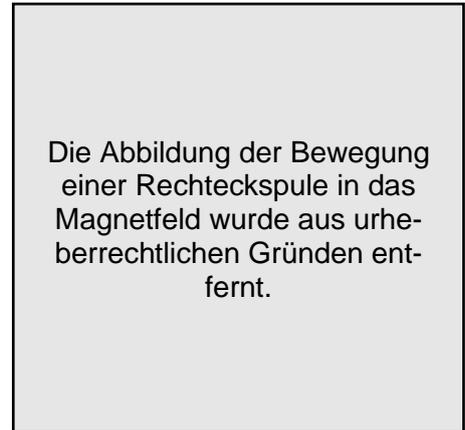


Abbildung 4

Anhang



Abbildung 5

Aufgabe 2

Themenbereich: Quantenphysik und Schrödingergleichung

Unter Verzicht auf die Anschaulichkeit klassischer physikalischer Modelle ist es Erwin Schrödinger gelungen, die sich widersprechenden Aussagen des Wellen- und Teilchenmodells der Materie in einem übergeordneten Konzept zu vereinen. Darum geht es in dieser Aufgabe.

- 2.a Die Experimente zum Fotoeffekt und zur Elektronenbeugung am Doppelspalt stellen wichtige Stationen zur Beschreibung der Mikrowelt mit Hilfe der Quantenphysik dar. Beschreiben Sie beide Experimente und erläutern Sie, welche prinzipiell neuartigen Aussagen über die Natur aus den Ergebnissen dieser Versuche gewonnen wurden. (9 Punkte)

- 2.b Unterschiedliche Materialien wurden beim Versuch zum Fotoeffekt mit Licht der Wellenlänge $\lambda = 125\text{nm}$ bestrahlt. Dabei wurde jeweils die Spannung U gemessen, mit der man die heraus gelösten Foto-Elektronen abbremsen muss. Die Tabelle 1 enthält zusätzlich die bekannten Austrittsarbeiten der verwendeten Materialien. Berechnen Sie aus den Werten der Tabelle 1 die Plancksche Konstante h , einschließlich einer Einheitenkontrolle. Führen Sie für diese Konstante eine Maßeinheitenkontrolle durch.

Material	Caesium	Kalium	Zink	Kupfer
W_a in eV	1,94	2,25	4,27	4,48
U in V	7,95	7,65	5,65	5,40

Tabelle 1

(9 Punkte)

- 2.c In einem Physikbuch findet sich im Abschnitt über Doppelspaltversuche auch an einzelnen Elektronen die Formulierung: „Das Elektron interferiert mit sich selbst“. Diskutieren Sie diese Aussage. (5 Punkte)
- 2.d Obwohl das Verhalten eines Mikroobjekts nicht determiniert ist, lassen sich im Bereich der Mikroobjekte Voraussagen treffen. Erläutern Sie, dass dieser Zusammenhang keinen Widerspruch darstellt. (3 Punkte)

Entgegen der klassischen Betrachtungsweise konzentriert sich die Quantenphysik nicht mehr darauf, was „im Atom eigentlich passiert“, da dies nicht beobachtbar ist, sondern man beschreibt die so genannten „Observablen“, d.h. die Größen, die messbar sind. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Energien bzw. Energiedifferenzen.

- 2.e Für die Energie eines Elektrons im linearen Potentialtopf eines Atomkerns gilt:

$$W_n = \frac{h^2}{8 \cdot m_e \cdot a^2} \cdot n^2 ,$$

wobei a die Breite des Potentialtopfes ist und n die Quantenzahl des Zustands angibt. Leiten Sie diese Gleichung her, wenn man davon ausgeht, dass die potentielle Energie des Elektrons Null ist. Es muss also nur seine kinetische Energie betrachtet werden. Benutzen Sie dabei die De-Broglie-Wellenlänge und den Impuls des Elektrons.

(6 Punkte)

- 2.f Berechnen Sie mit Hilfe der Gleichung aus Aufgabe 2.e, welche Wellenlänge λ ein Photon besitzt, das beim Übergang des Elektrons vom zweiten in den ersten Zustand ausgesendet wird, wenn man eine Breite des Potentialtopfes von $a = 1 \cdot 10^{-10} m$ annimmt.

(5 Punkte)

- 2.g Die eindimensionale zeitunabhängige Schrödinger-Gleichung im linearen Potentialtopf mit unendlich hohen Wänden lautet:

$$\psi''(x) + \frac{8\pi^2 m_e}{h^2} \cdot W \cdot \psi(x) = 0$$

Bestätigen Sie durch eine Rechnung, dass die Funktion $\psi(x) = k \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi}{a} \cdot x\right)$ diese Differentialgleichung erfüllt, wobei sich für die Energie W ein bestimmter Term ergibt. Nennen Sie diesen Term und vergleichen Sie ihn mit dem aus Aufgabe 2.e. Erläutern Sie die inhaltliche Bedeutung der $\psi(x)$ -Funktion.

(8 Punkte)

- 2.h Für verschiedene Energiezustände des Elektrons im Wasserstoffatom ergeben sich unterschiedliche Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichtefunktionen im Abstand r vom Atomkern. Für den Zustand mit der Quantenzahl $n = 2$ ist der Graph dieser Funktion gezeigt (Abb. 1):

Die Abbildung des Diagramms der Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte in Abhängigkeit vom Abstand vom Atomkern wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 1

In dieser Abbildung ist außerdem schraffiert dargestellt, welche Aufenthaltswahrscheinlichkeit sich für den Bereich zwischen $r_1 = 20 \cdot 10^{-11} m$ und $r_2 = 35 \cdot 10^{-11} m$ ergibt. Erläutern Sie die physikalische Aussage dieser Kurve und geben Sie mit einer geeigneten Begründung an, welchen Wert die genannte Wahrscheinlichkeit ungefähr besitzt. Erläutern Sie, warum diese quantenmechanische Beschreibung des „Verhaltens“ eines Elektrons in der Umgebung des Atomkerns einem Atommodell widerspricht, das von diskreten Kreisbahnen der Elektronen ausgeht.

(5 Punkte)

Aufgabe 3

Themenbereich: Radioaktivität

Als Lichtquelle wurden in Gaslampen früher oft so genannte Glühstrümpfe verwendet. Dies sind Gewebe aus Baumwolle oder Seide, die mit speziellen Salzen präpariert sind. Diese Salze enthielten früher meistens die beiden Thoriumisotope $^{232}_{90}\text{Th}$ und $^{228}_{90}\text{Th}$ mit ungefähr gleicher Aktivität.

3.a Nennen Sie Unterschiede der beiden Thoriumisotope $^{232}_{90}\text{Th}$ und $^{228}_{90}\text{Th}$.

Erläutern Sie die Bedeutung des Begriffs „Isotop“.

Berechnen Sie das Verhältnis der Kernradien sowie das Verhältnis der Volumina der betrachteten Isotope.

(6 Punkte)

Die als Thorium-Reihe bezeichnete Zerfallsreihe beginnt bei dem Plutoniumisotop $^{244}_{94}\text{Pu}$. Sie erreicht nach einigen Zerfällen das Nuklid $^{232}_{90}\text{Th}$, nach dem sie benannt ist.

3.b Ermitteln Sie ohne Verwendung der Nuklidkarte die Anzahl der α - und β^- -Zerfälle vom $^{244}_{94}\text{Pu}$ bis zum $^{232}_{90}\text{Th}$. Begründen Sie Ihr Ergebnis.

$^{232}_{90}\text{Th}$ ist ein α -Strahler. Geben Sie die Zerfallsgleichung von $^{232}_{90}\text{Th}$ mit Hilfe der Nuklidkarte im Anhang (Abb. 4) an.

Stellen Sie ausgehend von $^{232}_{90}\text{Th}$ die nächsten fünf Zerfälle der Thorium-Reihe in der Nuklidkarte im Anhang dar.

(7 Punkte)

Die Strahlung eines Glühstrumpfes soll mit Hilfe des in der Abbildung 1 dargestellten Aufbaus untersucht werden. Der Glühstrumpf befindet sich dabei in einer Dose aus Kunststoffglas der Dicke 2 mm.

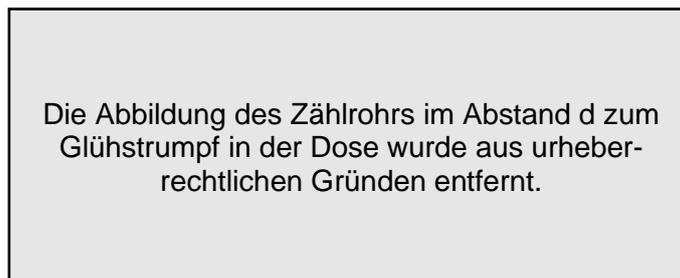


Abbildung 1: Aufbau zur Untersuchung radioaktiver Strahlung

3.c Begründen Sie, dass mit dem zur Verfügung stehenden Präparat die α -Strahlung des Glühstrumpfes nicht untersucht werden kann.

Da einige Tochterkerne in der Thorium-Reihe auch β -Strahlung aussenden, soll das Experiment in Abb.1 so variiert werden, dass allein die γ -Strahlung untersucht werden kann.

Beschreiben Sie hierzu eine mögliche Variation des Aufbaus.

(4 Punkte)

Es wird nun die Zählrate (Messzeit jeweils 4 min, Zählrate um Nullrate bereinigt) in Abhängigkeit des Abstandes zwischen Strahlenquelle und Zählrohr aufgenommen und graphisch dargestellt (Abb. 2).

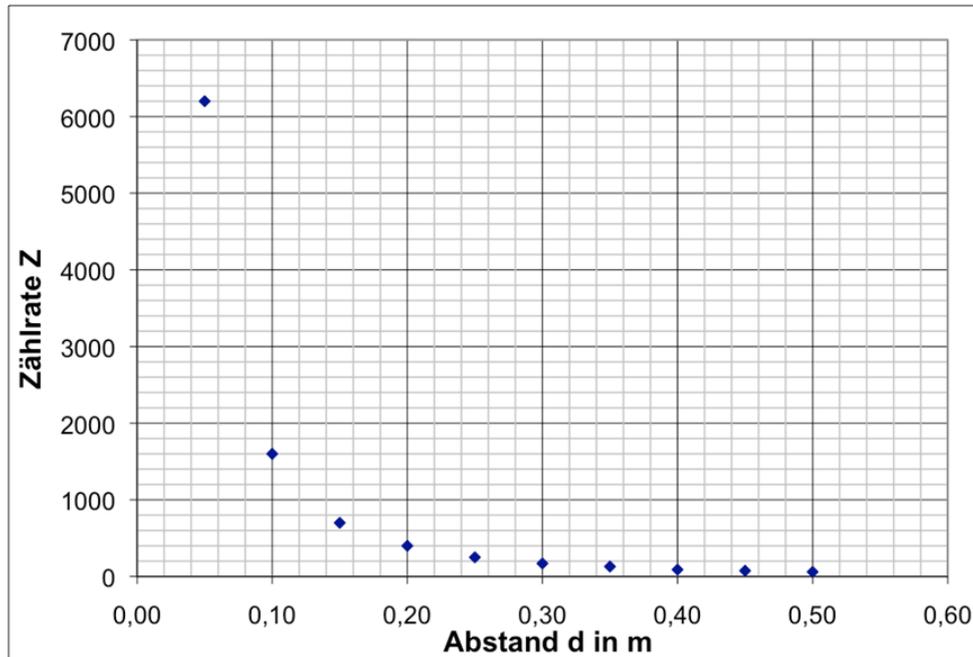


Abbildung 2

- 3.d Begründen Sie rechnerisch mit 5 Wertepaaren, dass die Zählrate mit dem Quadrat des Abstandes abnimmt, also $Z \sim \frac{1}{d^2}$.

Bestimmen Sie den zugehörigen Funktionsterm der Funktion $Z(d)$.

Für den Schutz vor der gesundheitsschädlichen Wirkung radioaktiver Strahlen gibt es verschiedene Regeln.

Nennen Sie die Regel, die aus dem Ergebnis dieser Messreihe folgt.

(8 Punkte)

Die radioaktive Strahlung der Thorium-Reihe besteht aus Heliumkernen, Elektronen und Photonen – alles Teilchen, die eigentlich für den Menschen nicht gesundheitsschädlich sind.

- 3.e Geben Sie einen Grund dafür an, dass radioaktive Strahlung für den Menschen trotzdem eine Gefahr darstellt.

Beschreiben Sie zwei Arten der Wechselwirkung radioaktiver Strahlung mit Materie.

Erläutern Sie daraus resultierende Prozesse, die im Körper eines unter großer Strahlenbelastung stehenden Menschen ablaufen, sowie mögliche Krankheitsfolgen.

(5 Punkte)

- 3.f Zur Angabe von radioaktiver Strahlenbelastung werden unter anderem die Größen Energiedosis $D = \frac{W_{\text{Ges}}}{m}$ und Äquivalentdosis H verwendet.

Nennen Sie den Unterschied dieser beiden Größen sowie die zu diesen beiden Größen gehörenden Einheiten.

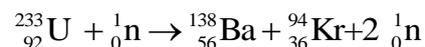
(3 Punkte)

Um das Jahr 1900 unternahm Pierre Curie einen Selbstversuch: Mit einem Pflaster klebte er sich ein Radiumpräparat für zehn Stunden an den Unterarm. Die Energiedosis der α -Strahlung des Präparats betrug $D = 0,0325$ Gy.

- 3.g Bestimmen Sie die α -Aktivität des Präparats in Bq sowie die Strahlenbelastung der Haut ($m_{\text{Haut}} = 1,5$ g) durch die α -Strahlung in Sv unter der Annahme, dass es sich um Ra-226 ($W_{\text{kin},\alpha} = 4,784$ MeV) handelte.

(6 Punkte)

Im Folgenden soll der Kernspaltungsprozess, der durch die Zerfallsgleichung



beschrieben werden kann, genauer untersucht werden.

- 3.h Schätzen Sie den Energiebetrag, der bei diesem Kernspaltungsprozess frei gesetzt wird zunächst mit Hilfe des Diagramms in Abb. 3 ab. Erläutern Sie ihre Vorgehensweise.

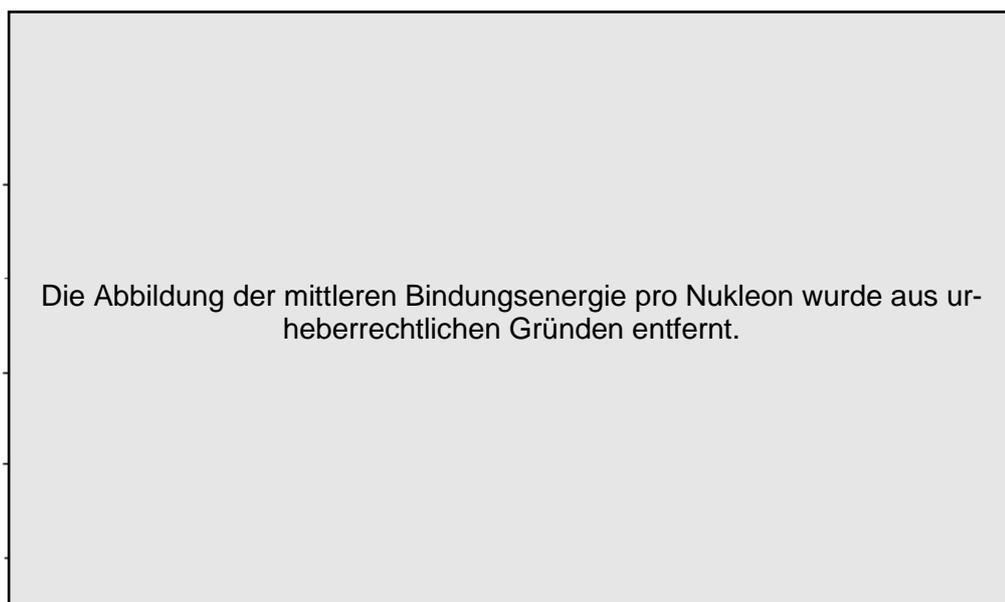


Abbildung 3: Mittlere Bindungsenergie pro Nukleon

Berechnen Sie den genauen Energiebetrag anschließend mit Hilfe des Massendefekts. (Hinweis: Die benötigten Kernmassen finden Sie im Anhang (Tab. 1).)

(8 Punkte)

- 3.i Erläutern Sie die Bedeutung der beiden frei werdenden Neutronen für den Spaltprozess in Kernreaktoren.

(3 Punkte)

Elementarteilchen	Elektron e^-	Positron e^+	Proton p^+	Neutron n
Masse in u	$5,484 \cdot 10^{-4}$	$5,484 \cdot 10^{-4}$	1,0072765	1,0086649
Ladung in e	-1	1	1	0
Halbwertszeit $T_{1/2}$	-	-	-	10,25 min

Isotop	He-4	Kr-94	Ba-138	Th-228	Th-232	U-233
Atommasse in u	4,002603	93,9343602	137,9052472	228,028741	232,038055	233,0396353
Kernmasse in u	4,001506	93,9146114	137,8745268	227,979369	231,988683	232,9891659

Tabelle 1: Einige Daten zu verschiedenen Isotopen und Elementarteilchen

Die Abbildung des Ausschnitts aus der Nuklidkarte von Th219 bis Tl210 wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Quelle: Oberstufe Physik Gesamtband, Cornelsen Verlag, 1999, 1. Aufl., S. 467

Abbildung 4: Ausschnitt aus der Nuklidkarte

Schriftliche Abiturprüfung 2013

Leistungskurs Physik

Dienstag, 23. April, 9.00 Uhr

Unterlagen für Referenten und Korreferenten

- Diese Unterlagen sind nicht für Schülerinnen und Schüler bestimmt -

Diese Unterlagen enthalten ...

- Allgemeines,
 - Erwartungshorizonte, Bewertungen und Korrekturhinweise zu den Aufgaben,
 - keine Aufgabenstellungen – Ihre Exemplare entnehmen Sie bitte den Schüleraufgaben – ,
 - einen Protokollbogen zur Auswahl der Aufgaben für die Prüfungsakten Ihrer Schule,
 - einen Rückmeldebogen für die Zentralabiturkommission zur Auswahl der Aufgaben.
-

Allgemeines

- Prüfen Sie die Prüfungsaufgaben vor der Aushändigung an die Schülerinnen und Schüler auf ihre Vollständigkeit und formale und inhaltliche Korrektheit und ergänzen Sie sie gegebenenfalls. Bei nicht ausreichender Anzahl erstellen Sie entsprechende Kopien vor Ort. Bei einem schwerwiegenden inhaltlichen Fehler informieren Sie sofort die Senatorin für Bildung und Wissenschaft über die **Hotline (0421...)** von 7.00 bis 9.30. Die von der Senatorin für Bildung und Wissenschaft vorgenommene Korrektur gibt die Schule sofort an die für die schriftliche Prüfung zuständige Lehrkraft weiter.
- Wählen Sie gemeinsam mit Ihrer Korreferentin / Ihrem Korreferenten aus den drei vorgelegten Aufgaben zwei aus. Kommt es zu keiner Einigung, bestimmt die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses die Auswahl der Aufgaben (§ 10 Abs. 2 Nr. 1 AP-V). Protokollieren Sie auf dem beigefügten Protokollformular, welche Aufgaben Sie gewählt haben (Prüferin/Prüfer und Korreferentin/Korreferent und ggf. auch die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses unterschreiben das Protokoll).
- Füllen Sie bitte für die Zentralabiturkommission Physik den beigefügten Rückmeldebogen zur Auswahl der Aufgaben aus und schicken ihn an die dort genannte Adresse.
- Fragen Sie vor Verteilung der Aufgaben nach der Arbeitsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler und weisen Sie diese auf die Regelungen des § 5 AP-V (Täuschung und Behinderung) hin.
- Machen Sie die Schülerinnen und Schüler auf die Arbeitshinweise aufmerksam, die am Anfang ihrer Unterlagen für die Prüfung stehen. Geben Sie ihnen ggf. die nötigen Angaben zur Schulnummer sowie zur genauen Kursbezeichnung.
- Die Bearbeitungszeit beträgt 240 Minuten.
- Erlaubte Hilfsmittel: Rechtschreiblexikon, Formelsammlung, Taschenrechner.

Aufgabe 1 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung			
		I	II	III	
a.	<p>Ein elektrisch geladener Körper 1 übt in jedem Punkt des Raumes eine Kraft auf einen anderen elektrisch geladenen Körper 2 (Probeladung) aus. Man kann es so interpretieren, dass der geladene Körper 1 den Raum dementsprechend verändert. Diese Änderung bezeichnet man als elektrisches Feld. Die Richtungen und die Längen der Kraftpfeile auf die Probeladungen ergeben sich aus der vektoriellen Addition der Coulombkräfte von $+Q$ und $-Q$. Die Kurven werden als Feldlinien bezeichnet. Sie symbolisieren das elektrische Feld. Die Tangenten an die Feldlinien geben in Verbindung mit der Richtung der Feldlinien die Richtung der Kraft auf die Probeladung im betrachteten Punkt des Raumes an. Alle anderen sinnvollen Darstellungen, die aus dem Unterricht hervorgehen, sind als richtig zu werten.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Die Abbildung des elektrischen Feldes wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</p> </div>	3	3	
b.	<p>Entlang der Strecke \overline{MN} wird an der Probeladung die Arbeit $W_{MN} = 0,02m \times 300 \frac{N}{C} \times 0,003C = 0,018J$ verrichtet, es wird also Energie frei. Entlang der Strecken \overline{NP} und \overline{QN} wird an der Ladung keine Arbeit verrichtet, da der Weg senkrecht zu den Feldlinien verläuft. Entlang der Strecke \overline{PQ} wird an der Ladung keine Arbeit verrichtet, da der Raum dort feldfrei ist. Es ergibt sich so ein Widerspruch zur Energieerhaltung. Realistischere Darstellung: Siehe Bild rechts. Dort wird im Bereich des inhomogenen Feldes an der Probeladung Arbeit verrichtet, da der zurückgelegte Weg nicht senkrecht zu den Komponenten der elektrischen Kraft gerichtet ist.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Die Abbildung des elektrischen Feldes wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</p> </div>	1	4	2
c.	<p>$Q_0 = C \times U_0 = 3C$; $W_0 = 0,5 \times 0,5F \times 36V^2 = 9J$; $W_{180} = 9J - 5J = 4J$; $U_{180} = \sqrt{\frac{2 \times 4J}{0,5F}} = 4V$; $A = \frac{C \times d}{e_0 \times e_r} = \frac{0,5F \times 10^{-8}m}{e_0 \times 10} = 56,47m^2$. Die elektrische Feldstärke im Kondensator hat den Wert $E = \frac{6V}{1 \times 10^{-8}m} = 6 \times 10^8 \frac{V}{m}$. Auf eine Ladung $Q_0 = 3C$ wirkt zwischen den Kondensatorplatten die Kraft $F = 6 \times 10^8 V \times m^{-1} \times 3C = 1,8 \times 10^9 N$. Dabei wird die Ladung Q_0 von der einen Platte angezogen und von der anderen abgestoßen. Da eine geladene Kondensatorplatte aber keine anziehende bzw. abstoßende Kraft auf sich selbst ausüben kann, wird sie im elektrischen Feld der anderen Kondensatorplatte nur mit der Kraft $F_0 = 0,5 \times F = 0,9 \times 10^9 N$ angezogen.</p>		2	3	

d.	<table border="1"> <tr> <td>U in V</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> <td>6,0</td> </tr> <tr> <td>f in Hz</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>45</td> <td>60</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>I_{blind} in A</td> <td>0,00016</td> <td>0,00032</td> <td>0,00074</td> <td>0,00094</td> <td>0,00128</td> </tr> <tr> <td>$X_c = \frac{U}{I_{blind}}$ in Ω</td> <td>37500</td> <td>18750</td> <td>8108</td> <td>6383</td> <td>4688</td> </tr> <tr> <td>$k = f \times X_c$ in $\text{W} \cdot \text{s}^{-1}$</td> <td>375000</td> <td>375000</td> <td>364860</td> <td>382980</td> <td>375040</td> </tr> </table>	U in V	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	f in Hz	10	20	45	60	80	I_{blind} in A	0,00016	0,00032	0,00074	0,00094	0,00128	$X_c = \frac{U}{I_{blind}}$ in Ω	37500	18750	8108	6383	4688	$k = f \times X_c$ in $\text{W} \cdot \text{s}^{-1}$	375000	375000	364860	382980	375040			
	U in V	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0																												
	f in Hz	10	20	45	60	80																												
	I_{blind} in A	0,00016	0,00032	0,00074	0,00094	0,00128																												
	$X_c = \frac{U}{I_{blind}}$ in Ω	37500	18750	8108	6383	4688																												
$k = f \times X_c$ in $\text{W} \cdot \text{s}^{-1}$	375000	375000	364860	382980	375040																													
Mittelwert: $\bar{k} = 374576 \text{W} \cdot \text{s}^{-1}$ $X_c(f) = \frac{374576 \text{W} \cdot \text{s}^{-1}}{f}$ $X_c(50\text{Hz}) = \frac{374576 \text{W} \cdot \text{s}^{-1}}{50\text{Hz}} \approx 7492 \text{W}$						3	3																											
e.	$I_{blind} = \frac{U}{X_c} = \frac{110000\text{V}}{7580\Omega} \approx 14,5\text{A}; \quad P_{blind} = U \cdot I_{blind} \approx 1,6\text{MW}$ Gleichstrom wird durch Gleichspannung erzeugt. Liegt eine Gleichspannung an einem Kondensator an, so fließt kein Strom durch den Kondensator, den die Leitungen bilden. Es muss also keine Blindleistung aufgebracht werden.						2	2																										
f.	Erster Fall: $U = 11 \cdot 10^4 \text{V}$. Dann ist $I = \frac{P_{elektrisch}}{U} = \frac{55 \cdot 10^6 \text{A}}{11 \cdot 10^4 \text{V}} = 500\text{A}$. Der Spannungsabfall am ohmschen Leitungswiderstand beträgt dann $U_\Omega = 500\text{A} \cdot 0,5\Omega = 250\text{V}$ und die Leistung hat den Wert $P_{ohm} = 250\text{V} \cdot 500\text{A} = 125\text{kW}$. Zweiter Fall: $U = 11 \cdot 10^3 \text{V} \Rightarrow I = 5000\text{A} \Rightarrow U_\Omega = 2500\text{V} \Rightarrow P_\Omega = 12,5\text{MW}$						4	1																										
g.	Schnitt durch das Spulenpaar als denkbare Darstellung: grau: magnetische Felder der einzelnen Spulenstücke. schwarz: Andeutung des Feldes, das durch die Überlagerung der einzelnen Felder zustande kommt.						Die Abbildung der magnetischen Felder wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.			2	2																							

h.	$[B] = \left[\mu_0 \cdot \frac{I}{r} \right] \Rightarrow [\mu_0] = \left[B \cdot \frac{r}{I} \right] = \frac{N}{Am} \cdot \frac{m}{A} = \frac{N \cdot m \cdot s}{C \cdot m \cdot A} = \frac{J \cdot s}{C \cdot m \cdot A} = \frac{V \cdot s}{A \cdot m}$ $I = \frac{2,5T \cdot 0,08m}{4000 \cdot \mu_0 \cdot 0,72} \approx 55,3A.$ <p>Mögliches Argument: Durch die sehr große Stromstärke entstehen hohe Leitungsverluste, falls der Leitungswiderstand nicht sehr klein ist. Ein sehr kleiner Leitungswiderstand würde aber sehr dicke Spulendrähte erfordern. Dies lässt sich schlecht bei dem kleinen Spulradius und der hohen Windungszahl verwirklichen. Alle anderen sinnvollen Begründungen, die aus dem Unterricht hervorgehen, sind als richtig zu werten.</p>	2	4	
i.	<p>Lorentzkraft pro Leitungselektron im Leiterstück a:</p> $F_L = 1,602 \cdot 10^{-19} C \cdot 1,2 \frac{m}{s} \cdot 2,5T = 4,806 \cdot 10^{-19} N.$ <p>Elektrische Feldstärke im Leiterstück a: $E_a = \frac{F_L}{1,602 \cdot 10^{-19} C} = 3 \frac{V}{m}.$</p> <p>Elektrische Spannung im Leiterstück a: $U_a = E_a \cdot 0,04m = 0,12V.$</p> <p>Auf Grund der Spannung U_a fließt durch die Rechteckspule der Strom I_{ind}. Die physikalische Stromrichtung ist im Uhrzeigersinn gerichtet. Die Elektronen, die im Leiterstück a von oben nach unten fließen, erfahren eine Lorentzkraft nach links, also entgegen der Bewegungsrichtung der Spule. Wenn die Rechteckspule komplett in das magnetische Feld eintaucht, wird im Leiterstück b eine Spannung aufgebaut, die der im Leiterstück a entgegengesetzt ist. Dadurch kommt der Induktionsstrom zum Erliegen.</p> $I_{ind} = \frac{U_a}{R} = 12A \Rightarrow F_L = I_{ind} \cdot a \cdot B = 12A \cdot 0,04m \cdot 2,5T = 1,2N \text{ als Gegenkraft.}$	1	3	3
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		20	25	5

Aufgabe 2 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung																						
		I	II	III																				
a.	<p>Fotoeffekt: Bei der Bestrahlung einer Metalloberfläche mit Licht verschiedener Frequenzen werden Elektronen aus dem Metall herausgeschlagen. Die Energie dieser Fotoelektronen wird mit Hilfe einer Bremsspannung gemessen. Diese ist unabhängig von der Intensität der einfallenden Strahlung, wohl aber abhängig von deren Frequenz. Diese Beobachtung ist mit der Wellentheorie des Lichts nicht zu erklären. Sie wird nur durch die Lichtquanteninterpretation verständlich, nach der Licht aus Energiequanten besteht, die wesentliche Attribute von Teilchen haben, wie Energie und Impuls.</p> <p>Elektronen am Doppelspalt: Werden Elektronen durch einen Doppelspalt geschossen, ergeben sich auf dem Schirm ebensolche (konstruktive wie destruktive) Interferenzerscheinungen wie beim Licht. Dies lässt sich nicht erklären, wenn man die Elektronen als klassische Massepunkte betrachtet. Erst wenn man den Elektronen eine so genannte Materie-Wellenlänge zuordnet, die ihre Aufenthaltswahrscheinlichkeit beschreibt, lassen sich diese Messergebnisse beschreiben.</p> <p>Daraus ergibt sich die Beschreibung der Mikrowelt mit Hilfe des Quantenmodells, das Mikroobjekte als unteilbare Einheiten ansieht, welche unter bestimmten experimentellen Bedingungen jeweils wellen- bzw. korpuskularen Eigenschaften zeigen.</p>	4	5																					
b.	<p>Die Energie eines Lichtquants wird aufgeteilt in die Auslösearbeit und die kinetische Energie der Fotoelektronen, die durch die potentielle Energie der Bremspannung kompensiert wird:</p> $W_{\text{Photon}} = W_a + W_{\text{pot}} \quad W_{\text{Photon}} = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad W_{\text{pot}} = e \cdot U$ $\frac{h \cdot c}{\lambda} = W_a + e \cdot U \quad h = \frac{\lambda \cdot (W_a + e \cdot U)}{c}$ $h_1 = \frac{125 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot (1,94 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} + 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 7,95 \text{ V})}{2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 6,606 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Caesium</th> <th>Kalium</th> <th>Zink</th> <th>Kupfer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W_a in eV</td> <td>1,94</td> <td>2,25</td> <td>4,27</td> <td>4,48</td> </tr> <tr> <td>U in V</td> <td>7,95</td> <td>7,65</td> <td>5,65</td> <td>5,40</td> </tr> <tr> <td>h in 10^{-34} Js</td> <td>6,606</td> <td>6,613</td> <td>6,626</td> <td>6,599</td> </tr> </tbody> </table> <p>Mittelwert: $\bar{h} = 6,611 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$</p> $\frac{m \cdot (J + C \cdot V)}{\frac{\text{m}}{\text{s}}} = \left(J + C \cdot \frac{J}{C} \right) \cdot s = Js$	Material	Caesium	Kalium	Zink	Kupfer	W_a in eV	1,94	2,25	4,27	4,48	U in V	7,95	7,65	5,65	5,40	h in 10^{-34} Js	6,606	6,613	6,626	6,599	2	4	3
Material	Caesium	Kalium	Zink	Kupfer																				
W_a in eV	1,94	2,25	4,27	4,48																				
U in V	7,95	7,65	5,65	5,40																				
h in 10^{-34} Js	6,606	6,613	6,626	6,599																				
c.	<p>Solange der Doppelspalt mit vielen Elektronen beschossen wird, kann man eventuell noch davon sprechen, dass zwei oder mehrere Elektronen untereinander interferieren, wie auch immer. Die Interferenzerscheinung ist jedoch auch zu beobachten, wenn die Elektronen einzeln den Doppelspalt passieren. Dann müsste ein Elektron nach obiger Sichtweise mit sich selbst interferieren.</p> <p>Dies ist unmöglich, wenn man ein Elektron als unteilbare Korpuskel versteht. Erst wenn man das Elektron als ein „Quant“ betrachtet, das sich einer wellenmäßigen Aufenthaltswahrscheinlichkeitsfunktion entsprechend verhält, wird die Interferenz einzelner Elektronen verständlich.</p>	2	3																					

d.	Objektive Voraussagen lassen sich im Mikrobereich nicht treffen, wenn sie sich auf das Verhalten einzelner Quantenobjekte beziehen. Da sich aus der Aufenthaltswahrscheinlichkeitsfunktion einzelner Quantenobjekte jedoch ein stochastisches Gesamtbild ergibt, lassen sich mit quantifizierbaren Unsicherheiten objektive Voraussagen treffen.	1	2	
e.	Am Rand ist die Aufenthaltswahrscheinlichkeit Null, also gilt: $a = n \cdot \frac{\lambda}{2} \quad n \in \mathbb{N} \quad W_{kin} = \frac{1}{2} m_e v^2 = \frac{p^2}{2m_e}$ $\lambda = \frac{h}{p} \rightarrow a = n \cdot \frac{h}{2p} \rightarrow p = \frac{h}{2a} \cdot n$ $W_{kin} = \frac{1}{2m_e} \cdot \frac{h^2}{4a^2} \cdot n^2 = \frac{h^2}{8m_e a^2} \cdot n$	2	4	
f.	Aus $\Delta W = h \cdot f$ folgt $\frac{h^2}{8 \cdot a^2 \cdot m_e} \cdot (2^2 - 1^2) = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ $\lambda = \frac{8 \cdot c \cdot a^2 \cdot m_e}{3 \cdot h} = \frac{8 \cdot 2,998 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot (10^{-10} m)^2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} kg}{3 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} Js} = 1,0985 \cdot 10^{-8} m \approx 11 nm$	5		
g.	$\psi'(x) = k \cdot \frac{n \cdot \pi}{a} \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \pi}{a} \cdot x\right)$ $\psi''(x) = -k \cdot \frac{n^2 \cdot \pi^2}{a^2} \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi}{a} \cdot x\right)$ Einsetzen ergibt: $-k \cdot \frac{n^2 \cdot \pi^2}{a^2} \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi}{a} \cdot x\right) + \frac{8\pi^2 m_e}{h^2} \cdot W \cdot k \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi}{a} \cdot x\right) = 0$ $-\frac{n^2 \cdot \pi^2}{a^2} + \frac{8\pi^2 m_e}{h^2} \cdot W = 0$ Und daraus: $W = \frac{h^2}{8 \cdot a^2 \cdot m_e} \cdot n^2$ Die $\psi(x)$ -Funktion selbst hat keinerlei physikalische Bedeutung, sondern ist als mathematisches Konstrukt nur ein Hilfsmittel, mit Hilfe dessen man über Quadrieren und Integration zur Berechnung von Aufenthaltswahrscheinlichkeiten gelangt.	4	4	
h.	Durch Integration der Dichtefunktion erhält man die Aufenthaltswahrscheinlichkeit im Integrationsbereich als Flächenmaß. Da das gesamte Flächenmaß (Summe aller Wahrscheinlichkeiten) den Wert 1 besitzt, beträgt die gezeigte Aufenthaltswahrscheinlichkeit ca. $p \approx 0,5$. Das Bohrsche Atommodell sieht für die Elektronen exakte Bahnradien vor. In diesem Modell gibt es zwar bevorzugte Aufenthaltsradien, doch kann das Elektron sich auch außerhalb dieser Bereiche aufhalten.		3	2
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		20	25	5

Aufgabe 3 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
a.	<p>Die Isotope unterscheiden sich im Aufbau: Th-232 besteht aus 90 Protonen und 142 Neutronen. Th-228 besteht ebenfalls aus 90 Protonen, besitzt im Vergleich zu Th-232 aber weniger Neutronen, nämlich 138. Weitere Unterschiede gibt es bei der Atommasse, der Strahlungsenergie, der Halbwertszeit. (Andere sinnvolle Unterschiede sollen ebenfalls mit der vollen Punktzahl bewertet werden).</p> <p>Als Isotope bezeichnet man Nuklide, die demselben Element angehören, also aus derselben Anzahl Protonen bestehen, aber dazu unterschiedlich vielen Neutronen besitzen.</p> <p>Für den Kernradius gilt $r_A \sim \sqrt[3]{A}$, für das Volumen gilt $V_A \sim A$ und damit für die betrachteten Verhältnisse: $\frac{r_{Th-232}}{r_{Th-228}} \sim \frac{\sqrt[3]{232}}{\sqrt[3]{228}} \approx 1,0058$ und</p> $\frac{V_{Th-232}}{V_{Th-228}} \sim \frac{232}{228} \approx 1,018$	4	2	
b.	<p>Es sind drei α-Zerfälle und zwei β^--Zerfälle. Die Massenzahl sinkt um 12 von 244 auf 232. Dies ist durch drei α-Zerfälle möglich, durch die die Ordnungszahl um 6 von 94 auf 88 sinkt. Um auf die Ordnungszahl 90 bei gleichbleibender Massenzahl zu kommen, sind noch zwei β^--Zerfälle nötig.</p> <p>Zerfallsgleichung: ${}_{90}^{232}\text{Th} \rightarrow {}_{88}^{228}\text{Ra} + \alpha (+\gamma + W)$</p> <p>Die ersten 5 Zerfälle in der Thoriumreihe ab Th-232:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>Die Abbildung der Zerfälle in einem Ausschnitt einer Nuklidkarte wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</p> </div>	4	3	
c.	<p>α-Strahlen lassen sich sehr leicht abschirmen, z.B. schon durch ein Blatt Papier. Daher können die α-Strahlen nicht durch das Kunststoffglas der Dose hindurch austreten.</p> <p>Um nur die γ-Strahlung zu untersuchen, könnte man die β^--Strahlung durch ein geeignetes Material im Strahlengang, z.B. eine 2-3 mm dicke Pb-Platte abschirmen.</p> <p>Eine andere Möglichkeit wäre es, die β^--Strahlung mit Hilfe eines Magneten direkt vor der Strahlenquelle aus dem Strahlengang zum Zählrohr heraus zu filtern.</p>		4	

	(Sämtliche Antworten, welche sich aus der Behandlung des Themas im Unterricht ergeben, sind entsprechend zu werten.)																																				
d.	<p>Wenn $Z \sim \frac{1}{d^2}$, dann ist auch $d^2 \cdot Z = k$ und umgekehrt. Letzteres kann durch einfache Rechnungen überprüft werden und ist in guter Näherung der Fall, wie die folgende Tabelle zeigt.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>d in m</th> <th>Z in 1/(4 min)</th> <th>d²Z in m²/(4 min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,05</td><td>6200</td><td>15,5</td></tr> <tr><td>0,10</td><td>1600</td><td>16,0</td></tr> <tr><td>0,15</td><td>700</td><td>15,8</td></tr> <tr><td>0,20</td><td>400</td><td>16,0</td></tr> <tr><td>0,25</td><td>250</td><td>15,6</td></tr> <tr><td>0,30</td><td>170</td><td>15,3</td></tr> <tr><td>0,35</td><td>130</td><td>15,9</td></tr> <tr><td>0,40</td><td>90</td><td>14,4</td></tr> <tr><td>0,45</td><td>75</td><td>15,2</td></tr> <tr><td>0,50</td><td>60</td><td>15,0</td></tr> </tbody> </table> <p>Der Mittelwert der beispielsweise ersten fünf Werte beträgt 15,8 m²/(4 min). Damit ergäbe sich der funktionale Zusammenhang</p> $Z(d) = \frac{15,8}{d^2} \cdot \frac{\text{m}^2}{4 \text{ min}}.$ <p>Regel: Man sollte einen möglichst großen Abstand zu Strahlungsquellen einhalten.</p>	d in m	Z in 1/(4 min)	d ² Z in m ² /(4 min)	0,05	6200	15,5	0,10	1600	16,0	0,15	700	15,8	0,20	400	16,0	0,25	250	15,6	0,30	170	15,3	0,35	130	15,9	0,40	90	14,4	0,45	75	15,2	0,50	60	15,0	2	5	1
d in m	Z in 1/(4 min)	d ² Z in m ² /(4 min)																																			
0,05	6200	15,5																																			
0,10	1600	16,0																																			
0,15	700	15,8																																			
0,20	400	16,0																																			
0,25	250	15,6																																			
0,30	170	15,3																																			
0,35	130	15,9																																			
0,40	90	14,4																																			
0,45	75	15,2																																			
0,50	60	15,0																																			
e.	<p>Die Gefahr folgt aus der hohen Energie der Strahlungsteilchen.</p> <p>α-Strahlung wechselwirkt mit Materie z.B. durch die Coulomb-Wechselwirkung durch Ionisation oder Anregung von Hüllenelektronen gestoßener Atome. Dabei wird die Energie der Strahlung an ein Hüllenelektron abgegeben, welches in ein höheres Energieniveau angehoben wird, oder das Atom ionisiert.</p> <p>γ-Strahlung wechselwirkt mit Materie z.B. durch den Comptoneffekt. Dabei verliert das Photon die Energie durch Streuung an den gebundenen Elektronen.</p> <p>Die Ionisation von Atomen im Körper kann zu Molekül- und damit zu Zelldefekten führen. Dadurch entstehen Schäden in der Erbsubstanz. Langfristig können diese beispielsweise Leukämie, Tumore oder genetische Schäden nach sich ziehen.</p> <p>(Sämtliche richtige Antworten, welche sich aus der Behandlung des Themas im Unterricht ergeben, sind entsprechend zu werten.)</p>	3	2																																		
f.	<p>Die Äquivalentdosis H berücksichtigt im Gegensatz zur Energiedosis D durch den Qualitätsfaktor Q die unterschiedliche biologische Wirksamkeit der Strahlungsarten. Es gilt der Zusammenhang $H = Q \cdot D$.</p> <p>Die Energiedosis wird in der Einheit Gray angegeben, die Äquivalentdosis wird in der Einheit Sievert angegeben.</p>	2	1																																		

g.	<p>Berechnung der Aktivität:</p> $D = \frac{W_{\text{Ges}}}{m} \Leftrightarrow W_{\text{Ges}} = D \cdot m = 0,0325 \text{ Gy} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 4,875 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ <p>Die Gesamtenergie ergibt sich als Produkt aus Alphaenergie, Aktivität und Bestrahlungszeitraum:</p> $W_{\text{Ges}} = W_{\alpha} \cdot A \cdot \Delta t \Leftrightarrow A = \frac{W_{\text{Ges}}}{W_{\alpha} \cdot \Delta t} = \frac{4,875 \cdot 10^{-5} \text{ J}}{4,784 \cdot 10^6 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 10 \cdot 3600 \text{ s}}$ $\Rightarrow A = 1767 \text{ Bq}$ <p>Da sich Curie das Präparat auf die Haut geklebt hat, kann man davon ausgehen, dass etwa 50 % der vom Präparat abgegebenen Strahlung von der Haut aufgenommen wird. Die Gesamtaktivität des Präparats beträgt dann $A = 3534 \text{ Bq}$.</p> <p>Berechnung der Äquivalentdosis: Die Äquivalentdosis in Sv kann mit Hilfe des Zusammenhangs $H = Q \cdot D$ mit $Q = 20$ für Alphastrahlung bestimmt werden: $H = Q \cdot D = 20 \cdot 0,0325 \text{ Gy} = 0,65 \text{ Sv}$</p>	1	3	2
h.	<p>Die Werte für die mittleren Energien pro Nukleon der beteiligten Kerne können dem Diagramm entnommen werden: Für U-233 beträgt diese etwa -7,5 MeV, für Ba-138 etwa -8,3 MeV und für Kr-94 etwa -8,5 MeV. Zur Abschätzung der Energie wird die Differenz der Bindungsenergien der Kerne gebildet:</p> $233 \cdot (-7,5 \text{ MeV}) - (138 \cdot (-8,3 \text{ MeV}) + 94 \cdot (-8,5 \text{ MeV})) = 196,9 \text{ MeV}$ <p>Berechnung des genauen Energiebetrags mit Hilfe des Massendefekts:</p> $\Delta m = m_{\text{U-233}} + m_{\text{n}} - (m_{\text{Ba-138}} + m_{\text{Kr-94}} + 2 \cdot m_{\text{n}})$ $= 232,9891659 \text{ u} + 1,0086649 \text{ u} - (137,8745268 \text{ u} + 93,9146114 \text{ u} + 2 \cdot 1,0086649 \text{ u})$ $= 0,1913628 \text{ u} = 3,1785 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$ $W = \Delta m \cdot c^2 = 3,1785 \cdot 10^{-28} \text{ kg} \cdot \left(2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2$ $= 2,85 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 178,3 \text{ MeV}$	2	4	2
i.	<p>Die Neutronen können in den Brennstäben im Kernreaktor, die spaltbares Material enthalten, weitere Spaltungen auslösen. Dabei werden wiederum Neutronen erzeugt, die ihrerseits erneut Kernspaltungen verursachen können. So entsteht eine Kettenreaktion, die in Kernreaktoren kontrolliert abläuft.</p>	2	1	
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		20	25	5