

Die Reihenfolge der einzelnen Unterrichtsvorhaben wird von den Jahrgangsstufenteams abgesprochen. Die jeweiligen Vorgaben für das Zentralabitur sind zusätzlich zu beachten.

Diese Ausführungen geben lediglich einen Überblick. Es gibt Gestaltungsfreiräume, so dass auch weitere Themen fakultativ behandelt werden können.

Berufswahlorientierung **Einsatz moderner Medien** **Umwelt- und Gesundheitserziehung** **Fächerübergreifender Unterricht**

Unterrichtsvorhaben	Kompetenzschwerpunkte	Kontext und Leitfrage	Inhaltsfeld, Inhaltlicher Schwerpunkt	Zeitbedarf ungefähr
I	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E2 Wahrnehmung und Messung	Erforschung des Mikro- und Makrokosmos Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?	Strahlung und Materie <ul style="list-style-type: none"> Energiequantelung der Atomhülle Spektrum der elektromagnetischen Strahlung 	13 Std.
II	UF1 Wiedergabe B3 Werte und Normen B4 Möglichkeiten und Grenzen	Mensch und Strahlung Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?	Strahlung und Materie <ul style="list-style-type: none"> Kernumwandlungen Ionisierende Strahlung Spektrum der elektromagnetischen Strahlung 	9 Std.
III	UF3 Systematisierung E6 Modelle	Forschung am CERN und DESY Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?	Strahlung und Materie <ul style="list-style-type: none"> Standardmodell der Elementarteilchen 	6 Std.
IV	UF1 Wiedergabe E6 Modelle	Navigationssysteme Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Einfluss der Zeit?	Relativität von Raum und Zeit <ul style="list-style-type: none"> Konstanz der Lichtgeschwindigkeit Zeitdilatation 	5 Std.
V	UF4 Vernetzung B1 Kriterien	Teilchenbeschleuniger Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?	Relativität von Raum und Zeit <ul style="list-style-type: none"> Veränderlichkeit der Masse Energie-Masse Äquivalenz 	6 Std.
VI	E7 Arbeits- und Denkweisen K3 Präsentation	Das heutige Weltbild Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?	Relativität von Raum und Zeit <ul style="list-style-type: none"> Konstanz der Lichtgeschwindigkeit Zeitdilatation Veränderlichkeit der Masse Energie-Masse Äquivalenz 	2 Std.

Inhaltsfeld: *Strahlung und Materie (GK)*

Kontext: *Erforschung des Mikro- und Makrokosmos*

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),	Literaturrecherche, Schulbuch	Ausgewählte Beispiele für Atommodelle
Energieniveaus der Atomhülle (2 Ustd.)	erklären die Energie absorbiertes und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	Erzeugung von Linienspektren mithilfe von Gasentladungslampen	Deutung der Linienspektren
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	Franck-Hertz-Versuch	Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)
Röntgenstrahlung (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	Aufnahme von Röntgenspektren (kann mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch geschehen, falls keine Schulröntgeneinrichtung vorhanden ist)	Im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden Mögliche Ergänzungen: Bremspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Sternspektren und Fraunhoferlinien (3 Ustd.)	interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1), erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2), stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1)	Flammenfärbung Darstellung des Sonnenspektrums mit seinen Fraunhoferlinien Spektralanalyse	u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)
13 Ustd.	Summe		

Kontext: Mensch und Strahlung

Leitfrage: Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kernumwandlungen, Ionisierende Strahlung, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(B3) an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten,

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Strahlungsarten (2 Ustd.)	unterscheiden α -, β -, γ -Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3), erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3)	Recherche Absorptionsexperimente zu α-, β-, γ-Strahlung	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I
Elementumwandlung (1 Ustd.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Nuklidkarte	

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Detektoren (3 Ustd.)	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (<i>Geiger-Müller-Zählrohr</i>) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),	Geiger-Müller-Zählrohr	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.
Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe Dosimetrie (3 Ustd.)	<p>beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),</p> <p>bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4),</p> <p>begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4),</p> <p>erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2).</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4)</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4),</p>	ggf. Einsatz eines Films / eines Videos	<p>Sinnvolle Beispiele sind die Nutzung von ionisierender Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle technische Anlagen.</p> <p>Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffe: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis</p>
9 Ustd.	Summe		

Kontext: *Forschung am CERN und DESY*

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Standardmodell der Elementarteilchen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6), erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1). recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).	In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich. Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.	Mögliche Schwerpunktsetzung: Paarerzeugung, Paarvernichtung,
(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept (2 Ustd.)	vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).	Lehrbuch, Animationen	Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Problematik dieser Modelle thematisieren
6 Ustd.	Summe		

Inhaltsfeld: *Relativität von Raum und Zeit (GK)*

Kontext: *Navigationssysteme*

Leitfrage: Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Relativität der Zeit (5 Ustd.)</p>	<p>interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4),</p> <p>erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),</p> <p>erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfalls</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1).</p> <p>erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3),</p> <p>begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2),</p> <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</p>	<p>Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation)</p> <p>Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation)</p> <p>Myonenzerfall (Experimentepool der Universität Wuppertal)</p>	<p>Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen</p> <p>Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments</p> <p>Herleitung der Formel für die Zeitdilatation am Beispiel einer „bewegten Lichtuhr“.</p> <p>Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation. Betrachtet man das Bezugssystem der Myonen als ruhend, kann die Längenkontraktion der Atmosphäre plausibel gemacht werden.</p> <p>Die Formel für die Längenkontraktion wird angegeben.</p>
5 Ustd.	Summe		

Kontext: *Teilchenbeschleuniger*

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (2 Ustd.)	erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),	Zyklotron (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)	Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.
Ruhemasse und dynamische Masse (4 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1). zeigen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)	Film / Video	Die Formeln für die dynamische Masse und $E=mc^2$ werden als deduktiv herleitbar angegeben. Erzeugung und Vernichtung von Teilchen, Hier können Texte und Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden.
6 Ustd.	Summe		

Kontext: *Das heutige Weltbild*

Leitfrage: Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation, Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

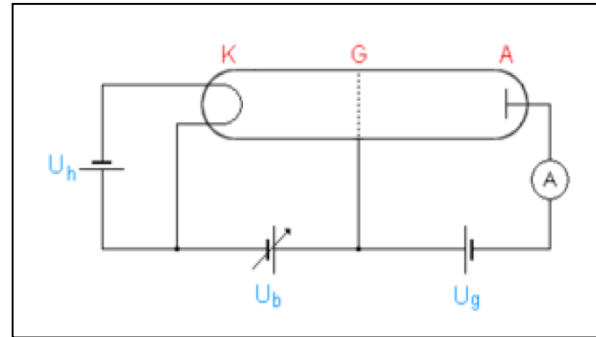
(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)	Lehrbuch, Film / Video	
2 Ustd.	Summe		

Beispielklausur Q2

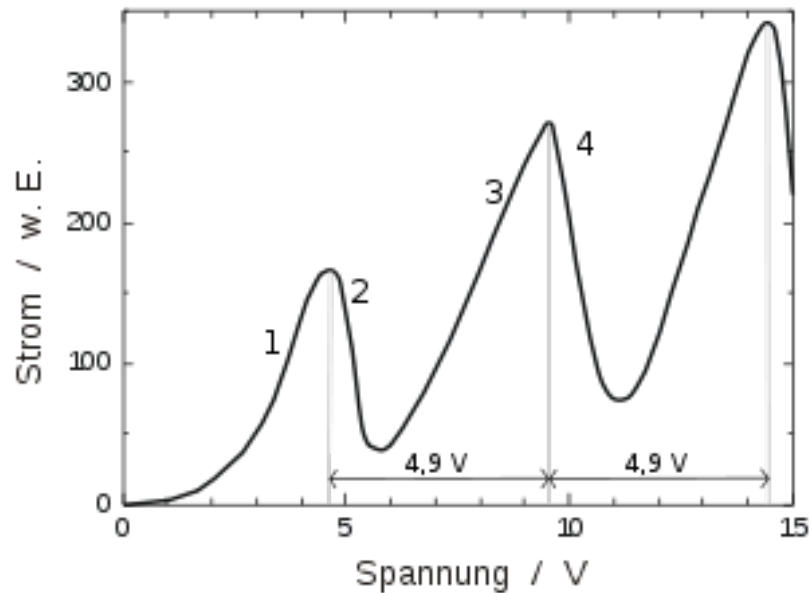
1. Aufgabe: Franck-Hertz-Versuch und Bohrsches Atommodell

Versuchsaufbau zum Franck-Hertz Versuch:



In einer Franck-Hertz-Röhre befindet sich das Edelgas Neon. Die Beschleunigungsspannung U_b wird im Bereich von 0 V bis 15 V verändert, eine geeignete Gegenspannung U_g liegt an. Gemessen wird die Auffangstromstärke I_A in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U_b .

a. Erläutere die in der Abbildung dargestellte Kurve.



(10 Punkte)

b. (1) *Beschreibe den Aufbau eines Atoms im Bohrschen Atommodell.*

Erläutere, welche Rolle dabei der Coulombschen Anziehungskraft zwischen elektrischen Ladungen zukommt und welche Bedeutung die Kernkräfte für den Aufbau eines Atoms haben.

(2) Im Bohrschen Atommodell gilt im H-Atom für die Geschwindigkeit des Elektrons auf der n-ten Bahn $v_n = \frac{e^2}{2h\epsilon_0 n}$.

Leite diese Gleichung aus den Bohrschen Postulaten her und berechne die Geschwindigkeit für die erste Bahn.

(3) *Erläutere, was nach der Bohrschen Vorstellung in der Atomhülle geschieht, wenn das Atom Licht aussendet und warum dieses Atom dann nur Licht bestimmter Frequenzen aussendet.*

(23 Punkte)

c. Für die Energiedifferenz zwischen der m-ten und der n-ten Bahn ($n > m$) im H-Atom gilt im Bohrschen Modell $\Delta W = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$.

(1) *Welche Frequenz hat das ausgesandte Licht dann, wenn das Elektron von der 4. Bahn auf die 2. Bahn zurückfällt?*

(2) *Was versteht man unter Ionisation eines Atoms und welche Energie ist zur Ionisierung des H-Atoms mindestens erforderlich, wenn das Elektron sich vorher auf der ersten Bahn befindet?*

(7 Punkte)

d. Bei dem oben beschriebenen Experiment mit einem anderen Füllgas zeigt sich bei einer Spannung von 20 V nahe dem Gitter eine rote Leuchterscheinung, die sich bei Erhöhung der Spannung in Richtung Kathode verlagert.

(1) *Begründe das beschriebene Wandern der Leuchterscheinung in der Röhre.*

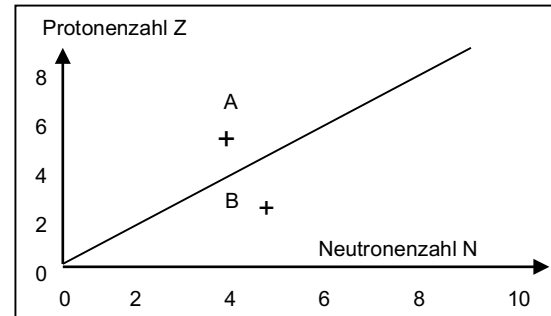
(2) *Stelle eine Hypothese auf, welche Beobachtung du erwartest, wenn die Spannung Werte oberhalb von 40 V erreicht?*

(3) *Zeige durch Rechnung, dass sich bei einer Spannung von etwa 20 V eigentlich kein sichtbares Licht erwarten lässt. Überlege, wieso dieses Licht möglicherweise dennoch ausgesandt werden kann?*

(10 Punkte)

2.Aufgabe: Kernphysik

Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt einer Nuklidkarte. Die Linie wird im Bereich leichter Kerne als Stabilitätslinie bezeichnet. Atomkerne auf oder dicht neben dieser Linie sind stabil.



a. (1) Erläutere die Eigenschaften der Kerne, die außerhalb der Stabilitätslinie liegen.

(2) Gib die Kerne A und B in der üblichen Schreibweise mit Massen- und Ordnungszahl an.

(3) Einer der Kerne A, B ist ein β^+ , der andere ein β^- Strahler.

Gib für beide Atomkerne jeweils das Zerfallsschema an.

(12 Punkte)

b. (1) Nenne Eigenschaften von γ -Strahlung und bei welchen Kernzerfällen entsteht sie?

(2) Bei einem Versuch zur Abschirmung von γ -Strahlung werden bei einer Absorberdicke d_1 von 0,5 cm $k_1 = 6342$ und bei einer Dicke von $d_2 = 1,25$ cm $k_2 = 1896$ Impulse pro Minute gemessen. Die gemessenen Impulse nehmen mit der Absorberdicke nach dem Gesetz $k(d) = k_0 \cdot e^{-\mu d}$ ab, wobei für μ gilt: $\mu = \frac{\ln 2}{d_{1/2}}$, mit $d_{1/2}$ = Halbwertsdicke.

Berechne die Anzahl k_0 der Impulse ohne Absorber und die Halbwertsdicke des verwendeten Materials.

(3) Das in der Schule verwendete radioaktive Präparat ^{137}Cs ist ein β^- Strahler, bei dem Zerfall entsteht ^{137}Ba , dabei wird auch γ -Strahlung freigesetzt.

Berechne, welche Energie die dabei entstehende γ -Strahlung maximal haben kann.

(4) Das Präparat hat eine Aktivität von 6 kBq. Seine Halbwertszeit beträgt 30,3 Jahre.

Berechne, wie viele Cs-Atome in dem Präparat vorhanden sind und wie hoch die Aktivität des Präparats in 100 Jahren ist.

(23 Punkte)

c. Bei Altersbestimmungen in der Geologie spielt die Kalium – Argon - Methode eine große Rolle. Das Nuklid ^{40}K zerfällt mit einer Halbwertszeit $T_H = 1,3 \cdot 10^9$ Jahre. 11% der Zerfälle führen zu stabilem ^{40}Ar , der Rest zu stabilem Calcium. Aus geschmolzenem Gestein entweicht das Edelgas Argon, so dass eine heute untersuchte Probe nur das seit der Erstarrung entstandene ^{40}Ar enthält. Über das Mutter-Tochter-Isotopenverhältnis lässt sich die verstrichene Zeit t seit der Erstarrung bestimmen.

(1) Leite für diese Zeit t die Gleichung $t = \frac{T_H}{\ln 2} \cdot \ln\left(1 + \frac{N_{Ar}}{0,11 \cdot N_K}\right)$ her. Dabei ist N_{Ar} die Zahl der nach der Erstarrung gebildeten ^{40}Ar -Atome und N_K die Zahl der noch vorhandenen ^{40}K -Atome in der Probe.

(2) Die Masse des ^{40}Ar in einer Gesteinsprobe wird mit $m_{Ar} = 2,8 \cdot 10^{-5}$ g (die Masse eines ^{40}Ar -Atoms beträgt 39,96 u) bestimmt. Die Messung der Aktivität des enthaltenen ^{40}K ergibt 7,7 kBq.

Berechne N_{Ar} und N_K in der Probe.

Berechne, vor wie vielen Jahren das Gestein erstarrte.

(15 Punkte)