

Schulinternes Curriculum Physik – Qualifikationsphase

| | GK | LK |
|----|--|---|
| Q1 | <ul style="list-style-type: none"> • Elektrik <ul style="list-style-type: none"> ◦ Ladungen und Felder ◦ Elektromagnetismus • Relativitätstheorie | <ul style="list-style-type: none"> • Elektrik <ul style="list-style-type: none"> ◦ Ladungen und Felder ◦ Elektromagnetismus ◦ Elektromagnetische Schwingungen und Wellen: Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung • Relativitätstheorie |
| Q2 | <ul style="list-style-type: none"> • Elektrik <ul style="list-style-type: none"> ◦ Elektromagnetische Schwingungen und Wellen • Quantenphysik • Atom-, Kern- und Teilchenphysik | <ul style="list-style-type: none"> • Elektrik <ul style="list-style-type: none"> ◦ Elektromagnetische Schwingungen und Wellen: Erforschung der Welleneigenschaften elektromagnetischer Strahlung • Quantenphysik • Atom-, Kern- und Teilchenphysik |

Inhaltsfeld Elektrik

Ladungen und Felder

| Wo. | Kontext | Inhalte | Kompetenzen (GK): Die SuS ... | Kompetenzen (LK): Die SuS ... | Kommentare |
|-----|---|---|---|--|---|
| | Untersuchung von Elektronen mit Messapparaturen | Elektrostatik, Influenz (LK) E- und B-Felder, Begriff der Feldstärke Feldlinienmodell (LK) Spannung und elektrische Energie Energie in E- und B-Feldern (LK) | beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1), definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2), | erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6), erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4), erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6), | (E-/B-/g-)Feldstärke := Kraft pro „vom Feld beeinflusste Größe“ (Versuche: Plattenkondensator bzw. Stromwaage) Potential in E-Feldern (LK) Kondensatoren: - als Speicher von elektrischer Energie - Versuche zur Auf- und Entladung, Mo- |

| | | | | | |
|--|--|---|--|---|--|
| | | <p>Auf- und Entladung von Kondensatoren (LK)</p> <p>Bewegung von Ladungsträgern in homogenen E- und B-Feldern</p> <p>Lorentzkraft</p> <p>Elementarladung und Elektronenmasse</p> | <p>bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2),</p> <p>erläutern anhand einer vereinfachten Version des Millikanversuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Ele-</p> | <p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1),</p> <p>erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (UF2, UF4, B1),</p> <p>ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator bzw. Spule) (UF2),</p> | <p>dellierung mittels DGL (LK)</p> <p>Millikan-Versuch (Computersimulation)</p> |
|--|--|---|--|---|--|

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|
| | | | <p>mentarladung (UF1, E5),</p> <p>modellieren Vorgänge im Fadenstrahlrohr (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5).</p> | <p>beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6),</p> <p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),</p> <p>schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der e/m-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2).</p> | <p>Versuche zur Bewegung von Ladungen in Feldern: Fadenstrahlrohr, Wien-Filter, Hall-Effekt</p> |
|--|--|--|--|--|---|

Elektromagnetismus

| Wo. | Kontext | Inhalte | Kompetenzen (GK): Die SuS ... | Kompetenzen (LK): Die SuS ... | Kommentare |
|-----|---|--|---|--|---|
| | Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie | <p>Elektromagnetische Induktion</p> <p>Induktionsgesetz (LK)</p> | <p>erläutern am Beispiel der Leiterschaukel das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2,</p> | <p>planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),</p> <p>führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung</p> | <p>Versuche zur Induktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stationenlernen zum Einstieg (insb. „Leiterschaukel“, Trafogesetze) - Schlittenversuch zur Bestätigung der Beziehung $U = B \cdot l \cdot v$ |

| | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|
| | | | <p>E6), führen Induktionserscheinungen an einer Leiterschleife auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p> <p>recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),</p> | <p>einer Wechselspannung) (E6), identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4), erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (K1, K3, UF3), wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4), treffen im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> | <p>- Rotation einer Spule im homogenen B-Feld - ruhende Induktionsspulen in Feldspule</p> |
| | | Lenzsche Regel | <p>erläutern anhand des Thomsonschen Ringversuchs die Lenzsche Regel (E5, UF4), bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),</p> | <p>bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6), begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4).</p> | <p>Versuche zur Lenzschen Regel: Stationenlernen (insb. Thomsonscher Ringversuch, Wirbelstrombremse)</p> |
| | | Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen | <p>erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6),</p> | | |
| | | Transformator | <p>geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),</p> | | |

| | | | | | |
|--|--|---|--|--|---|
| | | <p>ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim Transformator (UF1, UF2),</p> <p>verwenden ein physikalisches Modellexperiment zu Freileitungen, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),</p> <p>„Ohmsche Verluste“ beim Transport elektrischer Energie</p> <p>bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1),</p> <p>beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4),</p> <p>zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),</p> <p>erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3).</p> | | | <p>Modellversuch zur Fernleitung elektrischer Energie</p> |
|--|--|---|--|--|---|

Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

| Wo. | Kontext | Inhalte | Kompetenzen (GK): Die SuS ... | Kompetenzen (LK): Die SuS ... | Kommentare |
|-----|--|--|-------------------------------|--|--|
| | Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung (LK) | Ein- / Ausschaltvorgang bei Spulen (LK) (Harmonische) Schwingungen (LK) | | <p>erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1),</p> <p>erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der</p> | <p>Versuche zum Ein- / Ausschaltvorgang bei Spulen (LK)</p> <p>Aufzeigen von Analogien zwischen (harmonischen) me-</p> |

| | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|
| | | <p>Resonanz (LK)</p> <p>Elektromagnetischer Schwingkreis (LK)</p> <p>Hertz-Dipol und Abstrahlung elektromagnetischer Wellen (LK)</p> | | <p>Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),</p> <p>beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),</p> <p>beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6),</p> <p>erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6),</p> <p>beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6),</p> <p>erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6).</p> | <p>mechanischen und el.-magn. Schwingungen (LK)</p> <p>Versuche zur Rückkopplung und Resonanz (u.a. Meißnerschaltung) (LK)</p> <p>Versuche zur Abstrahlung el.-magn. Wellen am Hertz-Dipol (LK)</p> |
| Erforschung der Welleneigenschaften elektromagnetischer Strahlung | <p>Elektromagnetische Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge, Frequenz - Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz - Huygens-Prinzip - Stehende Wellen (LK) - Informationsübertragung (LK) <p>Elektromagneti-</p> | <p>veranschaulichen mithilfe der Wellenwanne qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygensschen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem Oszilloskop bzw. mit einem Messwerterfassungssystem gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5),</p> | <p>beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6),</p> <p>erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1),</p> <p>ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5),</p> | <p>Lehrgang „Überlagerung von Wellen“ am Computer</p> <p>Analogien zu mechanischen Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SuS-Versuche mit Ultraschall - Wasserwellenwanne - Kundtsche Röhre (LK) <p>Versuche, insb. zu</p> | |

| | | | | | |
|--|--|---|--|--|---|
| | | <p>sches Spektrum</p> <p>Doppelspalt und Gitter</p> | bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit Doppelspalt und Gitter (E5). | beschreiben die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima n-ter Ordnung her (E6, UF1, UF2). | Interferenzphänomenen, mit Zentimeterwellen, Mikrowellen, Licht |
|--|--|---|--|--|---|

Inhaltsfeld Relativitätstheorie

| Wo. | Kontext | Inhalte | Kompetenzen (GK): Die SuS ... | Kompetenzen (LK): Die SuS ... | Kommentare |
|-----|---------------------|--|---|---|--|
| | Gedankenexperimente | <p>Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</p> <p>Zeitdilatation und Längenkontraktion</p> <p>Relativität der Gleichzeitigkeit (LK)</p> | <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</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>erklären anschaulich mit der Lichtuhr grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),</p> <p>erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3),</p> <p>beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3).</p> | <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</p> <p>begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2),</p> <p>erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2),</p> <p>leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5),</p> <p>reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7),</p> <p>begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6),</p> <p>beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3).</p> | Visualisierung der Gedankenexperimente durch Applets |

| | | | | | |
|--|---|--|---|---|---|
| | <p>Experimenteller Nachweis relativistischer Phänomene in der Forschung und alltägliche Anwendungen</p> | <p>Relativistische Massenzunahme</p> <p>Energie-Masse-Äquivalenz</p> <p>Aspekte der Allgemeinen Relativitätstheorie (LK)</p> | <p>interpretieren das Michelson-Morley-Experiment als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4),</p> <p>erläutern qualitativ den Myonenzerfall in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1),</p> <p>diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7),</p> <p>erläutern die Funktionsweise eines Zyklotrons und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),</p> <p>erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1).</p> | <p>begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6),</p> <p>erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1),</p> <p>erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3),</p> <p>erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1),</p> <p>berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2),</p> <p>beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4),</p> <p>bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1),</p> <p>beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4),</p> <p>veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“ (K3),</p> <p>bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen</p> | <p>Michelson-Morley-Experiment (Computersimulation)</p> |
|--|---|--|---|---|---|

Inhaltsfeld Quantenphysik

| Wo. | Kontext | Inhalte | Kompetenzen (GK): Die SuS ... | Kompetenzen (LK): Die SuS ... | Kommentare |
|-----|-------------------------|--|---|--|---|
| | Erforschung des Photons | Photoeffekt und Erklärung mit Lichtquantenmodell | demonstrieren anhand eines Experiments zum Photoeffekt den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2), | <p>erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3),</p> <p>erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einsteinsche Lichtquantenhypothese (E6, E1),</p> <p>legen am Beispiel des Photoeffekts und seiner Deutung dar, dass neue physikalische Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Weltbildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können (E7),</p> <p>beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2),</p> <p>ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Plancksche Wirkungsquantum (E5, E6),</p> | <p>Versuche zum Photoeffekt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hallwachs-Versuch - h-Bestimmung mit Gegenfeldmethode - h-Bestimmung mit Leuchtdioden (optional) |
| | | Röntgenstrahlung | <p>erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),</p> <p>erläutern die Bedeutung von Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse, die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuches so-</p> | <p>beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),</p> <p>erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Braggsche Reflexionsbedingung her (E6),</p> | <p>Versuche mit dem Röntgengerät:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aufnahme eines Röntgenspektrums - h-Bestimmung mittels kurzwelliger Grenze des Spek- |

| | | | | | |
|--|---|--|--|---|---|
| | | | <p>wie die charakteristischen Röntgenspektren für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7).</p> | <p>deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),</p> <p>erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1),</p> <p>stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1).</p> | <p>trums (LK)</p> <p>Compton-Effekt als Anwendung des relativistischen Impulses von Photonen (LK)</p> |
| Quantenobjekte und Gesetze des Mikrokosmos | <p>Streuung von Elektronen an Festkörpern</p> <p>de Broglie-Wellenlänge</p> <p>Psi-Funktion und Wahrscheinlichkeitsinterpretation</p> | <p>erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim Elektronenbeugungsexperiment an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4),</p> <p>erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7),</p> <p>zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4),</p> <p>untersuchen Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6),</p> <p>verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3),</p> <p>beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4).</p> | <p>interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),</p> <p>erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),</p> <p>diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6),</p> <p>diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),</p> <p>deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4),</p> <p>erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4),</p> <p>erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters</p> | <p>Versuch: Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit</p> <p>Online-Lehrgang zur Quantenmechanik</p> | |

| | | | | |
|--|--|---|---|--|
| | | <p>Heisenbergsche Unschärferelation (LK)</p> <p>Linearer Potentialtopf (LK)</p> | <p>mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3),</p> <p>erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7),</p> <p>erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenbergschen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6),</p> <p>bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).</p> | |
|--|--|---|---|--|

Inhaltsfeld Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik

| Wo. | Kontext | Inhalte | Kompetenzen (GK): Die SuS ... | Kompetenzen (LK): Die SuS ... | Kommentare |
|-----|----------------------------|---|--|--|--|
| | Geschichte der Atommodelle | <p>Bohrsches Atommodell als wichtiger Meilenstein</p> <p>Kern-Hülle-Modell und Übergänge zwischen den Energieniveaus bei Emission bzw. Absorption von Photonen</p> <p>Emissions- und Absorptionsspektren</p> <p>Fraunhoferlinien in</p> | <p>erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),</p> <p>erläutern die Bedeutung von Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse, die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuches sowie die charakteristischen Röntgenspektren für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),</p> <p>erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2),</p> | <p>geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),</p> <p>erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5),</p> <p>stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7),</p> | <p>Betrachtung der Spektren von Gasentladungslampen durch ein Gitter</p> <p>Versuche zu Flammenfärbungen, insb. Durchstrahlen einer Na-Flamme mit Na- bzw. Hg-Licht</p> <p>Beobachtung des Sonnenspektrums in der Sternwarte</p> |

| | | | | | |
|---|---|--|---|--|-----------------------------|
| | | <p>Sternspektren</p> | <p>interpretieren Spektraltafeln des Sonnenspektrums im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1),</p> <p>stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1).</p> | <p>formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohrschen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4).</p> | <p>Franck-Hertz-Versuch</p> |
| <p>Ionisierende Strahlung in der Umwelt</p> | <p>Kernbausteine, Isotopie</p> <p>Arten ionisierender Strahlung</p> <p>Elementumwandlung, Nuklidkarte</p> <p>Dosimetrie und biologische Wirkung ionisierender Strahlung</p> | <p>unterscheiden α-, β-, γ-Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwertonenstrahlung (UF3),</p> <p>erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),</p> <p>bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),</p> <p>erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (Geiger-Müller-Zählrohr) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),</p> <p>erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5),</p> <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</p> | <p>benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),</p> <p>identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2),</p> <p>bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1),</p> <p>benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),</p> <p>erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3),</p> <p>erläutern das Absorptionsgesetz für Gammastrahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),</p> <p>entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5),</p> | <p>SuS-Versuche (Radioaktivitätskästen)</p> | |

| | | | | | |
|--|-------------------------------|--|---|---|--|
| | | | <p>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> | <p>nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3),</p> <p>leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6),</p> <p>bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2),</p> <p>erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),</p> <p>stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4),</p> <p>beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4).</p> | |
| Energiegewinnung durch nukleare Prozesse | Bindungsenergie, Massendefekt | zeigen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3). | <p>beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3),</p> <p>bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1),</p> <p>beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4),</p> | | |

| | | | | | |
|--|--|---|--|---|--|
| | | | | <p>erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6),</p> <p>beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),</p> <p>hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).</p> | |
| | <p>Forschung an Teilchenbeschleunigern</p> | <p>Elementarteilchen des Standardmodells</p> <p>Modell der Wechselwirkung durch Austauschteilchen vs. Feldmodell, insb. am Beispiel der elektromagnetischen WW via Photonen</p> | <p>erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6),</p> <p>erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1),</p> <p>vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6),</p> <p>recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).</p> | <p>systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3),</p> <p>erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenbergschen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1),</p> <p>vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6),</p> <p>recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).</p> | |