

Stoffverteilungsplan

Physik – Qualifikationsphase Leistungskurs –

Die Relativität von Zeit und Raum (Q1)

| | | | | | | | |
|---------|---|--|---|---|---|--|---|
| Seite | METZLER PHYSIK Q | | auf der Grundlage von METZLER PHYSIK Q – Inhalte für einen fachbezogenen Kompetenzaufbau – | | | | |
| | Inhalte | Kontexte | Fachwissen | Erkenntnisgewinnung | Kommunikation | Bewertung | Experimente und Materialien / Kommentar |
| | DIE RELATIVISTISCHE KINEMATIK | | | | | | |
| 350-351 | <p>Die Relativitätspostulate</p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p> <p>Michelson-Morley-Experiment</p> <p>Basiskonzept: Wechselwirkung</p> | <p>GPS – Navigation mit Satelliten</p> <p>Schulversuch zum Prinzip des Michelson-Morley-Experiments</p> | <ul style="list-style-type: none"> SuS kennen die Relativitätspostulate (E3). SuS kennen die Zielsetzung des Michelson-Morley-Experiments (E6). SuS begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die Additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2). | <ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1). SuS interpretieren den Ausgang des Michelson-Morley-Experiments als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4). | <p>SuS diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln am Beispiel des Michelson-Morley-Experiments (B4, E7).</p> | <ul style="list-style-type: none"> SuS recherchieren die Gründe, die zur jahrzehntelangen Ablehnung der Relativitätstheorie führten (K2, K3). | <ul style="list-style-type: none"> EINSTEINS Leben und seine wissenschaftliche Leistung (Grundkursbuch S. 179) |
| 352/353 | Relative Gleichzeitigkeit | | <ul style="list-style-type: none"> SuS wissen, wie mit der Einstein-Synchronisation Uhren in einem Inertialsystem gleichzeitig in Gang gesetzt werden (UF1, E3). SuS erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2). | | | | |

| | | | | | | | |
|---------|---|--|--|---|--|--|----------------------------|
| 354/355 | Eigenzeit und Zeitdilatation Basiskonzept: Wechselwirkung | Lichtuhren | <ul style="list-style-type: none"> SuS erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (Lorentz-Faktor) (E6, E7). | <ul style="list-style-type: none"> SuS kennen den Unterschied zwischen der Zeit t in einem Inertialsystem I und der für ein bewegtes Objekt vergehenden Eigenzeit t_0 (UF1). SuS können die Aussage „<i>Bewegte Uhren gehen langsamer</i>“ erklären (E2). leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5). reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7) | <ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3). | | |
| 356 | Vertiefung: Zeitdilatation Basiskonzept: Wechselwirkung | Myonen im Speicherring, Zwilling-Paradoxon | <ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern die relativistische Zeitdilatation über eine Plausibilitätsbetrachtung (UF3, K3). | <ul style="list-style-type: none"> SuS können das <i>Myonen-Paradoxon</i> auch mit der Bewegung der Erde im Ruhesystem der Myonen erklären (E1). | | | |
| 3358 | Längenkontraktion Basiskonzepte: Wechselwirkung Struktur der Materie | Myonen in der Atmosphäre / Myonenzerfall | <ul style="list-style-type: none"> SuS kennen den Widerspruch zwischen der großen Anzahl der auf der Erdoberfläche nachgewiesenen Myonen und dem während ihrer Halbwertszeit zurückgelegten Weg (E3). | <ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfall</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Längenkontraktion (E5, UF1). Begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6). | | | |
| | Zeitdilatation durch Gravitation Basiskonzept: Wechselwirkung | Maryland-Experiment Das Vergehen der Zeit in Satelliten | <ul style="list-style-type: none"> SuS wissen, dass es neben dem relativistischen Zeiteffekt der Geschwindigkeit einen weiteren Zeiteffekt durch Gravitation gibt (UF1, E2). | <ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4) | | | Siehe Grundkursbuch S. 190 |
| 357 | Exkurs: Das Hafele-Keating-Experiment Basiskonzept: Wechselwirkung | Flug mit Atomuhren in Linienmaschinen rund um die Erde | <ul style="list-style-type: none"> SuS kennen das H-K-Experiment als ersten Nachweis der relativistischen Zeiteffekte mit Atomuhren (E4). | | | | |

| DIE RELATIVISTISCHE DYNAMIK | | | | | | | |
|---|---|-------------------------|--|---|---|--|---|
| 366/367 | Masse und Energie Basiskonzepte: Wechselwirkung Energie Struktur der Materie | | <ul style="list-style-type: none"> • SuS wissen, dass die <i>Ruheenergie</i> eine neue, klassisch nicht bekannte Energieform ist (E3). • SuS erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1). • SuS berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS verstehen die Gleichung $E = mc^2$ als Aussage, dass „Masse nichts anderes ist als Energie“ (UF4). • SuS erkennen, dass bei Teilchenreaktionen Ruheenergie und kinetische Energie ineinander umgewandelt werden können (UF1). • SuS wissen, dass bei der Paarvernichtung von Elektron und Positron deren Ruheenergie vollständig in die Energie von Photonen umgewandelt wird (UF1). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Energie-Masse Äquivalenz und erklären die Verschmelzung der beiden klassischen Erhaltungssätze von Energie und Masse zu einem einzigen Erhaltungssatz (UF1). | <ul style="list-style-type: none"> • Bewerten die Bedeutung der Beziehung $E = mc^2$ für die Bedeutung der Kernspaltung und der Kernfusion (B1, B3). | |
| | Relativistische Massenzunahme Basiskonzepte: Wechselwirkung Struktur der Materie Energie | Bertozzi-Versuch | <ul style="list-style-type: none"> • SuS kennen die Begriffe <i>Ruhemasse</i> und <i>dynamische Masse</i> und können die zugehörige Formel auf physikalische Beobachtungen anwenden (UF1, E2, E3). | | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern auf Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3) • SuS veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raumes“ (K3). | | <ul style="list-style-type: none"> • Bertozzi-Versuch z. B. bei Leifi-Physik |
| Probleme: Annihilation von Teilchen und Antiteichen am Ende der Q2 | | | | | | | |

Elektrik (Q1)

| Seite | METZLER PHYSIK Q | | Bausteine für ein Schulcurriculum auf der Grundlage von METZLER PHYSIK Q – Inhalte für einen fachbezogenen Kompetenzaufbau – | | | | |
|------------------------|--|--------------------------------|--|--|--|-----------|--|
| | Inhalte | Kontexte | Fachwissen | Erkenntnisgewinnung | Kommunikation | Bewertung | Experimente und Material / Kommentar |
| | EIGENSCHAFTEN ELEKTRISCHER LADUNGEN UND IHRER FELDER | | | | | | |
| 186-189 | Elektrische Ladungen | Elektrostatik, Influenz | <ul style="list-style-type: none"> SuS erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6) | <ul style="list-style-type: none"> SuS können die Eigenschaften von Elektronen identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren (E1). | | | Zusätzlich: Polarisierung und Faradaykäfig |
| 190 | Elektrische Feldstärke | Kondensator | <ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer Felder und erläutern die Definitionsgleichung der elektrischen Feldstärke (UF2, UF1). SuS erläutern den Feldbegriff und zeigen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld und Elektrischem Feld auf (UF3, E6). | | | | |
| 195 | Coulomb'sches Gesetz | | <ul style="list-style-type: none"> SuS wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2). | | | | |
| 196/197 | Darstellung elektrischer Felder | | | | <ul style="list-style-type: none"> erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4). | | |
| 198/199 202/ 203 | Energie im elektrischen Feld | Kondensator | <ul style="list-style-type: none"> SuS ermitteln die in elektrischen Feldern gespeicherte Energie (UF2). | <ul style="list-style-type: none"> SuS leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültigen Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke) | | | |

| | | | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|--|-----------------|
| | | | | aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2). | | | |
| 214-217 | Bewegung elektrischer Ladungen im elektrischen Feld | Elektronenstrahlröhre | <ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3) • ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträger nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1) | <ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen Feldern (E1, E2, E3, E4, E5, UF1, UF4) | | | |
| 224 | Auf- und Entladung eines Kondensators | | | <ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben qualitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladung- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6). | | | |
| BEWEGUNG VON LADUNGSTRÄGERN IN ELEKTRISCHEN UND MAGNETISCHEN FELDERN | | | | | | | |
| 230-233 | Magnetfelder | | <ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichung der magnetischen Feldstärke (UF2, UF1). • SuS erläutern den Feldbegriff und zeigen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6). | | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4). | | Stromwaage |
| 234-237 | Lorentz-Kraft | Fernsehröhre, Hall-Effekt | <ul style="list-style-type: none"> • SuS bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe der Drei-Finger-Regel (UF2, E6). • SuS wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS leiten physikalische Gesetze (u.a. den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2). | | | Polarlichter |
| 238/239 | Masse geladener Teilchen | Wien-Filter, Massenspektrometer | <ul style="list-style-type: none"> • SuS schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der e/m-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) | | | Fadenstrahlrohr |

| | | | | | | | |
|---------|--|---|--|--|--|--|--|
| | | | | (E1, E2, E3, E4, E5, UF1, UF4) | | | |
| 240/241 | | Zyklotron | | <ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4). | | | |
| | ELEKTROMAGNETISCHE INDUKTION | | | | | | |
| 252-259 | Elektromagnetische Induktion | Induktion, Spule Lenz'sche Regel | <ul style="list-style-type: none"> SuS bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6) | <ul style="list-style-type: none"> SuS führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Flächen in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung (E6). SuS identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4). SuS planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5). | <ul style="list-style-type: none"> begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4). | | Thomson'scher Ringversuch, Wirbelstrombremse, Drehender Ring im U-Magnet |
| 262 | Energie des Magnetfeldes | Spule | <ul style="list-style-type: none"> SuS ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie | | | | |
| | ELEKTROMAGNETISCHE SCHWINGUNGEN UND WELLEN | | | | | | |
| 272/273 | Erzeugung von Wechselspannung | | | | | | |
| 286/297 | Der elektrische Schwingkreis | Schwingkreis | <ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2). beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5) | <ul style="list-style-type: none"> erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1). | | | |

| | | | | | | | |
|---------|---------------------------------|--|---|---|---|--|--------------------|
| 292-295 | Elektromagnetische Welle | Hertz'scher Dipol | <ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6). • SuS erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6). • beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6). | | | | |
| 302-307 | Wellenoptik | Reflexion, Brechung, Beugung | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6). | | | | Mikrowellen, Laser |
| | | Interferenz am Doppelspalt und Gitter | | <ul style="list-style-type: none"> • 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). • ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5). | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1) | | |

Quantenphysik (Q2)

| | | | | | | | |
|-----|---|---|--|--|---|--|---|
| 215 | Der lichtelektrische Effekt Basiskonzept: Energie | UV-Licht ist energiereicher als sichtbares Licht. | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Übertragung von Energie vom Licht auf einzelne Elektronen beschreiben, erläutern und dabei die Wirkung von UV-Licht und sichtbarem Licht unterscheiden (UF1, UF2). • SuS können Zusammenhänge zwischen der Bräunung der Haut und der | <ul style="list-style-type: none"> • SuS demonstrieren mit dem Experiment zum lichtelektrischen Effekt den Quantencharakter von Licht (E2). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können sich mit anderen darüber austauschen, welche Vorstellung für die Wechselwirkung von Licht mit Elektronen angemessen ist, und dabei Be- | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können zur Frage der Gefährlichkeit von UV-Strahlung verschiedenen Perspektiven darstellen und eigene Standpunkte auf der Basis von Sachargumenten vertreten (B2). | Qualitatives Demo-Exp. mit poliertem Zink-Blech und UV-/IR-Lampe |
|-----|---|---|--|--|---|--|---|

| | | | | | | | |
|---|--|--|--|---|---|---|---|
| | | | Energieaufnahme von Elektronen erschließen und aufzeigen (UF4) | | hauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen (K4). | | |
| Energiemessung bei Fotoelektronen Basiskonzept: Energie | Licht bewirkt, dass Elektronen ein Metall verlassen. | | | <ul style="list-style-type: none"> SuS können kriteriengeleitet Versuche zum lichtelektrischen Effekt beobachten, Messungen erläutern und auswerten, den Einfluss von Intensität und Wellenlänge vorhersagen und mathematisch modellieren (E2, E3, E4, E5). | | | |
| Methode: Messung der Bewegungsenergie von Elektronen | | | | <ul style="list-style-type: none"> SuS können ein Modell zur Bewegung der Fotoelektronen beim lichtelektrischen Effekt entwickeln und die Energieübertragung quantitativ erklären oder vorhersagen (E5). | <ul style="list-style-type: none"> SuS können die Bewegung der Fotoelektronen beim lichtelektrischen Effekt adressatengerecht präsentieren (K3). | | |
| $E = h f$ Basiskonzept: Energie | Licht einer Wellenlänge überträgt nur ganz bestimmte Energiebeträge. | | | <ul style="list-style-type: none"> SuS demonstrieren anhand eines Experiments zum Photoeffekt den Quantencharakter von sichtbarem Licht (E2) und den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsenergie der Elektronen (E5). | | | h-Bestimmung (Mekruphy-Demoexperiment) mit Besprechung des Aufbaus mit Fotozelle zu h-Bestimmung |
| Umkehrung des lichtelektrischen Effekts Basiskonzept: Energie | Licht einer Wellenlänge nimmt nur ganz bestimmte Energiebeträge auf. | | | <ul style="list-style-type: none"> SuS können auf deduktive Weise Hypothesen zur Umkehrung des lichtelektrischen Effekts generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten (E3). | | | |
| Licht und Photonen Basiskonzept: Struktur und Materie | Ein Modell zur Energieübertragung mit Licht: das Photon | | | | <ul style="list-style-type: none"> SuS können die Eigenschaften von Photonen in ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen recherchieren | <ul style="list-style-type: none"> SuS zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodell für Licht auf (B4). | |

| | | | | | | | |
|----------|---|---|--|---|---|--|--|
| | | | | | ren und vergleichend beurteilen (K2). | | |
| 331, 382 | Röntgenstrahlung Basiskonzept: Energie Wechselwirkung | Entstehung des kontinuierlichen und charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Entstehung von Röntgenstrahlung unter Verwendung von Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern (UF1). • SuS unterscheiden das kontinuierliche und das charakteristische Röntgenspektrum (UF3). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Bedeutung der charakteristischen Röntgenspektren für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7). | | | |
| | <i>Materialgestützte Aufgaben</i> Berechnung der Wellenlänge der K α -Strahlung Medizinische Anwendung | Quantitative Voraussagen durch die Verwendung der diskreten Energieniveaus Die Wellenlängenabhängigkeit der Absorption macht medizinische Anwendungen möglich. | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Entstehung von Röntgenstrahlung unter Verwendung von Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern (UF1). • SuS unterscheiden die vorkommenden Energien bei der Emission bzw. Absorption von Röntgenstrahlung (UF3). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Bedeutung von charakteristischen Röntgenspektren für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7). | | | |
| 390/ 391 | De-Broglie-Wellen Basiskonzept: Wechselwirkung | Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? | SuS erläutern die Aussage der De-Broglie-Hypothese und wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim Elektronenbeugungsexperiment an (UF1, UF2). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können mit der Hypothese von de BROGLIE die Eigenschaften des Elektrons modellieren und Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten (E3). • SuS bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (E4). | | | Elektronenbeugung nach Davison-Germer |
| | <i>Vertiefung:</i> Bestätigung der De-Broglie-Gleichung Basiskonzept: Wechselwirkung | Die Wellenlänge der Elektronen | | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Bragg-Reflexion qualitativ analysieren und den Formelzusammenhang ermitteln und anwenden. | | | |
| 392 | Das Elektron – kein klassisches Teilchen | Interferenzen von Elektronenwellen | | | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können sich mit anderen darüber austauschen, wie sich | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können begründet die Grenzen des Teilchenmodells am Bei- | |

| | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--|--|--|---|---------------------------------------|--|
| | Basiskonzept: Struktur und Materie | | | | die Welleneigenschaften von Elektronen am Doppelspalt zeigen und die Eigenschaften von Elektronen durch Argumente belegen bzw. widerlegen (K4). | spiel von Elektronen darstellen (B4). | |
|--|---------------------------------------|--|--|--|---|---------------------------------------|--|

Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik (Q2)

| | | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|--|--|
| 480 - 483 | Radioaktivität Basiskonzept: Wechselwirkung | Umweltradioaktivität, Strahlungsarten | <ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie (UF1). • SuS unterscheiden α-, β-, γ-Strahlung und Röntgenstrahlung (UF3). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten und der Ablenkung der Strahlung in Magnetfeldern (E4, E5). | | |
| 484 | Kernreaktionen Basiskonzept: Energie | Darstellung der Reaktionen, Nuklidkarte | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1). | | | |
| 486 | Methode: Umgang mit der Nuklidkarte | Kernumwandlungen mithilfe der Nuklidkarte | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1). • SuS können die Zerfallsarten unterscheiden, die Reaktionsgleichungen angeben sowie Zerfallsreihen aufstellen (UF3) | | | |

| | | | | | | |
|-------------|---|--|---|---|---|--|
| 488/ 489 | Das Zerfallsgesetz Basiskonzept: Wechselwirkung | Radioaktiver Abfall, zeitliche Entwicklung der Radioaktivität | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können den Aufbau sowie die Durchführung von Experimenten zum Zerfallsgesetz sachgemäß beschreiben (UF1). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können das Zerfallsgesetz in unterschiedlichen Kontexten identifizieren und analysieren (E1). • SuS können die zeitliche Entwicklung von Zerfällen beobachten, Messungen erläutern und sachgerecht qualitativ und quantitativ auswerten (E2, E5). • SuS bestimmen Zählraten und Halbwertszeiten, sowie Halbwertsdicken (E2). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können Experimente zum Zerfallsgesetz dokumentieren und dabei eine korrekte Fachsprache verwenden (K1). | |
| | <i> Methode:</i> Auswerten von Messdaten Basiskonzept: Energie | Messwerte und grafische Darstellungsweisen | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können zu einem linearen Zusammenhang aus einer Grafik die zugehörige Funktionsgleichung bestimmen (UF2). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern (E5). | | |
| | Abschirmung Basiskonzept: Wechselwirkung | Schutz vor Strahlung in unterschiedlichen Zusammenhängen | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können den Aufbau sowie die Durchführung von Experimenten zur Absorption bzw. Abschirmung von Strahlung sachgemäß beschreiben. (UF1). • SuS beschreiben Wirkungen ionisierender Strahlung auf Materie (UF1). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5). | | |
| | <i> Materialgestützte Aufgaben</i> Altersbestimmung Reichweite Absorption Radionuklidbatterien Basiskonzept: Wechselwirkung | Radiokohlenstoffmethode Absorptionsverhalten Radionuklidbatterien | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können das Zerfallsgesetz wiedergeben und Wirkungen ionisierender Strahlung auf Materie beschreiben (UF1). | | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können sich relevante Informationen aus den Sachtexten oder aus anderen Quellen beschaffen, auswerten und vergleichen (K2). • SuS präsentieren die C14-Methode, die Reichweite von Strahlung und die Radionuklidbatterie unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht (K3). | |
| 491/ 494 | Strahlungsdetektoren Basiskonzept: Wechselwirkung | Messung von Strahlung: Strahlungsdetektion mit dem Geiger-Müller-Zählrohr Teilchendetektion am CERN | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (Geiger-Müller-Zählrohr) (UF1). | | <ul style="list-style-type: none"> • SuS recherchieren in unterschiedlichen Medien, um Informationen über den Aufbau und die Wirkungsweise von Teilchendetektoren zu erhalten (K2). | |

| | | | | | | |
|-------------|---|--|---|---|---|--|
| 496/ 497 | Dosimetrie und biologische Wirkung Basiskonzept: Wechselwirkung | Risiken für Lebewesen und Anwendungsmöglichkeiten ionisierender Strahlung in der Medizin | <ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Wirkungen ionisierender Strahlung auf lebende Organismen (UF1). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4). • SuS 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 Strahlenbelastung des Menschen im Alltag (B1, K2). |
| | <i>Materialgestützte Aufgaben</i> Dosis-Wirkungs-Beziehung Radon Basiskonzept: Wechselwirkung | Strahlungsbelastung, natürliche Belastung durch Radon in Häusern | <ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Wirkungen ionisierender Strahlung auf lebende Organismen (UF1). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4). • SuS 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 Strahlenbelastung des Menschen im Alltag (B1, K2). |
| 406- 408 | Der Franck-Hertz-Versuch Basiskonzept: Wechselwirkung | Anregung von Atomen durch Elektronenstoß (Franck-Hertz-Versuch) | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können das Phänomen der quantenhaften Anregung von Quecksilberatomen durch Elektronenstoß | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können den Aufbau und die Zielsetzung des historisch bedeutsamen Franck-Hertz-Versuchs erläutern (E4). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können bei der Dokumentation des Franck-Hertz-Versuchs eine korrekte Fachsprache und eine fachübliche Darstellungsweise verwenden (K1). | |

| | | | | | | |
|-----------------------------|--|--|--|---|---|--|
| | | | beschreiben und erläutern (UF1). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuches für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7). | | |
| 409 | Atomspektren Basiskonzept: Wechselwirkung | Flammenfärbung und Fraunhofer-Linien | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären Sternspektren und Fraunhofer-Linien (UF1, E5, K2). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Bedeutung von Flammenfärbung und Linienspektren bzw. die Spektralanalyse für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7). | | |
| 410 | <i>Materialgestützte Aufgabe</i> Fraunhofer-Linien | Resonanzabsorption, Beobachtung von Fraunhofer-Linien | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären Sternspektren und Fraunhofer-Linien (UF1, E5, K2). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Bedeutung von Linienspektren bzw. die Spektralanalyse für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS interpretieren Spektraltafeln des Sonnenspektrums im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1). | |
| | <i>Materialgestützte Aufgabe</i> Sternspektren | Temperaturabhängigkeit des kontinuierlichen Spektrums, Absorptionslinien | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären Sternspektren und Fraunhofer-Linien (UF1, E5, K2). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden (Untersuchung der Sternspektren) Informationen über den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1). | | |
| PHYSIK DER ATOMHÜLLE | | | | | | |
| 412/ 413 | Atommodelle | Rutherford'scher Streuversuch | | | | |
| 414/ 415 | Diskrete Energieniveaus: Bohrsches Atommodell Basiskonzept: Energie Struktur der Materie | Energieniveauschema des Wasserstoffatoms | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus der Atomhülle (UF1, E6). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können aufgrund der diskreten Energieniveaus des Atoms Hypothesen zur Emission bzw. Absorption von Photonen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten (E3). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können bei der Dokumentation der theoretischen Überlegungen zu den diskreten Energieniveaus eine korrekte Fachsprache verwenden (K1). | |

| | | | | | | |
|--------------|--|--|--|---|---|--|
| 416 - 417 | Zustände des Wasserstoffatoms Basiskonzept: Energie, Struktur der Materie | Erklärung der diskreten Energieniveaus mithilfe des Wellenmodells des gebundenen Elektrons | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Stabilität des Wasserstoffatoms mithilfe des übergeordneten Prinzips der stehenden Welle beschreiben und erläutern (UF1). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können die berechneten Energieniveaus quantitativ im Hinblick auf Regeln bzgl. der emittierten Serien analysieren und die Ergebnisse verallgemeinern (E5). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können bei der Dokumentation der theoretischen Überlegungen zu den diskreten Energieniveaus eine korrekte Fachsprache verwenden (K1). | |
| | <i>Vertiefung:</i> Stationäre Zustände und stehende Wellen Basiskonzept: Struktur der Materie | Stehende Wellen erläutern die Existenz diskreter Energieniveaus. | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können die Stabilität des Wasserstoffatoms mithilfe des übergeordneten Prinzips der stehenden Welle beschreiben und erläutern (UF1). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können anhand der stehenden Welle ein mit dem Wellenmodell des Elektrons konsistentes Modell entwickeln und Energieniveaus berechnen (E6). | | |
| | <i>Materialgestützte Aufgaben</i> Farbstoffmoleküle He ⁺ -Ion Größe von Atomen | Farbstoffe Helium Größe von Atomen (Atomradien) | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus der Atomhülle (UF1, E6) | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Bedeutung von Linienspektren bzw. der Spektralanalyse für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7). | | |
| | <i>Materialgestützte Aufgabe</i> Die historische Entwicklung der Atommodelle Basiskonzept: Struktur der Materie | Die historische Entwicklung der Atommodelle ausgehend von den Vorstellungen der Antike bis hin zum Wellenmodell unter besonderer Berücksichtigung des Modellbegriffs sowie der Grenzen der Anwendbarkeit eines Modells | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können die historische Entwicklung der Atommodelle unter Verwendung von Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern (UF1). • SuS können die verschiedenen Atommodelle nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren (UF3). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4). • SuS erläutern die Bedeutung von Flammenfärbung und Linienspektren bzw. die Spektralanalyse, die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuches sowie der charakteristischen Röntgenspektren für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können die historische Entwicklung der Atommodelle unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren (K3). | <ul style="list-style-type: none"> • SuS können fachliche Kriterien bei der Bewertung der Atommodelle bzgl. Ihrer Anwendbarkeit unterscheiden und begründet gewichten. (B1) |
| 420 - 423 | Linearer Potentialtopfmodell | Bedeutung der Schrödingergleichung Aufenthaltswahrscheinlichkeiten | <ul style="list-style-type: none"> • SuS ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E2). | | | |

| Umgang mit Fachwissen | Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ... |
|------------------------------|--|
| UF1 Wiedergabe | physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern. |
| UF2 Auswahl | zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen. |
| UF3 Systematisierung | physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren. |
| UF4 Vernetzung | Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen. |

| Erkenntnisgewinnung | Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ... |
|--------------------------------------|---|
| E1 Probleme und Fragestellungen | in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren. |
| E2 Wahrnehmung und Messung | kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden. |
| E3 Hypothesen | mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten. |
| E4 Untersuchungen und Experimente | Experimente auch mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen. |
| E5 Auswertung | Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern. |
| E6 Modelle | Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen. |
| E7 Arbeits- und Denkweisen | naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen. |

| Kommunikation | Schülerinnen und Schüler können ... |
|----------------------|--|
| K1 Dokumentation | Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten nach gegebenen Strukturen dokumentieren und stimmig rekonstruieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge. |
| K2 Recherche | in vorgegebenen Zusammenhängen selbstständig physikalischtechnische Fragestellungen mithilfe von Fachbüchern und anderen Quellen bearbeiten. |
| K3 Präsentation | physikalische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen. |
| K4 Argumentation | physikalische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren. |

| Bewertung | Schülerinnen und Schüler können ... |
|------------------------|---|
| B1 Kriterien | bei Bewertungen in naturwissenschaftlich-technischen Zusammenhängen Bewertungskriterien angeben. |
| B2 Entscheidungen | für Bewertungen in physikalisch-technischen Zusammenhängen kriteriengeleitet Argumente abwägen und einen begründeten Standpunkt beziehen. |
| B3 Werte und Normen | in bekannten Zusammenhängen Konflikte bei Auseinandersetzungen mit physikalisch-technischen Fragestellungen darstellen sowie mögliche Konfliktlösungen aufzeigen. |