

Max-Planck-Gymnasium, Gelsenkirchen-Buer

Schulinternes Curriculum für das Fach **Physik**
in der Qualifikationsphase

(Stand: November 2024)

Lehr- und Lernmittel

Für den Physikunterricht in der Sekundarstufe II sind an der Schule derzeit in der Einführungsphase und in der Qualifikationsphase „Fokus Physik“ von Cornelsen eingeführt. Wesentliche Lernmittel im Physikunterricht sind Experimente. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten die im Unterricht behandelten Inhalte in häuslicher Arbeit nach.

Fast alle Experimente können in unserer Sammlung mit dem Messwerterfassungssystem CASSY durchgeführt werden. Das Max-Planck-Gymnasium legt sehr großen Wert darauf, möglichst viele der zentralen Experimente im Unterricht durchzuführen. Unterstützende Materialien sind auf Leifi Physik zu finden, insbesondere auch virtuelle Experimente zum Vertiefen der Unterrichtsinhalte: <https://www.leifiphysik.de/>

Unterrichtsvorhaben

In der nachfolgenden Übersicht über die *Unterrichtsvorhaben* wird die für alle Lehrpersonen gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Die Übersicht dient dazu, für die einzelnen Jahrgangsstufen allen am Bildungsprozess Beteiligten einen schnellen Überblick über Themen bzw. Fragestellungen der Unterrichtsvorhaben unter Angabe besonderer Schwerpunkte in den Inhalten und in der Kompetenzentwicklung zu verschaffen.

Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann. Der schulinterne Lehrplan ist so gestaltet, dass er zusätzlichen Spielraum für Vertiefungen, besondere Interessen von Schülerinnen und Schülern, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Methodentage, Stufenfahrten o.Ä.) belässt. Abweichungen über die notwendigen Absprachen hinaus sind im Rahmen des pädagogischen Gestaltungsspielraumes der Lehrkräfte möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans (siehe nachfolgender Link) Berücksichtigung finden.

https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/332/gost_klp_ph_2022_06_07.pdf

Weiter werden die jährlichen, konkreten Vorgaben für das Zentralabitur von den Physiklehrkräften berücksichtigt:

<https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/cms/zentralabitur-gost/faecher/fach.php?fach=22>

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase - Grundkurs (ca. 150 Stunden)

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen (entsprechend dem Kernlehrplan des Landes NRW) Die Schülerinnen und Schüler...	Kommentar
<p><u>Unterrichtsvorhaben I</u></p> <p>Die Erforschung des Elektrons</p> <p><i>Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung eines Elektrons gemessen werden?</i></p> <p>ca. 21 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elektroskop • Die elektrische Ladung • Bandgenerator • elektrische Felder • Plattenkondensator • Elektrische Feldstärke • Potential und Spannung • Der Millikanversuch zur Bestimmung der Ladung des Elektrons (Schwebemethode) • Elementarladung • Elektronenkanone • Bahnformen von geladenen Teilchen in homogenen Feldern • Optional: Elektronenablenkröhre 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern dar (S1, K6) • beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer Felder und erläutern die Definitionsgleichung der elektrischen Feldstärke (S2, S3, E6) • erläutern am Beispiel des Plattenkondensators den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld (S3) • beschreiben die Kapazität als Kenngröße eines Kondensators und bestimmen diese für den Spezialfall des Plattenkondensators in Abhängigkeit seiner geometrischen Daten und der Dielektrizitätszahl (S1, S3) • entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische Feldlinienbilder (E4, E6) • schließen aus der statistischen Auswertung einer vereinfachten Version des <i>Millikan-Versuchs</i> auf die Existenz einer kleinsten Ladung (E3, E11, K8) • berechnen Geschwindigkeitsänderungen von Ladungsträgern nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (S1, S3, K3) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Elektroskop (zum Nachweis von Ladungen) • Bandgenerator mit Rizinusöl mit Grieskörnern (zum Veranschaulichen elektrischer Felder) • Plattenkondensator (Rasierklinge im Plattenkondensator zur Einführung der Kapazität) • Aufladung eines Kondensators zur Bestimmung der Dielektrizitätszahl • Millikan-Versuch (zur Bestimmung der Elementarladung; auch als Simulation über LEIFI-Physik) • Die Elektronenablenkröhre zum Nachweis der Bahngleichung des Elektrons • Die Elektronenkanone und Elektronenablenkröhre als virtuelles Experiment der Uni München: https://virtuelle-experimente.de/index.php

<p><u>Unterrichtsvorhaben II</u></p> <p>Die Erforschung des Elektorns</p> <p><i>Wie können physikalische Eigenschaften wie die Masse eines Elektrons gemessen werden?</i></p> <p><i>Wie lassen sich Kräfte auf bewegte Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern beschreiben?</i></p> <p>ca. 15 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen Magnetismus • Lorentzkraft • Definition der Magnetfeldstärke • Teslameter • Hall-Effekt • Helmholtzspulen • Fadenstrahlrohr • Bahnformen von geladenen Teilchen in homogenen Feldern 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6) • entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips magnetische Feldlinienbilder (E4, E6) • beschreiben Eigenschaften und Wirkungen magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichung der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6) • wenden eine Messmethode zur Bestimmung der magnetischen Flussdichte an (E3, K6) • erläutern am <i>Fadenstrahlrohr</i> die Erzeugung freier Elektronen durch den glühelektrischen Effekt, deren Beschleunigung beim Durchlaufen eines elektrischen Felds sowie deren Ablenkung im homogenen magnetischen Feld durch die Lorentzkraft (S4, S6, E6, K5) • modellieren mathematisch die Beobachtungen am <i>Fadenstrahlrohr</i> und ermitteln aus den Messergebnissen die Elektronenmasse (E4, E9, K7) • erläutern Experimente zur Variation elektrischer Einflussgrößen und deren Auswirkungen auf die Bahnformen von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern (E2, K4) • beurteilen die Schutzwirkung des Erdmagnetfeldes gegen den Strom geladener Teilchen aus dem Weltall (B4, K3) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Leiterschaukelversuch zur Definition der Magnetfeldstärke über die Lorentzkraft • Das Teslameter als Anwendung des Hall-Effektes zur Magnetfeldmessung • Das Helmholtzspulenpaar zur Erschaffung eines homogenen Magnetfeldes • Das Fadenstrahlrohr zur Bestimmung der Elektronenmasse • Das Fadenstrahlrohr als virtuelles Experiment: https://virtuelle-experimente.de/b-feld/b-feld/experiment.php
<p><u>Unterrichtsvorhaben III</u></p> <p>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Induktionsphänomen • Induktion durch Flächen- und Magnetfeldänderung • Magnetischer Fluss und magnetische Flussdichte • Die Regel von Lenz 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern das Auftreten von Induktionsspannungen am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (S3, S4, K4) • führen Induktionserscheinungen bei einer Leiterschleife auf die zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte oder die zeitliche Änderung der durchsetzten Fläche zurück (S1, S2, K4) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generierung einer Spannung im Schülerversuch • Drahtrahmen im Magnetfeld (Flächenänderung) • Induktionsspule in Feldspule (Magnetfeldänderung)

<p><i>Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?</i></p> <p>ca. 24 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Das Induktionsgesetz • Thomson'scher Ringversuch • Anwendungen der Induktion • Generator • Erzeugung einer sinusförmigen Wechselspannung • Oszilloskop und Messwertfassungssystem • Transformator • elektrischer Widerstand • Fernleitung (Freileitung) • Ohm'sche „Verluste“ 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben das Induktionsgesetz mit der mittleren Änderungsrate und in differentieller Form des magnetischen Flusses (S7) • untersuchen die gezielte Veränderung elektrischer Spannungen und Stromstärken durch <i>Transformatoren</i> mithilfe angeleiteter Experimente als Beispiel für die technische Anwendung der Induktion (S1, S4, E6, K8), • erklären am physikalischen <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i> technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie (S1, S3, K8) • interpretieren die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. <i>Messwertfassungssystem</i> aufgenommenen Daten bei elektromagnetischen Induktions- und Schwingungsversuchen unter Rückbezug auf die experimentellen Parameter (E6, E7, K9) • modellieren mathematisch das Entstehen von Induktionsspannungen für die beiden Spezialfälle einer zeitlich konstanten Fläche und einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte (E4, E6, K7) • erklären das Entstehen von sinusförmigen Wechselspannungen in <i>Generatoren</i> mithilfe des Induktionsgesetzes (E6, E10, K3, K4) • stellen Hypothesen zum Verhalten des Rings beim <i>Thomson'schen Ringversuch</i> bei Zunahme und Abnahme des magnetischen Flusses im Ring auf und erklären diese mithilfe des Induktionsgesetzes (E2, E9, S3, K4, K8) • beurteilen ausgewählte Beispiele zur Energiebereitstellung und -umwandlung unter technischen und ökologischen Aspekten (B3, B6, K8, K10) 	<ul style="list-style-type: none"> • Thomson'scher Ringversuch • Anwendungen der Induktion: Wirbelstrombremse Tonabnehmer (einer E-Gitarre) Generator • CASSY als Messwertfassungssystem • Transformatoranwendungen: Hörnerantenne (unbelasteter Transformator) und Nagelschweißen (belasteter Transformator) • Untersuchung eines Modells einer Fernleitung
---	--	---	---

		<ul style="list-style-type: none"> • beurteilen das Potential der Energierückgewinnung auf der Basis von Induktionsphänomenen bei elektrischen Antriebssystemen (B7, K2) 	
<p><u>Unterrichtsvorhaben IV</u></p> <p>Beugung und Interferenz von Wellen</p> <p><i>Wie lassen sich zeitlich und räumlich periodische Vorgänge am Beispiel von harmonischen Schwingungen sowie mechanischen Wellen beschreiben und erklären?</i></p> <p>ca. 15 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • (Feder-)Pendelschwingung • Mechanische Schwingungen • Harmonische Schwingung • Resonanzphänomene • Wellenwanne • Huygens'sches Prinzip • Prinzip der ungestörten Überlagerung • Reflexion, Brechung und Beugung von Wellen • Superposition von Wellen • Begriff Gangunterschied • Interferenzen von Wellen • Polarisierung von Wellen 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3) • erläutern am Beispiel des Federpendels Energieumwandlungen harmonischer Schwingungen (S1, S2, K4) • konzipieren Experimente zur Abhängigkeit der Periodendauer von Einflussgrößen beim Federpendel und werten diese unter Anwendung digitaler Werkzeuge aus (E6, S4, K6) • ordnen dem zeitlichen Verlauf von Elongation, Geschwindigkeit und Beschleunigung deren Funktionsgleichungen zu und wenden diese an (E4, E6, S3) • erläutern mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6) • erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3) • erläutern die lineare Polarisierung als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8) • beurteilen Maßnahmen zur Störgeräuschreduzierung hinsichtlich deren Eignung (B7, K1, K5) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Federpendel- und Pendelversuche • Wellenmaschine • Slinky (zur Veranschaulichung der Wellenarten) • Wellenwanne

<p><u>Unterrichtsvorhaben V</u></p> <p>Die Untersuchung von Auf- und Entladevorgängen</p> <p><i>Wie funktioniert eigentlich ein Handyakku?</i></p> <p><i>Wie entstehen Radiowellen?</i></p> <p>ca. 15 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kondensatoraufladung • Kondensatorentladung • Ein- und Ausschaltvorgang einer Spule • Schwingkreis 	<ul style="list-style-type: none"> • interpretieren den Flächeninhalt zwischen Graph und Abszissenachse im $Q-U$-Diagramm als Energiegehalt des Plattenkondensators (E6, K8) • beurteilen den Einsatz des Kondensators als Energiespeicher in ausgewählten alltäglichen Situationen (B3, B4, K9) • modellieren mathematisch den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei <i>Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren</i> unter Berücksichtigung des Widerstandes und der Kapazität (E4, E6, S7) • untersuchen den <i>Auf- und Entladevorgang bei Kondensatoren</i> unter Anleitung experimentell (S4, S6, K6) • erläutern qualitativ die bei einer elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (S1, S4, E4) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einschaltvorgang eines Kondensators • Ausschaltvorgang eines Kondensators • Der RLC-Schwingkreis (Energiebetrachtung)
<p><i>Die nachfolgenden Vorhaben werden spätestens in der Q2 behandelt</i></p> <p><u>Unterrichtsvorhaben VI</u></p> <p>Die Untersuchung von Licht</p> <p><i>Wie kann man Ausbreitungsphänomene von Licht beschreiben und erklären?</i></p> <p>ca. 6 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Der Doppelspaltversuch • Gitter und Reflexionsgitter • Das Doppelgitter 	<ul style="list-style-type: none"> • weisen anhand des Interferenzmusters bei <i>Doppelspalt- und Gitterversuchen</i> mit mono- und polychromatischem Licht die Wellennatur des Lichts nach und bestimmen daraus Wellenlängen (E7, E8, K4) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Doppelspaltversuch (Bestimmung der Wellenlänge eines Lasers) • Der Gitterversuch • Das Reflexionsgitter (Bestimmung der Spurbreite einer CD und DVD)

<p><u>Unterrichtsvorhaben VII</u></p> <p>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</p> <p><i>Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell betrieben werden?</i></p> <p>Ca. 15 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hallwachs-Versuch • Gegenfeldmethode • Photoeffekt • Energiequantelung von Licht: Das Planck'sches Wirkungsquantum • Wellenaspekt von Elektronen: Die De-Broglie-Wellenlänge • Bragg-Bedingung • Welle-Teilchen-Dualismus • Interferenz von Elektronen am Doppelspalt • Wahrscheinlichkeitsinterpretation • Kopenhagener Deutung 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht (S1, E9, K3) • stellen die Lichtquanten- und De-Broglie-Hypothese sowie deren Unterschied zur klassischen Betrachtungsweise dar (S1, S2, E8, K4) • wenden die De-Broglie-Beziehung an, um das Beugungsbild beim <i>Doppelspaltoversuch mit Elektronen</i> quantitativ zu erklären (S1, S5, E6, K9) • erläutern die Determiniertheit der Zufallsverteilung der diskreten Energieabgabe beim Doppelspaltexperiment mit stark intensitätsreduziertem Licht (S3, E6, K3) • berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3) • erklären an einer exemplarischen Darstellung die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte (S1, K3) • erläutern bei Quantenobjekten die „Welcher-Weg“-Information als Bedingung • für das Auftreten oder Ausbleiben eines Interferenzmusters in einem Interferenzexperiment (S2, K4) • leiten anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen ab (E6, S6) • untersuchen mithilfe von Simulationen das Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt (E4, E8, K6, K7) • beurteilen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen (E9, E11, K8) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hallwachs-Versuch • Photoeffekt • Taylor-Experiment (Doppelspaltversuch mit schwachem Licht) als Simulation auf LEIFI Physik • Jönsson-Experiment (Doppelspaltversuch mit einzelnen Elektronen) als Simulation auf LEIFI Physik • Hervorhebung der Leistungen von Max Planck als Namensgeber unserer Schule
--	---	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8) • stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9) • beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der physikalischen Erkenntnisfähigkeit (B8, E11, K8) 	
<p><u>Unterrichtsvorhaben VIII</u></p> <p>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</p> <p><i>Wie lassen sich aus Spektralanalysen Rückschlüsse auf die Struktur von Atomen ziehen?</i></p> <p>ca. 18 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Atommodelle • Franck-Hertz-Versuch • Kern-Hülle-Modell und Energieniveauschemata • Linienspektren • Geiger-Müller-Zählrohr • Röntgenstrahlung 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9) • erklären die Energie emittierter und absorbierter Photonen am Beispiel von Linienspektren leuchtender Gase und Fraunhofer'scher Linien mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S1, S3, E6, K4) • beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2) • interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8) • erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des <i>Geiger-Müller-Zählrohrs</i> als Nachweisgerät für ionisierende Strahlung (S4, S5, K8) • erklären die Entstehung von <i>Bremsstrahlung</i> und <i>charakteristischer Röntgenstrahlung</i> (S3, E6, K4) • ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Franck-Hertz-Versuch mit Neon • Linienspektren (Wasserstoff, ...) • Flammenfärbung, Spektralanalyse • Sonnenspektrum, Fraunhofer'sche Linien • Geiger-Müller-Zählrohr • Röntgenröhre (qualitativ und Bragg'sche Drehkristallmethode)

		<ul style="list-style-type: none"> • interpretieren die Bedeutung von <i>Flammenfärbung</i> und <i>Linienpektren</i> bzw. <i>Spektralanalyse</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E6, E10) • interpretieren die Messergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuchs</i> (E6, E8, K8) • erklären das <i>charakteristische Röntgenspektrum</i> mit den Energieniveaus der Atomhülle (E6) • identifizieren vorhandene Stoffe in der Sonnen- und Erdatmosphäre anhand von Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> (E3, E6, K1) 	
<p><u>Unterrichtsvorhaben IX</u></p> <p>Massendefekt und Kernumwandlungen</p> <p><i>Wie lassen sich energetische Bilanzen bei Umwandlungs- und Zerfallsprozessen quantifizieren?</i></p> <p><i>Wie entsteht ionisierende Strahlung?</i></p> <p>ca. 15 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Strahlungsarten und deren Eigenschaften • Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen • Nuklidkarte • Halbwertszeit und Aktivität • Das Zerfallsgesetz • Die C14-Methode • Absorptionsgesetz • Bindungsenergie • Massendefekt • Kernspaltung und -fusion 	<ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden Alpha-, Beta-, Gamma- Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1) • erläutern den Begriff der Radioaktivität und zugehörige Kernumwandlungsprozesse auch mithilfe der Nuklidkarte (S1, S2) • wenden das zeitliche Zerfallsgesetz für den radioaktiven Zerfall an (S5, S6, K6) • erklären anhand des Zusammenhangs $E = m c^2$ die Grundlagen der Energiefreisetzung bei Kernspaltung und -fusion über den Massendefekt (S1) • untersuchen experimentell anhand der Zählraten bei <i>Absorptionsexperimenten</i> unterschiedliche Arten ionisierender Strahlung (E3, E5, S4, S5) • ermitteln im Falle eines einstufigen radioaktiven Zerfalls anhand der gemessenen Zählraten die Halbwertszeit (E5, E8, S6) • vergleichen verschiedene Vorstellungen von der Materie mit den Konzepten der modernen Physik (B8, K9) 	<p>Zentrale Experimente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Luftballon mit Radon (Kriechkeller → Rücksprache mit Hausmeisterin) • Nachweis von Radioaktivität mit dem Geiger-Müller-Zählrohr (GMZ) • Umgang mit der Nuklidkarte • Nebelkammer • Schülerexperimente mit dem GMZ: <ul style="list-style-type: none"> - Nachweis von Radioaktivität - Abschirmung von Alpha-Strahlung - Abstandsgesetz - Halbwertszeitmessung - Bestimmung einer Halbwertsdicke als Absorptionsexperiment

<p><u>Unterrichtsvorhaben X</u></p> <p>Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ionisierender Strahlung</p> <p><i>Wie wirkt ionisierende Strahlung auf den menschlichen Körper?</i></p> <p><i>Was passiert eigentlich im CERN?</i></p> <p>ca. 9 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Spektrum der elektromagnetischen Strahlung • ionisierende Strahlung • biologische Wirkungen • Dosimetrie • Standardmodell der Elementarteilchen • Austauschteilchen und Feldkonzept 	<ul style="list-style-type: none"> • begründen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, K3) • quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2) • bewerten die Bedeutung hochenergetischer Strahlung hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung sowie ihres Nutzens bei medizinischer Diagnose und Therapie (B5, B6, K1, K10) • erläutern qualitativ an der Beta-Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4) • erläutern qualitativ den Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen, den Aufbau der Nukleonen aus Quarks sowie die Rolle der starken Wechselwirkung für die Stabilität des Kerns (S1, S2), • erschließen sich die Funktionsweise des <i>Zyklotrons</i> auch mithilfe von Simulationen (E1, E10, S1, K1) 	<p>zentrale Experimente: keine</p> <p>Erarbeitung der Inhalte über Recherchen und Präsentation über Referate</p>
--	--	---	--

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase - Leistungskurs (ca. 240 Stunden)			
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Die Schülerinnen und Schüler ...	
<p><u>Unterrichtsvorhaben I</u></p> <p>Die Erforschung des Elektrons</p> <p><i>Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung eines Elektrons gemessen werden?</i></p> <p>ca. 35 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elektroskop • Die elektrische Ladung • Bandgenerator • elektrische Feldstärke • Plattenkondensator • Kapazität und Dielektrikum • Elektrisches Potential und Spannung • Äquipotentiallinien • Elektrische Feldkonstante • Coulombgesetz • Der Millikanversuch zur Bestimmung der Ladung des Elektrons (Schwebemethode und Fallmethode) • Elementarladung • Elektronenkanone • Elektronenablenkröhre 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären grundlegende elektrostatische Phänomene mithilfe der Eigenschaften elektrischer Ladungen (S1) • stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern dar (S1, K6) • beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer Felder und erläutern die Definitionsgleichung der elektrischen Feldstärke (S2, S3, E6) • erläutern den Zusammenhang von elektrischer Feldstärke, elektrischer Spannung und Energie quantitativ im Plattenkondensator und qualitativ im Radialfeld unter Verwendung der Begriffe Potential und Potentialdifferenz (S1, S3, K4) • prüfen Hypothesen zur Veränderung der Kapazität eines Kondensators durch ein Dielektrikum (E2, E3, S1) • erläutern anhand einer einfachen Version des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (S3, S5, E7, K9) • bestimmen mithilfe des Coulomb'schen Gesetzes Kräfte von punktförmigen Ladungen aufeinander sowie resultierende Beträge und Richtungen von Feldstärken (E8, E10, S1, S3) • entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische Feldlinienbilder (E4, E6, K5) • modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen Längs- und Quersfeldern (E1, E2, E4, S7) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Elektroskop (zum Nachweis von Ladungen) • Bandgenerator mit Rizinusöl mit Grieskörnern (zum Veranschaulichen elektrischer Felder) • Plattenkondensator (Rasierklänge im Plattenkondensator zur Einführung der Kapazität) • Aufladung eines Kondensators zur Bestimmung der Dielektrizitätszahl und der Feldkonstanten • Äquipotentiallinien (Schülerversuch) • Millikan-Versuch (zur Bestimmung der Elementarladung; auch als Simulation über LEIFI-Physik) • Die Elektronenablenkröhre zum Nachweis der Bahngleichung des Elektrons • Die Elektronenkanone und Elektronenablenkröhre als virtuelles Experiment der Uni München: https://virtuelle-experimente.de/index.php

<p><u>Unterrichtsvorhaben II</u></p> <p>Die Erforschung des Elektorns</p> <p><i>Wie können physikalische Eigenschaften wie die Masse eines Elektrons gemessen werden?</i></p> <p><i>Wie lassen sich Kräfte auf bewegte Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern beschreiben?</i></p> <p>ca. 15 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen Magnetismus • Lorentzkraft • Definition der Magnetfeldstärke • Teslameter • Hall-Effekt • Helmholtzspulen • Fadenstrahlrohr • Wien-Filter 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6) • entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips magnetische Feldlinienbilder (E4, E6, K5) • beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichung der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6) • erläutern die Untersuchung magnetischer Flussdichten mithilfe des Hall-Effekts (E4, E7, S1, S5) • konzipieren Experimente zur Bestimmung der Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule von ihren Einflussgrößen (E2, E5) • erläutern die Bestimmung der Elektronenmasse am Beispiel des Fadenstrahlrohrs mithilfe der Lorentzkraft sowie die Erzeugung und Beschleunigung freier Elektronen (S4, S5, S6, E6, K5) • modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Querfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Leiterschaukelversuch zur Definition der Magnetfeldstärke über die Lorentzkraft • Das Teslameter als Anwendung des Hall-Effektes zur Magnetfeldmessung • Untersuchung des Magnetfeldes einer langen Spule • Das Helmholtzspulenpaar zur Erschaffung eines homogenen Magnetfeldes • Das Fadenstrahlrohr zur Bestimmung der Elektronenmasse • Das Fadenstrahlrohr als virtuelles Experiment: https://virtuelle-experimente.de/b-feld/b-feld/experiment.php
--	---	--	--

<p><u>Unterrichtsvorhaben III</u></p> <p>Energieversorgung und das Generatorprinzip</p> <p><i>Wie kann Bewegungsenergie in elektrische Energie umgewandelt werden?</i></p> <p>ca. 30 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Induktionsphänomen • Induktion durch Flächen- und Magnetfeldänderung • Magnetischer Fluss • Die Regel von Lenz • Das Induktionsgesetz • Thomson'scher Ringversuch • Anwendungen der Induktion • Generator • Erzeugung einer sinusförmigen Wechselspannung 	<ul style="list-style-type: none"> • nutzen das Induktionsgesetz auch in differenzieller Form unter Verwendung des magnetischen Flusses (S2, S3, S7) • führen die Funktionsweise eines Generators auf das Induktionsgesetz zurück (E10, K4) • identifizieren und beurteilen Anwendungsbeispiele für die elektromagnetische Induktion im Alltag (B6, K8) • begründen qualitative Versuche zur Lenz'schen Regel sowohl mit dem Wechselwirkungs- als auch mit dem Energiekonzept (E2, E9, K3) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generierung einer Spannung im Schülerversuch • Drahtrahmen im Magnetfeld (Flächenänderung) • Induktionsspule in Feldspule (Magnetfeldänderung) • Federschwinger mit Magnet und Spule • Thomson'scher Ringversuch • Anwendungen der Induktion: Wirbelstrombremse Tonabnehmer (einer E-Gitarre) Generator • CASSY als Messwerterfassungssystem
<p><u>Unterrichtsvorhaben IV</u></p> <p>Schwingungen und Wellen</p> <p><i>Wie lassen sich zeitlich und räumlich periodische Vorgänge am Beispiel von harmonischen Schwingungen sowie mechanischen Wellen beschreiben und erklären?</i></p> <p>ca. 15 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • (Feder-)Pendelschwingung • Mechanische Schwingungen • Harmonische Schwingung • Resonanzphänomene • Wellenwanne • Huygens'sches Prinzip • Prinzip der ungestörten Überlagerung • Reflexion, Brechung und Beugung von Wellen • Gangunterschied 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4) • leiten für das Federpendel und unter Berücksichtigung der Kleinwinkelnäherung für das Fadenpendel aus dem linearen Kraftgesetz die zugehörigen Differentialgleichungen her (S3, S7, E2) • erläutern mithilfe der Wellenwanne qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pendelversuche • Wellenmaschine • Slinky (zur Veranschaulichung der Wellenarten) • Wellenwanne

	<ul style="list-style-type: none"> • Interferenzen von Wellen • Angeleitetes Lösen von Differentialgleichungen 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben mathematisch die räumliche und zeitliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle (S1, S2, S3, S7) • erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3) • erläutern die lineare Polarisierung als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8) • untersuchen experimentell die Abhängigkeit der Periodendauer und Amplitudenabnahme von Einflussgrößen bei mechanischen und elektromagnetischen harmonischen Schwingungen unter Anwendung digitaler Werkzeuge (E4, S4) • untersuchen experimentell am Beispiel des Federpendels das Phänomen der Resonanz auch unter Rückbezug auf Alltagssituationen (E5, E6, K1) • beurteilen Maßnahmen zur Vermeidung von Resonanzkatastrophen (B5, B6, K2) 	
<p><u>Unterrichtsvorhaben V</u></p> <p>Auf dem Weg zum Dipol: Schwingkreise</p> <p><i>Wie entstehen Radiowellen aus einer Antenne?</i></p> <p>ca. 20 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ein- und Ausschaltvorgänge bei Kondensator und Spule • Induktivität • Selbstinduktion • Energie in Kondensator und Spule • Schwingkreise • Thomson-Gleichung • Angeleitetes Lösen von Differentialgleichungen 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben qualitativ und quantitativ die Zusammenhänge von Ladung, Spannung und Stromstärke unter Berücksichtigung der Parameter Kapazität und Widerstand bei Lade- und Entladevorgängen am Kondensator auch mithilfe von Differentialgleichungen und deren vorgegebenen Lösungsansätzen (S3, S6, S7, E4, K7) • erklären Verzögerungen bei Einschaltvorgängen sowie das Auftreten von Spannungstößen bei Ausschaltvorgängen mit der Kenngröße Induktivität einer Spule anhand der Selbstinduktion (S1, S7, E6) • geben die in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern gespeicherte Energie in Abhängigkeit der elektrischen Größen und der Kenngrößen der Bauelemente an (S1, S3, E2) • ermitteln anhand von Messkurven zu Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren sowie zu Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen zugehörige Kenngrößen (E4, E6, S6) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kondensatoraufladung • Kondensatorentladung • Einschaltvorgang einer Spule • Ausschaltvorgang einer Spule • RLC-Schwingkreis • Hertz'scher Dipol

		<ul style="list-style-type: none"> • vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Aspekten und hinsichtlich der jeweiligen Kenngrößen (S1, S3) • erläutern qualitativ die physikalischen Prozesse bei ungedämpften, gedämpften und erzwungenen mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen (S1, E1) • ermitteln mithilfe der Differentialgleichungen und der Lösungsansätze für das ungedämpfte Fadenpendel, die ungedämpfte Federschwingung und den ungedämpften Schwingkreis die Periodendauer sowie die Thomson'sche Gleichung (S3, S7, E8) • beschreiben den Hertz'schen Dipol als (offenen) Schwingkreis (S1, S2, K8) • erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (S1, K4) • beurteilen die Bedeutung von Schwingkreisen für die Umsetzung des Sender-Empfänger-Prinzips an alltäglichen Beispielen (B1, B4, K1) • unterscheiden am Beispiel von Schwingungen deduktives und induktives Vorgehen als Grundmethoden der Erkenntnisgewinnung (B8, K4) • ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6) 	
--	--	---	--

<p><u>Unterrichtsvorhaben VI</u></p> <p>Die Untersuchung von Licht</p> <p><i>Wie kann man Ausbreitungsphänomene von Licht beschreiben und erklären?</i></p> <p>Konsequenzen aus der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit - Wiederholung und Vertiefung der speziellen Relativitätstheorie</p> <p>ca. 30 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Der Doppelspaltversuch • Gitter und Reflexionsgitter • Das Doppelgitter • optional: Der Einzelspalt • Messung der Lichtgeschwindigkeit • Das Michelson-Morley-Experiment (qualitativ) • Zwillingsparadoxon • Lichtuhr • Lorentzfaktor • Zeitdilatation • Längenkontraktion • Relativistische Massenzunahme • Energie-Masse-Äquivalenz 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen für Einzel-, Doppelspalt und Gitter die Bedingungen für konstruktive und destruktive Interferenz und deren quantitative Bestätigung im Experiment für mono- und polychromatisches Licht dar (S1, S3, S6, E6) • weisen anhand des Interferenzmusters bei Spalt- und Gitterversuchen die Welleneigenschaften des Lichts nach und bestimmen daraus die Wellenlänge des Lichts (E5, E6, E7, S6) • erläutern Aufbau und Funktionsweise der Michelson-Interferometers (E2, E3, S3, K3) <p>Hinweis: Dieses Unterrichtsvorhaben dient primär der Vorbereitung der nachfolgenden Kompetenz, da die <i>relativistische Massenzunahme</i> nicht in der EF behandelt wird. In der Vergangenheit zeigte sich, dass die SchülerInnen ein sehr großes Interesse an der Speziellen Relativitätstheorie haben, weshalb die anderen relativistischen Effekte hier auch behandelt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • stellen Hypothesen zum Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron auf (E2, E4, S1, K4) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Doppelspaltversuch (Bestimmung der Wellenlänge eines Lasers) • Der Gitterversuch • Das Reflexionsgitter (Bestimmung der Spurbreite einer CD und DVD) • Einzelspalt (optional) • Lichtgeschwindigkeitsmessung <p>Zentrale (Gedanken-)experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Messung der Lichtgeschwindigkeit • Das Michelson-Morley-Experiment (qualitativ) • Das Zwillingsparadoxon • Die Lichtuhr (zur Herleitung des Lorentzfaktors) • Veranschaulichungen von: www.tempolimitlichtgeschwindigkeit.de
---	---	---	---

<p><i>Die nachfolgenden Vorhaben werden in der Q2 behandelt</i></p> <p><u>Unterrichtsvorhaben VII</u></p> <p>Die Untersuchung von Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</p> <p><i>Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell betrieben werden?</i></p> <p>ca. 15 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hallwachs-Versuch • Gegenfeldmethode • Photoeffekt • Lichtquantenhypothese • Das Planck'sche Wirkungsquantum • Wellenaspekt von Elektronen: Die De-Broglie-Wellenlänge • Bragg-Bedingung • Elektronenbeugung 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären den Photoeffekt mit der Einstein'schen Lichtquantenhypothese (S1, S2, E3) • interpretieren die experimentellen Befunde zum Photoeffekt hinsichtlich des Widerspruchs zur klassischen Physik (E3, E8, S2, K3) • bestimmen aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E6, S6) • stellen anhand geeigneter Phänomene dar, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter aufweisen kann (S2, S3, E6, K8) • erklären am Beispiel von Elektronen die De-Broglie-Hypothese (S1, S3) • erklären experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E3, E6) • berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hallwachs-Versuch • Photoeffekt • Beugung an kristalliner Materie (Elektronenbeugungsröhre) • Elektronenbeugung als virtuelles Experiment von der Uni München: https://virtuelle-experimente.de/elektronenbeugung/einfuehrung/versuchsaufbau.php • Hervorhebung der Leistungen von Max Planck als Namensgeber unserer Schule
<p><u>Unterrichtsvorhaben VIII</u></p> <p>Die Beschreibung von Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</p> <p><i>Wie lassen sich die Eigenschaften von Elektronen und Photonen in einem Modell beschreiben?</i></p> <p>ca. 10 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Welle-Teilchen-Dualismus • Interferenz von Elektronen am Doppelspalt • Heisenberg'sche Unschärferelation • Wahrscheinlichkeitsinterpretation • Komplementarität • Kopenhagener Deutung 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären bei Quantenobjekten anhand eines Delayed-Choice-Experiments unter Verwendung der Koinzidenzmethode das Auftreten oder Verschwinden des Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (S1, S5, E3, K3) • deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte von Elektronen (S3) • modellieren qualitativ das stochastische Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt bei gleichzeitiger Determiniertheit der Zufallsverteilung mithilfe der Eigenschaften der Wellenfunktion (E4, E6, K4) 	<p>Zentrale Experimente / Simulationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taylor-Experiment (Doppelspaltversuch mit schwachem Licht) als Simulation auf LEIFI Physik • Jönsson-Experiment (Doppelspaltversuch mit einzelnen Elektronen) als Simulation auf LEIFI Physik

		<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation in der Version der Unmöglichkeit-Formulierung (S2, S3, E7, E11, K4) • beurteilen die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8) • stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9) • beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der exakten Vorhersagbarkeit von physikalischen Phänomenen (B8, K8, E11) 	
<p><u>Unterrichtsvorhaben IX</u></p> <p>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</p> <p><i>Wie lassen sich aus Spektralanalysen Rückschlüsse auf die Struktur von Atomen ziehen?</i></p> <p>ca. 30 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Atommodelle • Franck-Hertz-Versuch • Kern-Hülle-Modell und Energieniveauschemata • Linienspektren • Bestimmung diskreter Energiezustände eines H-Atoms • Geiger-Müller-Zählrohr • Röntgenstrahlung • Rydberg-Frequenz • Moseley'sches Gesetz • Stehende Wellen • Wellenfunktion • Linearer Potentialtopf • Schrödingergleichung • Pauli-Prinzip 	<ul style="list-style-type: none"> • geben wesentliche Beiträge in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis zum ersten Kern-Hülle-Modell (Dalton, Thomson, Rutherford) wieder (S2, K3) • stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9) • interpretieren Linienspektren bei Emission und Absorption sowie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mithilfe des Energieniveauschemas (E2, E10, S6) • erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät ionisierender Strahlung (S4, S5, K8) • beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise der Röntgenröhre (S1) • erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (S1, S3, E4, K4) 	<p>Zentrale Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Franck-Hertz-Versuch mit Neon • Linienspektren (Wasserstoff, ...) • Flammenfärbung, Spektralanalyse • Sonnenspektrum, Fraunhofer'sche Linien • Geiger-Müller-Zählrohr • Röntgenröhre (qualitativ und Bragg'sche Drehkristallmethode)

		<ul style="list-style-type: none"> • interpretieren das Auftreten der kurzwelligen Grenze des Bremsstrahlungsspektrums (E6, S1) • erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4) • erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S3, E6, K4) • beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Atome mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2) • erläutern das Modell des eindimensionalen Potentialtopfs und seine Grenzen (S2, K4) • beschreiben anhand des Modells des eindimensionalen Potentialtopfs die Verallgemeinerung eines quantenmechanischen Atommodells hin zu einem Ausblick auf Mehrelektronensysteme unter Verwendung des Pauli-Prinzips (S2, S3, E10) • interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8) 	
<p><u>Unterrichtsvorhaben X</u></p> <p>Massendefekt und Kernumwandlungen</p> <p><i>Wie lassen sich energetische Bilanzen bei Umwandlungs- und Zerfallsprozessen quantifizieren?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Strahlungsarten und deren Eigenschaften • Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen • Nuklidkarte • Halbwertszeit und Aktivität • Das Zerfallsgesetz • Atomare und molare Masse • Die C14-Methode • Absorptionsgesetz 	<ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden Alpha-, Beta-, Gamma- Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1) • beschreiben natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse (Kernspaltung und -fusion, Neutroneneinfang) auch mithilfe der Nuklidkarte (S1) 	<p>zentrale Experimente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Luftballon mit Radon (Kriechkeller → Rücksprache mit Hausmeisterin) • Nachweis von Radioaktivität mit dem Geiger-Müller-Zählrohr (GMZ) • Umgang mit der Nuklidkarte • Nebelkammer • Schülerexperimente mit dem

<p><i>Wie entsteht ionisierende Strahlung?</i></p> <p>ca. 25 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Halbleiterdetektor • Bindungsenergie • Massendefekt • Kernspaltung • Kernfusion 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären die Ablenkbarkeit in elektrischen und magnetischen Feldern sowie Durchdringungs- und Ionisierungsfähigkeit von ionisierender Strahlung mit ihren Eigenschaften (S1, S3) • leiten auf der Basis der Definition der Aktivität das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (S7, E9) • beschreiben Kernspaltung und Kernfusion mithilfe der starken Wechselwirkung zwischen den Nukleonen auch unter quantitativer Berücksichtigung von Bindungsenergien (S1, S2) • erläutern den Ablauf einer Kettenreaktion als zentrales Merkmal bei der Energiefreisetzung durch Kernspaltung (S1) • wählen für die Planung von Experimenten mit ionisierender Strahlung zwischen dem Geiger-Müller-Zählrohr und einem energiesensiblen Detektor gezielt aus (E3, E5, S5, S6) • konzipieren Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit kurzlebiger radioaktiver Substanzen (E2, E5, S5) • bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C-14-Methode (E4, E7, S7, K1) • bewerten Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion hinsichtlich der globalen Energieversorgung (B5, B7, K3, K10) • diskutieren ausgewählte Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle unter Berücksichtigung verschiedener Quellen (B2, B4, K2, K10) 	<p>GMZ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nachweis von Radioaktivität - Abschirmung von Alpha-Strahlung - Abstandsgesetz - Halbwertszeitmessung - Bestimmung einer Halbwertsdicke als Absorptionsexperiment
---	---	---	---

<p><u>Unterrichtsvorhaben XI</u></p> <p>Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ionisierender Strahlung</p> <p><i>Wie wirkt ionisierende Strahlung auf den menschlichen Körper?</i></p> <p><i>Was passiert eigentlich im CERN?</i></p> <p>ca. 15 Unterrichtsstunden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Spektrum der elektromagnetischen Strahlung • ionisierende Strahlung • biologische Wirkungen • Dosimetrie • Standardmodell der Elementarteilchen • Austauschteilchen und Feldkonzept 	<ul style="list-style-type: none"> • ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6) • quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2) • wägen die Chancen und Risiken bildgebender Verfahren in der Medizin unter Verwendung ionisierender Strahlung gegeneinander ab (B1, B4, K3) • erläutern qualitativ den Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen, den Aufbau der Nukleonen aus Quarks sowie die Rolle der starken Wechselwirkung für die Stabilität des Kerns (S1, S2, K3) • erläutern qualitativ an der Beta⁻-Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4) • bewerten Teilchenbeschleuniger in Großforschungseinrichtungen im Hinblick auf ihre Realisierbarkeit und ihren gesellschaftlichen Nutzen hin (B3, B4, K1, K7) • stellen Hypothesen zum Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron auf (E2, E4, S1, K4) 	<p>zentrale Experimente: keine</p> <p>Erarbeitung der Inhalte über Recherchen und Präsentation über Referate</p>
--	--	---	--

