

**Physik Hauscurriculum für den Leistungskurs in der Qualifikationsphase
zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe**

Physik

Qualifikationsphase / Leistungskurs

Übersichtsraster / Unterrichtsvorhaben

|

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte
<p>Elektrik</p> <p>Auf der Spur des Elektrons <i>Vom elektrischen Feld zur elektrischen Energie...</i></p> <p>Ladungen und Teilchenbeschleuniger <i>Wie lassen sich Ladungen beschleunigen bzw. ablenken?</i></p> <p>Wandlung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie <i>„Generator und Motor – dieselbe Maschine?“ „Transport von elektrischer Energie“</i></p> <p>Drahtlose Nachrichtenübermittlung <i>Wie funktioniert Rundfunk? Vom Sender zum Empfänger...</i></p> <p>Was ist Licht? <i>Woraus besteht Sonnenlicht?</i></p> <p>Zeitbedarf: 120 Ustd.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder • Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern • Elektromagnetische Induktion / Selbstinduktion • Elektromagnetische Schwingungen und Wellen • Das elektromagnetische Spektrum / Beugung und Interferenz
<p>Relativitätstheorie</p> <p>Licht in Zeit und Raum: Einsteins revolutionäre Sicht der Dinge <i>Hat die Relativitätstheorie Einfluss auf unseren Alltag?</i></p> <p>Zeitbedarf: 30 Ustd.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und deren Konsequenzen • Problem der Gleichzeitigkeit • Zeitdilatation und Längenkontraktion • Relativistische Massenzunahme • Energie-Masse-Beziehung • Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung

<p>Quantenphysik</p> <p>Von klassischen Vorstellungen zur Quantenphysik <i>Welchen Einfluss hat die Quantenphysik auf unseren Alltag?</i></p> <p>Zeitbedarf: 30 Ustd.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Licht und Elektronen als Quantenobjekte (Photoeffekt und Lichtquantenhypothese, Elektronenbeugung) • Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation • Grenzen der Anwendbarkeit klassischer Begriffe in der Quantenmechanik / Heisenberg'sche Unschärferelation Potentialtopf
<p>Atomphysik / Kernphysik / Elementarteilchenphysik</p> <p>Die Geschichte der Atommodelle <i>Welche Materialien leuchten in Energiesparlampen?</i></p> <p>Untersuchung radioaktiver Strahlung / Kernreaktionen <i>Woher wissen wir wie alt die Erde und die Sonne sind?</i></p> <p>Elementarteilchenphysik <i>Was hält unsere Welt zusammen?</i></p> <p>Zeitbedarf: 45 Ustd.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau von Atomen / Von Dalton bis Bohr • Linienspektren • Ionisierende Strahlung • Radioaktiver Zerfall • Kernspaltung und Kernfusion • Elementarteilchen und ihre Wechselwirkung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können...

- (UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetze und Basiskonzepten beschreiben und erläutern.
- (UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen.
- (UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren.
- (UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

- (E1) Probleme und Fragestellungen in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren.
- (E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden.
- (E3) mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten.
- (E4) Experimente auch mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen.
- (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern.
- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen.

- (E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.
- (K1) Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten nach gegebenen Strukturen dokumentieren und stimmig rekonstruieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge
- (K2) in vorgegebenen Zusammenhängen selbstständig physikalischtechnische Fragestellungen mithilfe von Fachbüchern und anderen Quellen, auch einfachen historischen Texten, bearbeiten.
- (K3) physikalische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen
- (K4) physikalische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.
- (B1) bei Bewertungen in physikalisch-technischen Zusammenhängen Bewertungskriterien angeben.
- (B2) für Bewertungen in physikalisch-technischen Zusammenhängen kriteriengeleitet Argumente abwägen und einen begründeten Standpunkt beziehen.
- (B3) in bekannten Zusammenhängen Konflikte bei Auseinandersetzungen mit physikalisch-technischen Fragestellungen darstellen sowie mögliche Konfliktlösungen aufzeigen.

Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans	Lehrmittel / Materialien / Experimente	Verbindliche Absprachen Didaktisch-methodische Anmerkungen
<p>Zwei Arten von Ladungen: Positive und negative Ladungsträger</p> <p>Influenz und Polarisierung / Dipol</p> <p>(3 Ustd)</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <p>unterscheiden zwischen positiven und negativen Ladungen (UF1)</p> <p>erklären elektrostatische Phänomene, wie Influenz und Polarisierung mit Hilfe grundlegender Eigenschaften von elektrischen Ladungen (UF2, E6)</p>	<p>Experiment zum qualitativen Nachweis von Ladungen (Elektroskop und Metallkugeln)</p> <p>Experiment Ladungstrennung mit Gummistock und Katzenfell</p> <p>Experiment zur Influenz mit ungeladener Alu-Folie und Bandgenerator</p> <p>Arbeitsblatt zur Influenz (Dorn-Bader)</p> <p>Experiment zur Polarisierung mit Isolatorkugel am Elektroskop</p>	<p>Aufgreifen der Kenntnisse des Elektrik-Unterrichts der Jgs. 9</p> <p>Demonstrationsexperimente um die Wahrnehmungsfähigkeit der SuS zu fördern.</p>
<p>Das elektrische Feld</p> <p>Eigenschaften von Feldlinien / Abschirmung</p> <p>Die elektrische Feldstärke $E = F / q$</p> <p>Der Millikan-Versuch /</p>	<p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer Felder. und erläutern die Definitionsgleichung der elektrischen Feldstärke (UF2, UF1)</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4)</p> <p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen E-Feld und Gravitationsfeld (UF3, E6)</p> <p>erläutern die Definitionsgleichung der elektrischen Feldstärke (UF2, UF1)</p>	<p>Experiment Darstellung von elektrischen Feldern mit Hilfe von Grieskörnern in Pflanzenöl</p> <p>Alternativ: Bilder auf der Leifiseite!!!!!!</p> <p>Experiment mit dem Bandgenerator und Papierfäden...</p> <p>Java-Applets zur Visualisierung</p> <p>Experiment Faraday-Käfig</p> <p>Youtube Videos: zum Faraday-Käfig ppt-File zum Faraday-Käfig (Server)</p> <p>Experiment: elektrische Kraftmessung mit einer Waage zur Einführung der elektrischen Feldstärke.</p> <p>Aufgabenblatt: Elektrostatik I</p>	<p>Beschreibung der Felder und Schlussfolgerungen für die Eigenschaften von Feldlinien:</p> <p>⇒ Inhomogene und homogene Felder</p> <p>Abschirmung elektrischer Felder: Faraday-Käfig / Gegenfeld</p> <p>Wichtig: Fehlerhafte Darstellung in diversen Büchern!</p> <p>Auswertung des Versuchs: SuS erkennen proportionalen Zusammenhang zwischen F und q und erläutern die Probleme, die dieses experimentelle Verfahren mit sich bringt. (B1, B4)</p>

<p>Elementarladung</p> <p>Flächenladungsdichte $\sigma = Q / A$ Elektrische Feldkonstante</p> <p>(8 Ustd)</p> <hr/>		<p>Experiment: Millikan-Versuch Java-Applets zur Visualisierung</p> <p>Experiment: Ladungsaustausch im Kondensatorfeld</p> <hr/>	<p>Demonstration des Millikan-Versuchs Auswertung mit Hilfe eines Applets Den SuS die Komplikationen einer solchen Messung veranschaulichen!</p> <p>Elektrische Ladungen und Felder in der Medizin und im Alltag: EKG / EEG / Laserdrucker / Gewitter als mögliche Referatsthemen!</p> <hr/>
<p>Arbeit im elektrischen Feld: Potential und Spannungsbegriff</p> <p>Äquipotentialflächen</p> <p>Verhalten von Ladungen in homogenen elektrischen Feldern</p> <p>(5 Ustd.)</p> <hr/>	<p>Wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (Arbeit und Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2)</p> <p>Leiten die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke deduktiv her (E6, UF2) Ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträger nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2, UF4, B1)</p> <p>Beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen Feldern (E1, E2, E3, E4, E5, UF1, UF4)</p> <hr/>	<p>Experiment: Ladungsaustausch im Kondensatorfeld (Welche Arbeit verrichtet das E-Feld, um ein Elektron von der negativen Platte zur positiven zu befördern?)</p> <p>Aufgabenblatt: Elektrostatik II Aufgabenblatt: Elektrostatik III</p> <p>Experiment: Auseinanderziehen der geladenen Platten eines Kondensators</p> <hr/>	<p>SuS sollen aus ihren Vorkenntnissen $E = U/d$ für das Feld eines Plattenkondensators erarbeiten</p> <p>Demonstration des Zusammenhangs zwischen Spannung und verrichtete Arbeit</p> <hr/>
<p>Kondensator / Kapazität</p> <p>$C = Q / U$</p> <p>Dielektrikum</p>	<p>Leiten die Kapazität eines Plattenkondensators deduktiv her (E6, UF2)</p>	<p>Experiment zur Kapazität / Messung von Ladung und Spannung am Plattenkondensator Arbeitsblatt: Kondensator Experiment zur Kapazität mit Dielektrikum ppt-File zu Kondensatortypen (Server)</p>	<p>Wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten / Linearisierungsverfahren und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4)</p>

<p>Energiegehalt eines Kondensatorfeldes: $E_{el} = \frac{1}{2} CU^2$</p> <p>Energiedichte</p> <p>Parallel- / Reihenschaltung von Kondensatoren (6 Ustd.)</p>	<p>ermitteln die in elektrischen Feldern (Kondensator) gespeicherte Energie (UF2)</p>	<p>Aufgabenblatt: Elektrostatik IV</p> <p>Experiment: Schaltung von Kondensatoren Aufgabenblatt: Elektrostatik V</p>	<p>Die Einsatzvielfalt von Kondensatoren im Alltag wird erläutert</p> <p>In diesem Zusammenhang lohnt es sich, die Integralschreibweise / Integrationsrechnung mit einzubinden</p> <p>Einsatz der Magnettafel</p>
<p>Coulomb-Gesetz</p> <p>Überlagerung von Coulombfeldern / Superposition</p> <p>Arbeit und Spannung im radialen Feld</p> <p>(8 Ustd.)</p>	<p>Erstellen bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen, Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3)</p> <p>Wählen das Coulomb-Gesetz problembezogen aus (UF2)</p>	<p>Experiment von Cavendish Arbeitsblatt: Coulomb-Gesetz</p> <p>Alternativ: Drehwagenexperiment Arbeitsblatt: Coulomb-Gesetz/Drehwaage</p> <p>Aufgabenblatt: Elektrostatik VI</p>	<p>SuS leiten über die Flächenladungsdichte das Coulomb-Gesetz her (E5, E6)</p> <p>SuS leiten aus dem graphischen Zusammenhang zwischen F, q und dem Abstand r die Gesetzmäßigkeit ab.</p> <p>Mit Hilfe der Integralrechnung werden Arbeit und Spannung im radialen Feld hergeleitet.</p>
<p>Der elektrische Strom $I = dQ/dt$</p> <p>Die elektrische Leistung $P = dW/dt = U \cdot I$</p> <p>Der elektrische</p>	<p>SuS erklären die grundlegenden elektrischen Größen (UF1, UF4)</p>	<p>Ggf: kleine Demonstrations-Experimente</p> <p>Aufgabenblatt: „Es wird dynamisch“ VII Aufgabenblatt: „Es wird dynamisch“ VIII</p>	<p>Aufgreifen der Kenntnisse des Elektrik-Unterrichts der Jgs. 9</p> <p>Wiederholung ist notwendig, um die weiteren Phänomene (z.B. Kondensatorentladung) zu behandeln</p>

<p>Widerstand $R = U/I$ Schaltung von Widerständen</p> <p>Kirchhoff'sche Gesetze (5 Ustd.)</p>			
<p>Auf- / Entladung von Kondensatoren</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<p>Treffen Entscheidungen für die Auswahl an Messgeräten im Hinblick auf eine verborgene Problemstellung (B1)</p> <p>Beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen Ladung- / und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6)</p> <p>Wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten (E5, B4)</p>	<p>Experiment: Kondensatorentladung zunächst ohne CASSY Arbeitsblatt: Kondensatorentladung</p> <p>Experiment: Kondensatorentladung mit CASSY Experiment: Kondensatoraufladung mit CASSY Arbeitsblatt: Kondensatoraufladung</p>	<p>SuS sollen das exponentielle Verhalten zunächst graphisch darstellen und mathematisch erarbeiten (anschließend mit CASSY verifizieren)</p> <p>Erarbeitung von $Q(t)$, $I(t)$ und $U(t)$</p>
<p>Permanentmagnetismus und Elektromagnetismus Das magnetische Feld</p> <p>Drei-Finger-Regel (UVW-Regel) Richtung der Lorentzkraft</p>	<p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener magnetischer Felder. und erläutern die Definitionsgleichung der magnetischen Feldstärke (UF2, UF1)</p> <p>zeigen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen magnetischem Feld und E-Feld (UF3, E6)</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe der UVW-Regel (UF2,</p>	<p>Handversuche zum Dauermagnetismus Experiment: Feld eines stromdurchflossenen Leiters Experiment: Feld einer stromdurchflossenen Spule Experiment: Leiterschaukel im B-Feld Experiment: Zwei Parallele stromdurchflossene Leiter</p>	<p>Aufgreifen der Kenntnisse des Unterrichts der Jgs. 9</p> <p>Aufgreifen der UVW-Regel</p>

<p>Die magnetische Feldstärke (Flussdichte) $B = F / (I \cdot l)$</p> $F = I \cdot l \times B$ $F = q \cdot v \times B$ <p>Teilchenbeschleuniger Polarlichter Massenspektrometrie</p>	<p>E6)</p> <p>Erstellen bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen, Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3)</p> <p>leiten die Lorentzkraft auf einen einzelnen Ladungsträger deduktiv her (E6, UF2)</p> <p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3)</p> <p>Beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen magnetischen Feldern (E1, E2, E3, E4, E5, UF1, UF4)</p> <p>SuS beschreiben, wie Linearbeschleuniger, Zyklotrons und Synchrotrons funktionieren (UF1, UF4, E1)</p> <p>Beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in E x B-Feldern und unterscheiden zwischen Impulsfilter (magnetisches Feld), Energie-Filter (elektrisches Feld) und Geschwindigkeitsfilter (Wien-Filter, E x B-Feld) (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 von Feldern und bewegten</p>	<p>Experiment: magnetische Feldstärke über Kraftsensor / Messung der Lorentzkraft</p> <p>Experiment: magnetische Feldstärke über Waage / Messung der Lorentzkraft in Abhängigkeit vom Strom I, von der Leiterlänge l, von der Breite des Leiters und des Winkels zwischen I und B-Feld</p> <p>Aufgabenblatt: „Magnetfelder I</p> <p>Experiment: Fadenstrahlrohr</p> <p>Aufgabenblatt: „Magnetfelder II</p> <p>ppt-File: Strahlführung</p> <p>Aufgabenblatt: „Magnetfelder III</p>	<p>Die Definition des Vektorprodukts wird eingeführt.</p> $F = I \cdot l \times B$ $F = q \cdot v \times B$ <p>Die Lorentzkraft als Zentripetalkraft (Aufarbeitung der Kreisbewegung)</p> <p>Referate zu Teilchenbeschleunigern / Polarlichter / Massenspektrograph (K1, K2, K3) Vortrag vom Lehrer über Strahlführung in Beschleunigeranlagen / Massenspektrometrie (Quadrupole / Wien-Filter)</p>
---	---	--	--

<p>Hall-Effekt $U_H = I B d / (n b d e)$</p> <p>Ampere'sches Gesetz / magnetische Feldkonstante</p> <p>Permeabilität => $B = \mu_r \mu_0 n I / l$</p> <p>(22 Ustd.)</p>	<p>Ladungsträgern (E5, UF2)</p> <p>Beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern beim Hall-Effekt. (E1, E2, E3, E4, E5, UF1, UF4)</p> <p>Wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten (E5, B4)</p>	<p>Experiment: Einsatz einer Hall-Sonde zur Bestimmung von B-Feldern Aufgabenblatt: Magnetfelder IV</p> <p>Experiment: B-Feld eines stromdurchflossenen Leiters wird mit einer Hall-Sonde vermessen.</p> <p>Experiment: B-Feld einer Spule wird in Abhängigkeit vom Strom, der Windungszahl n sowie der Spulenlänge mit einer Hall-Sonde vermessen.</p> <p>Experiment: Balkenwaage / Spule mit und ohne Eisenkern</p> <p>Aufgabenblatt: Magnetfelder V</p>	<p>Deduktive Vorgehensweise zur Bestimmung der Hall-Spannung (ggf. durch Schüler-Vortrag)</p> <p>Einblick in die mathematische Beschreibung der Elektrodynamik</p> <p>Exakte Bestimmung von μ_r nicht durchführbar, aber qualitativ gut sichtbar.</p> <p>Mikroskopischer Unterscheid zwischen Ferromagnetismus / Diamagnetismus / Paramagnetismus</p>
<p>Elektromagnetische Induktion</p> <p>$U_{ind} = dB/dt * n * A \cos\theta$</p> <p>Magnetischer Fluss Φ</p> <p>$U_{ind} = n d\Phi/dt$ (Induktionsgesetz)</p>	<p>Führen das Auftreten einer Induktionsspannung in der Spule auf die zeitliche Veränderung des B-Feldes zurück (E6)</p> <p>Erstellen bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen, Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3)</p> <p>Führen das Auftreten einer Induktionsspannung in der Leiterschleife auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem</p>	<p>S-Experiment: zur Induktion Relativbewegung zwischen Spule und Magnet</p> <p>Experiment: Induktionsspule im Feld eines Solenoiden / Messung der Induktionsspannung in Abhängigkeit von dB/dt, der Windungszahl und der Querschnittsfläche der Induktionsspule</p> <p>Experiment: rotierende Leiterschleife im Magnetfeld / Erzeugung einer Wechselfspannung</p>	<p>SuS erarbeiten einen Zusammenhang zwischen U_{ind} und der Bewegung des Magneten</p> <p>Wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten / Linearisierungsverfahren und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4)</p>

<p>Thomson'scher Ringversuch</p> <p>Lenz'sche Regel</p> <p>Selbstinduktion Induktivität L</p> <p>Ein- / Ausschaltvorgang bei Reihenschaltung von Spule und Widerstand</p>	<p>Magnetfeld zurück / Erzeugung einer Wechselspannung) (E6)</p> <p>identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung von B in Anwendungs- / Alltagssituationen (E1, E6, UF4)</p> <p>Planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5)</p> <p>Begründen mit Hilfe der UVW-Regel die Beobachtung des Ringversuchs (E4, E5)</p> <p>Begründen die Lenz'sche Regel mit Hilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzepts (E6, K4)</p> <p>Bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mit Hilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6)</p> <p>Erarbeiten mit Hilfe der Maschenregel den funktionellen Verlauf von I und vergleichen diesen mit dem Fall für die Kondensatorauf- / bzw. Entladung (E4, E5, E6, E7)</p>	<p>S-Experiment / Stationenlernen zur Induktion Relativbewegung zwischen Spule und Magnet</p> <p>Experiment: frei fallender Magnet im Cu-Rohr</p> <p>Aufgabenblatt: Aufgaben zur Induktion I</p> <p>Experiment: Selbstinduktion (verzögertes Leuchten eine Glühlampe, die in Reihe mit einer Spule geschaltet ist)</p> <p>Experiment: Einschalt- / Ausschaltvorgang bei Reihenschaltung vom Spule und Widerstand mit CASSY</p>	<p>Bezug zu Induktionsvorgängen im Alltag (z.B. Induktionsherd)</p> <p>Anwendung der Lenz'schen Regel: Wirbelstrombremse / Freifallturm</p> <p>Elektrisches Wirbelfeld</p> $U = \oint \vec{E}_i \cdot d\vec{s}_i$ <p>Das elektromotorische Prinzip: Funktionsweise von Generator und Motor (Schüler-Referat)</p> <p>Erarbeitung von</p> $U_{\text{ind}} = -n \frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$ <p>Induktivität einer Spule: => $L = - \mu_r \mu_0 n^2 A / l$</p> <p>SuS sollen das exponentielle Verhalten zunächst graphisch darstellen und mathematisch erarbeiten (anschließend mit CASSY)</p>
---	---	--	---

<p>Energiegehalt eines magnetischen Feldes $E_{\text{mag}} = \frac{1}{2} LI^2$ Maxwell'sche Gleichungen (17 Ustd.)</p>	<p>ermitteln die in magnetischen Feldern (Spule) gespeicherte Energie (UF2)</p>	<p>Aufgabenblatt: Aufgaben zur Induktion II Aufgabenblatt: Aufgaben zur Induktion III</p>	<p>verifizieren) Erarbeitung von $Q(t)$, $I(t)$ und $U(t)$ Einblick in die mathematische Beschreibung der Elektrodynamik</p>
<p>----- Grundlagen zum Wechselstromkreis</p>	<p>----- Berechnen mit Hilfe der Zusammenhänge von Strom, Spannung und Widerstand den Kapazitiven und induktiven Widerstand (UF4, E5, E6, E7)</p>	<p>----- Experiment: mit Frequenzgenerator zur Ermittlung der Phasenbeziehungen zwischen Strömen und Spannungen im RL, RC und RCL-Stromkreis / Wechselstromwiderstände Java-Applets zur Visualisierung (Leifi) ppt-File: Leistung im Wechselstromkreis Experiment: Siebkette / Sperrkreis</p>	<p>----- Verwendung eines Oszilloskops bzw von CASSY zur Visualisierung</p>
<p>Transformator Spannungstransformation</p>	<p>Erarbeiten die Zusammenhänge beim Transformator (UF4, E2, E4, E5, E6, K4)</p>	<p>Aufgabenblatt: WSK I Aufgabenblatt: WSK II S-Experimente: Unbelasteter / belasteter Transformator Arbeitsblatt: Transformator Experiment: Hörner / Schweißen</p>	<p>Der Transformator und seine Bedeutung im Alltag: Netzgeräte und Gleichrichter Schweißen Hochspannungstransformation Transport elektrischer Energie</p>
<p>Elektromagnetische Schwingung und mechanische Schwingung Schwingungsdauer / Frequenz</p>	<p>Erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, B1, E5)</p>	<p>Wiederholung von grundlegenden Experimenten zu mechanischen Schwingungen: Federpendel, Fadenpendel, (un-)gedämpfte / erzwungene Schwingung, Resonanz, harmonische Schwingung / gekoppelte Pendel Experiment: Strom-/ Spannungsmessung im Schwingkreis mit variablem R / Darstellung mit CASSY</p>	<p>Der Schwingkreis als Teil des Sperrkreises Rückblick auf mechanische Schwingungen (Jgs EF)</p>
<p>Schwingkreis Thomson'sche Gleichung</p>	<p>Erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am</p>		<p>Vergleich zwischen Federpendel und Schwingkreis</p>

<p>$T = (2\pi \sqrt{LC})$</p> <p>(16 Ustd.)</p> <p>-----</p> <p>Mechanische Wellen Wellenlänge, Phasengeschwindigkeit $c = \Delta s / \Delta t = \lambda / T = c f$ Longitudinal-/ Transversalwellen Dopplereffekt</p> <p>Huygen'sches Prinzip zur Erklärung von Beugung / Interferenz / Reflexion und Brechung</p> <p>Bezug zur Optik</p> <p>Stehende mechanische</p>	<p>Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse, u.a. die Energieumwandlungsprozesse. (UF1, UF2)</p> <p>Beschreiben den Schwingungsvorgang im RCL-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen die wesentlichen Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5)</p> <p>-----</p> <p>Beschreiben die Phänomene im Zusammenhang mit mechanischen Wellen (UF1, K1)</p> <p>Beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6)</p> <p>Erläutern die Zusammenhänge zwischen mechanischen Wellen und den Beobachtungen aus der Optik (UF4)</p> <p>Erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1)</p> <p>Beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygen'schen Prinzips. (UF1, E6)</p>	<p>-----</p> <p>Experiment: Wellenmaschine Applets zur Visualisierung (Phyisismart) Aufgabenblatt: Wellen I</p> <p>ppt-File: Dopplereffekt Experiment: Dopplerrocket Aufgabenblatt: Dopplereffekt</p> <p>Experiment: Wellenwanne: ebene Welle / Beugung / Interferenz / Reflexion / Brechung Alternativ: Bilder von Leifi</p> <p>Applets zur Visualisierung (Phyisismart) ppt-File: Beugung</p> <p>Experimente: Totalreflexion / Lichtleiter</p>	<p>-----</p> <p>Vom gekoppelten Pendel zur mechanischen Welle (u.a. Whg. aus der EF)</p> <p>Erarbeitung der Wellengleichung Entstehung und Ausbreitung von Longitudinal- / Transversalwellen</p> <p>Bezug zum Reflexionsgesetz und zum Brechungsgesetz aus der Optik / Totalreflexion</p> <p>Referate zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit (K1, K2, K3)</p>
---	--	---	--

<p>Wellen zur Vorbereitung auf elektromagnetische Wellen Schall Schallpegel, Lautstärke, Frequenzbereich</p>	<p>Erkennen unterschiedliche Schwingungsmodi Und sind in der Lage aus der Wellenlänge die Schallgeschwindigkeit zu bestimmen (E2, E4, E5)</p>	<p>Experiment: Federseil Applets zur Visualisierung (Phyissmart) ppt-File: stehende Wellen Experiment: Kundt'sches Rohr Experiment: Hörschwellen der SuS bestimmen</p>	<p>Stehende Wellen im Alltag: Orgelpfeifen, mit Wasser gefüllte Flasche Chladni-Figuren Aufgreifen der Kenntnisse des Unterrichts der Jgs. EF</p>
<p>vom Schwingkreis zur elektromagnetischen Welle Hertz'scher Dipol</p>	<p>Beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6)</p>	<p>ppt-File: Hertz Experiment: UKW-Sender und Dipol-Empfänger (Glühlampen am Empfangsdipol) ppt-File: Dipol</p>	<p>Anwendungsbereich: Ultraschall Zur Erinnerung an den Schwingkreis Bezug zur stehenden Welle: Spannungs-/ Strom-Knoten/ - Bäuche</p>
<p>Rundfunktechnik Amplituden-/ Frequenzmodulation</p>	<p>Erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfeldes bei E- und B-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6) Erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6)</p>	<p>Experiment: Mikrowellen Durchlässigkeit / Reflexion / Brechung an Prisma und Linse / stehende Welle / Beugung / Polarisation</p>	<p>Alltagbezug: Bau eines Radios (Conrad-Baukästen)</p>
<p>Mikrowellen Beugungsphänomene in der Optik: Doppelspalt Gitter Einzelspalt Dünnen Schichten</p>	<p>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) Erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1)</p>	<p>Experiment: Beugung am Doppelspalt mit Laser Applets zur Visualisierung (Phyissmart) Experiment: Beugung am Gitter mit Lasern Experiment: Beugung am Gitter mit weißem Licht Experiment: Verwendung unterschiedlicher Spektrallampen</p>	<p>Bezug zur Optik Das elektromagnetische Spektrum Einsatz von Lasern unterschiedlicher Wellenlängen Verwendung von Durchlass- / Reflexionsgittern Bestimmung der Gitterkonstanten einer CD / DVD Darstellung eines sichtbaren Spektrums</p>

(26 Ustd.)	Mit Mikrowellen und Licht die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5)	Experiment: Beugung am Einzelspalt Experiment: Interferenz an dünnen Schichten Aufgabenblatt: Optik I Aufgabenblatt: Optik I	Spektrn unterschiedlicher Lampen / Linienspektren / Wellenlängenbestimmung der Linien Bezug zur Astronomie: Fernrohröffnung Seifenblasen / Ölpfützen Newton-Ringe Holographie (Referat?)
Σ: 120 Ustd.			

Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans	Lehrmittel / Materialien / Experimente	Verbindliche Absprachen Didaktisch-methodische Anmerkungen
	Die Schülerinnen und Schüler ...		
Spezielle Relativitätstheorie Relativbewegungen Relativitätsprinzip nach Galilei Inertialsysteme Galilei-Transformation Äther / Michelson-Morley-Experiment Konsequenzen aus dem Experiment: Einsteins Postulate Relativitätsprinzip Konstanz der	geben die Kenntnisse von Galilei wieder und erläutern das Additionstheorem der Geschwindigkeiten nach Galilei / Galilei-Transformation (UF1, UF4, E6) greifen die Kenntnisse von Maxwell auf, nach der die Lichtgeschwindigkeit konstant ist und erkennen den Widerspruch zu Galilei (UF4) Begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6) Erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)	<p>ppt-File: spezielle Relativitätstheorie</p> <p>Applets zur Visualisierung (Physissmart) Aufgabenblatt: Relativität I</p> <p>Experiment: Michelson-Morley-Experiment mit Laser Zusatzmaterial: Applet / interaktives Bildschirmexperiment bei Leifi</p> <p>Experiment: mit Mikrowellen (Abi-Klausur) Aufgabenblatt: Relativität I</p>	Anhand eines Lehrervortrags sollen die SuS auf Einsteins neue Sicht der Dinge hingeführt werden Beispiele von näherungsweise Inertialsystemen werden genannt Äther-Begriff wird diskutiert Messprinzip / Aberration wird erläutert und diskutiert Deutung des Interferenzmusters / Keine Veränderung durch Drehung der Apparatur Unterschiedliche Interpretationen => Einsteins Sichtweise Verletzung der Galilei-Invarianz bei der

<p>Lichtgeschwindigkeit</p> <p>Gleichzeitigkeit Lichtuhr</p> <p>Zeitdilatation</p> $\Delta t' = \Delta t \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ <p>Zwillingsparadoxon</p> <p>Myonenzerfall</p> <p>Längenkontraktion</p> $L' = L \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ <p>Relativistischer Dopplereffekt</p> <p>Lorentz-Transformation und Folgerungen:</p> <p>Geschwindigkeitsaddition</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>Erläutern die Zeitdilatation anhand des Nachweises von der in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1)</p> <p>Beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)</p> <p>Begründen den Ansatz der Herleitung der Längenkontraktion (E6)</p> <p>Erläutern die Längenkontraktion anhand des Nachweises von der in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1)</p> <p>Begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2)</p>	<p>Applets zur Visualisierung (PhySissmart) Gleichzeitigkeit und Bezugssystem</p> <p>Gedankenexperiment: Lichtuhr Applet zur Visualisierung</p> <p>Aufgabenblatt: Relativität I</p> <p>Gedankenexperiment: Messung der Länge einer sich gleichförmig bewegenden Rakete aus zwei Bezugssystemen</p> <p>Videos: Verzerrte Objekte Mit Lichtgeschwindigkeit durch die Uni Aufgabenblatt: Relativität II</p> <p>Minkowski-Diagramme: Buch bzw. Leifi Aufgabenblatt: Relativität II Aufgabenblatt: Relativität III</p>	<p>Bewegung geladener Teilchen</p> <p>„Bewegte Uhren gehen langsamer!“ Synchronisation erfolgt im „Ruhesystem“ Zwillingsparadoxon wird diskutiert (Keine Symmetrie) Raum-Zeit-Diagramm</p> <p>Myonenzerfall im Speicherring / in der Atmosphäre Messung mit Atomuhren von Hafele und Keating</p> <p>Auswirkungen der Zeitdilatation auf Längenmessungen</p> <p>„Bewegte Körper sind kürzer!“</p> <p>„Rotverschiebung“ entfernter Galaxien (Konsequenzen für die Kosmologie)</p> <p>Lorentz-Transformation über Plausibilitätsbetrachtung Übergang der Lorentz-Transformation in die Galilei-Transformation für $v \ll c$</p> <p>Minkowski-Raum / Lorentz-Invariante</p>
---	--	---	--

<p>Relativistische Massenzunahme</p> $m(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ <p>Relativistischer Impuls</p> $p(v) = m(v) \cdot v = \frac{m_0 \cdot v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ <p>Äquivalenz von Masse und Energie</p> $E = E_{kin} + E_0 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ <p>Energieerhaltungssatz</p> <p>Energie-Impuls-Beziehung</p> $E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$ <p>Ausblick auf Kernumwandlungsprozesse</p> <p>Teilchenannihilation</p>	<p>Erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3)</p> <p>Erläutern den Einfluss der relativistischen Massezunahme auf die Bewegung geladener Teilchen (E6, UF4)</p> <p>Erläutern die Energie-Massebeziehung (UF1)</p> <p>Berechnen die relativistische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2)</p> <p>Beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E = mc^2$ für Forschung und technische Nutzung der Kernspaltung / Kernfusion (B1, B3)</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, B5)</p>	<p>Gedankenexperiment: Kanonenkugel wird in einer sich gleichförmig bewegenden Rakete abgeschossen</p> <p>Bildschirmexperiment bei Leifi: Bertozzi-Versuch</p> <p>Aufgabenblatt: Relativität IV</p> <p>Technische Nutzung von $E = mc^2$</p> <p>Videos:</p>	<p>„Träge“ Masse und „schwere“ Masse</p> <p>Konsequenzen für den Betrieb von Teilchenbeschleunigern</p> <p>Energie-Massebeziehung aus Taylor-Entwicklung</p> <p>Ruheenergie / kinetische Energie</p> <p>Herleitung der Energie-Impuls-Beziehung Durch die SuS</p> <p>Ausblick :</p> <p>Kernwaffen: Atombombe / Wasserstoffbombe</p> <p>Kernkraftwerke</p> <p>Paar-Vernichtung und Warp-Antrieb</p>
--	--	--	--

<p>Allgemeine Relativitätstheorie</p> <p>Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen</p> <p>(30 Ustd.)</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 Raumes (K3)</p> <p>Bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbildes (B4)</p>	<p>zur allgemeinen Relativitätstheorie</p>	<p>„je stärker des Gravitationsfeld, desto langsamer geht die Uhr“</p> <p>Einfluss auf den Alltag: Satellitenavigation / GPS</p> <p>Lichtablenkung durch supermassive Objekte: Neutronensterne / schwarze Löcher Gravitationslinsen</p>
<p>Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</p>	<p>Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler ...</p>	<p>Lehrmittel / Materialien / Experimente</p>	<p>Verbindliche Absprachen Didaktisch-methodische Anmerkungen</p>
<p>Hallwachseffekt</p> <p>Photoeffekt</p> <p>Gegenfeldmethode h-Bestimmung Austrittsarbeit</p> <p>Photonen $E = h f = E_{\text{kin}} + W_A$ h-Bestimmung mit LEDs</p>	<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 Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1),</p> <p>beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise der Gegenfeldmethode (K3, K2)</p> <p>ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6)</p>	<p>Experiment: Hallwachseffekt: geladene Zinkplatte wird über eine Hg-Lampe entladen / Filter werden in den Strahlengang gebracht</p> <p>Experiment: Photoeffekt: Zinkplatte wird durch eine Photozelle ersetzt. Bestrahlung mit Hg-Lampe / Filter => Stromflussmessung</p> <p>Experiment: Photoeffekt: Gegenfeldmethode Bestimmung von h und Austrittsarbeit Arbeitsblatt: Photoeffekt</p>	<p>Hallwachseffekt als Einstieg: Rückblick auf die klassische Betrachtung / elektromagnetische Wellen</p> <p>Kontroverse zur elektromagnetischen Welle</p> <p>Verwendung des Messverstärkers! h-Bestimmung fehlerbehaftet</p>

<p>Compton-Effekt Compton-Wellenlänge</p> <p>MILQ-Programm: Welle und Teilchen Präparation und Eigenschaft</p> <p>Klassische Teilchen und Quantenobjekte Wellennatur von Materie De Broglie-Wellenlänge</p> <p>Welle-Teilchen- Dualismus</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>stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1),</p> <p>erklären die De-Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),</p> <p>beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise der Gegenfeldmethode (K3, K2) interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6), erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7)</p> <p>diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im</p>	<p>Experiment: Bestimmung von h mit LEDs ppt-Folien / Leifi-Seite Aufgabenblatt: QM I</p> <p>Experiment: Compton-Effekt / Impuls von Photonen ppt-File: Compton-Effekt</p> <p>MILQ-Programm: mit jeweils zu den Kapiteln passenden Arbeitsblättern Kapitel I und II : Applet „Polfilter</p> <p>Kapitel III bis V : Applet „Interferometer“, „Doppelspaltexperiment</p> <p>Experiment: Elektronenbeugungsröhre Arbeitsblatt: Elektronenbeugung</p> <p>Aufgabenblatt: QM II Aufgabenblatt: QM III</p>	<p>Aufbau eines Halbleiters / pn-Konjunktionen in Sperr- und Durchlassrichtung Funktionsweisen von Solarzellen, Halbleiter-Detektoren und LEDs</p> <p>Ist nicht für das Abitur erforderlich, zeigt aber die Bedeutung von Energie und Impulserhaltungssatz</p> <p>Erarbeitung erfolgt selbstständig am Computer</p> <p>SuS vertiefen ihr Verständnis über den Photoeffekt und lernen etwas über die Begriffe „Präparation“ und „Eigenschaft“ kennen</p> <p>SuS lernen anhand der Applets, dass Elektronen Welleneigenschaften besitzen</p> <p>SuS erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),</p>
--	--	--	--

<p>Born'sche Wahrscheinlichkeitsinterpretation $P(x) \cdot \Delta x = \psi(x) ^2 \cdot \Delta x$</p> <p>Komplementarität</p> <p>Heisenberg'sche Unschärferelation</p> <p>Schrödingergleichung</p> <p>Potentialtopf Tunneleffekt</p> <p>(30 Ustd.)</p>	<p>Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),</p> <p>diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6).</p> <p>erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3), deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4), erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4),</p> <p>erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen 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>	<p>Kapitel VI : Applet „Interferometer“, „Doppelspaltexperiment Born'sche Wahrscheinlichkeitsinterpretation</p> <p>Kapitel VII : Heisenberg'sche Unschärferelation</p> <p>Kapitel VIII : Schrödingergleichung</p> <p>Kapitel X und XI : Potentialtopf und Tunneleffekt</p>	<p>„Interferenz komplementär zum Teilchencharakter“</p> <p>Schrödingers Katze SuS führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),</p> <p>Kapitel VIII erfolgt als Lehrervortrag Herleitung der Energiewerte für den Potentialtopf Energien und Wellenfunktion Vergleich mit stehenden Wellen</p> <p>Bedeutung des Tunneleffekts für die Fusion in der Sonne Phasenraum</p>
--	---	--	---

Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans	Lehrmittel / Materialien / Experimente	Verbindliche Absprachen Didaktisch-methodische Anmerkungen
<p>Historischer Einblick in die Entwicklung der Atommodelle Von Dalton bis Rutherford und Bohr</p> <p>Frank-Hertz-Versuch</p> <p>Bohrsches Postulate</p> <p>Linienpektren</p> <p>Entstehung von Röntgenstrahlung</p> <p>Röntgenspektren</p> <p>(10 Ustd.)</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <p>geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),</p> <p>erklären Linienpektren 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 Linienpektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4),</p> <p>beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),</p> <p>deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6), erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1),</p>	<p>ppt-File: Einführung in die Atomphysik (Lehrervortrag)</p> <p>Rutherford-Streuexperiment im Vortrag Aufgabenblatt: Atomphysik I</p> <p>Experiment: Franck-Hertz-Versuch Arbeitsblatt: Franck-Hertz-Versuch Besprechung mit Phisissmart-Applet</p> <p>Arbeitsblatt: Bohrsches Atommodell Es folgt: ppt.Vortrag Bohrsches Atommodell Experiment: Wasserstoffspektrallampe und Gitter</p> <p>Experiment: Resonanzabsorption mit Na-Lampe und Natrium in Bunsenbrenner / Na-Dampf und Prismenspektrometer</p> <p>Aufgabenblatt: Atomphysik II</p> <p>Aufgabenblätter: Röntgenspektren (vgl. Leifi)</p>	<p>Einführung in die Atomphysik findet in Form eines Vortrags statt, um die SuS auf ihr Studentenleben vorzubereiten</p> <p>Welche physikalischen Phänomene ließen sich mit den vorhandenen Modellen erklären?</p> <p>SuS sollen anhand ihres Wissens aus der E-Dynamik im Zusammenhang mit den Bohr'schen Postulaten die Energiewerte eines Wasserstoffatoms bestimmen</p> <p>SuS entdecken die Entstehung der Röntgen-Bremsstrahlung und der charakteristischen Strahlung und nehmen Bezug auf das Bohrsche Atommodell Mosely-Gesetz</p>

<p>Einführung in die Kernphysik</p>	<p>benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),</p>		<p>Was verbinden die SuS mit Kernphysik?</p>
<p>Historischer Einblick in die Kernphysik</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>erfahren die Zusammensetzung der Kernstrahlung und den Eigenschaften der vom Kern emittierten Teilchen (UF1)</p>	<p>ppt-File: Einführung in die Kernphysik (Lehrervortrag)</p>	<p>Zusammensetzung des Kerns Nuklid, Isotope, Isotone Kernradien, Kernmassen Nuklidkarte Entdeckung der Radioaktivität Nachweis von Kernstrahlung Funktionsweise des GMZ</p>
<p>Zusammensetzung der Kernstrahlung</p>	<p>stellen Reaktionsgleichungen beim Kernzerfall auf (UF2)</p> <p>identifizieren natürliche Zerfallsreihen (UF2)</p>	<p>Experiment mit ^{226}Ra-Quelle / Zählrate mit GGM-Zählrohr als Funktion des Abstands als Funktion des Materials zwischen Quelle und Zählrohr Ablenkung im B-Feld</p>	<p>Nullrate / Untergrundstrahlung</p> <p>α, β, γ-Strahlung und ihre Natur Kernreaktionen mit Neutrinos!</p>
<p>Kernumwandlung als Folge eines Kernzerfalls Zerfallsreihen Zerfallsgesetz Aktivität</p>	<p>leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6), entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5), 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>Zusätzlich zum α, β und γ-Zerfall werden noch der β^+-Zerfall und der K-Einfang behandelt.</p> <p>SuS stellen die vier möglichen Zerfallsreihen mit Hilfe der Nuklidkarte auf.</p>
<p>Datierungsmethoden</p>	<p>bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2),</p>	<p>ppt-File: ^{14}C-Methode Aufgabenblatt: Kernphysik I</p>	<p>Zerfallsgesetz wird über eine DGL hergeleitet / vgl. Elektrodynamik</p>

<p>Wechselwirkungsprozesse zwischen Strahlung und Materie</p> <p>Geladene Teilchen und Materie</p> <p>Elektromagnetische Strahlung und Materie</p> <p>Dosimetrie Energiedosis / Ionendosis Äquivalentdosis Einfluss der Strahlung auf organisches Gewebe</p> <p>Bildgebende</p>	<p>im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (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 Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),</p> <p>erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis), auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),</p> <p>beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4)</p>	<p>ppt-File: Elementarteilchen und Standardmodell</p> <p>Dokumentation der WW mit Hilfe des SRIM-Programms</p>	<p>Fundamentale Wechselwirkungen Austauschteilchen und Felder</p> <p>Ggf.: Feynman-Diagramme</p> <p>Einblick in die Kosmologie?</p> <p>SuS recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).</p> <p>Geladene Teilchen: Bremsstrahlung / Anregung (elektronisches Stopping) Bragg-Peak, Cerenkov-Strahlung Energie-Straggling, Winkel-Straggling Reichweiten</p> <p>Aufgreifen des Photoeffekts / Compton-Effekts und der Paarbildung Rayleigh-Streuung Wirkungsquerschnitte Absorptionskoeffizienten</p> <p>Umgang mit der Radioaktivität zu Beginn des 20. Jahrhunderts: Radon-Bier, Radon-Zahnpasta, etc.</p> <p>Statistiken aus Europa bzgl. Radonkonzentration</p> <p>Krebsstatistiken aus Hiroshima / Tschernobyl</p>
---	--	--	--

Verfahren 10 Ustd.	stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4)		Kernspintomographie Szintigraphie
------------------------------	--	--	-----------------------------------

