

Unterrichtsvorhaben Einführungsphase

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase (EF)		Die Zeitangaben beziehen sich auf Unterrichtsstunden im 60 min Takt
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p>Verkehrsphysik Wie lassen sich Bewegungen vermessen und analysieren? Zeitbedarf: 36 Ustd.</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kräfte und Bewegungen • Energie und Impuls 	<p>E7 Arbeits- und Denkweisen K1 Dokumentation E2 Wahrnehmung und Messung E6 Modelle UF2 Auswahl K3 Präsentation</p>
<p>Weltbild im Wandel der Zeit Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem? Zeitbedarf: 16 Ustd.</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gravitation • Kräfte und Bewegungen 	<p>B3 Werte und Normen E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen</p>
<p>Schwingungen in Musik u. Technik Schwingungen in Musik und Technik Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Harmonische Schwingungen und Wellen • Kräfte und Bewegungen • Eigenschwingung und Resonanz • Entstehung, Ausbreitung und Überlagerung von Wellen 	<p>E2 Wahrnehmung und Messung UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl K1 Dokumentation K2 Recherche</p>
Summe Einführungsphase: 62 Stunden		

Konkretisierte Unterrichtsvorhaben - Einführungsphase

Inhaltsfeld: *Mechanik*

Kontext: *Physik und Sport*

Leitfrage: Wie lassen sich Bewegungen vermessen, analysieren und optimieren?

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- E7 Arbeits- und Denkweisen naturwissenschaftlichen 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
- E2 Kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,
- E6 Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen.
- UF2 zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen.
- K3 physikalische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen

Sequenzierung des Unterrichtsvorhabens: siehe nächste Seite

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beschreibung von Bewegungen Straßenverkehr (2 Ustd.)	beschreiben unterschiedliche Phänomene in Verkehrssituationen mit übergeordneten Begrifflichkeiten wie Konstanz oder Änderung der Bewegungsgröße Geschwindigkeit bzw. mit dem Begriff der Beschleunigung (UF2/UF4)	Videos aus Verkehrssituationen	Einstieg über unterschiedliche Erfahrungen beim Benutzen von verschiedenen Verkehrsmitteln Vorstellungen zur Trägheit und unterschiedlichen Bewegungsformen (beschleunigt, unbeschleunigt/ Kurvenfahrt) Diskussion von Alltagsvorstellungen und fachsprachliche Einordnung der Bewegungstypen/grafische Darstellung (Unterrichtsvertiefung über die Simulation „Moving man“)

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<p>Beschreibung und Analyse von Bewegungen (16 Ustd.)</p>	<p>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2), vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1), entscheiden begründet, welche Phänomene bei der Analyse von Bewegungen wie z.B. Reibung zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4), planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u.a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1), stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3), erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5)</p>	<p>Flüssigkeitsstäbe (Lineal/Stoppuhr)</p> <p>Fahrbahnversuche</p> <p>Videoanalyse von Bewegungen (Aufziehtautos, freier Fall, waagerechter Wurf)</p> <p>Fallversuche mit Papierkugeln verschiedener Größe</p>	<p>Einführung in die Verwendung von digitaler Videoanalyse</p> <p>Unterscheidung von gleichförmigen und (beliebig) beschleunigten Bewegungen (insb. auch die gleichmäßig beschleunigte Bewegung)</p> <p>Darstellung der Messdaten in Tabellen und Diagrammen, Erstellen und Interpretieren von t-s und t-v-Diagrammen, Bestimmung von Strecken/Orten, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen aus den Diagrammen</p> <p>Herleitung der Formeln für gleichförmige und beschleunigte Bewegungen mit Hilfe der Diagramme</p> <p>Hypothesen entwickeln und testen</p> <p>Geschwindigkeit (und ggf. Beschleunigung) als vektorielle Größe(n): Vektorielle Addition von Geschwindigkeiten, Superpositionsprinzip (qualitativ, quantitativ nur per Zeichnung)</p>

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<p>Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung (9 Ustd.)</p>	<p>berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6), reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4), geben Kriterien (u.a. Objektivität, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit, Überprüfbarkeit) an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1)</p>	<p>Newton'sches Bewegungsgesetz, Experimente mit der Luftkissenfahrbahn Reflektierendes Unterrichtsgespräch über den oben durchgeführten Versuch</p>	<p>Definition der Kraft als Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I. Kennzeichen von Laborexperimenten im Vergleich zu natürlichen Vorgängen besprechen, Ausschalten bzw. Kontrolle bzw. Vernachlässigen von Störungen</p>

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Energie und Leistung Impuls (9 Ustd.)	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4)</p> <p>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1), verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6), begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4)</p>	<p>Conceptmaps zur Energie an Hand des Lehrbuchs (Recherche)</p> <p>Bestätigungsexperimente bei Energiewandlungen z.B. Fadenpendel</p> <p>Fahrbahnstoßversuche (elastische/unelastisch)</p>	<p>Begriff der Energie</p> <p>Einführung der Definition der Energiearten</p> <p>Energieerhaltung</p> <p>Impulsaustausch mit ruhenden/fahrenden Wagen</p> <p>Nachweis der Impulserhaltung</p> <p>Vertiefung über Simulationsexperimente z.B. Walter Fendt</p>
36 Ustd.	Summe		

Kontext: Auf dem Weg in den Weltraum

Leitfrage: Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem?

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Gravitation, Kräfte und Bewegungen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- E6 Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen
- B3 in bekannten Zusammenhängen Konflikte bei Auseinandersetzungen mit physikalisch-technischen Fragestellungen darstellen sowie mögliche Konfliktlösungen aufzeigen
- E7 naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen

Sequenzierung des Unterrichtsvorhabens: siehe nächste Seite

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Aristotelisches Weltbild, Kopernikanische Wende (2 Ustd.)	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7)	Geozentrisches und heliozentrisches Planetenmodell	Einstieg über Film „Kurze Geschichte der Zeit“ von Hawking
Planetenbewegungen und Kepler'sche Gesetze (4 Ustd.)	ermitteln mithilfe von astronomischen Beobachtungen und der Kepler'schen Gesetze astronomische Größen (E6) beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton initiiert wurden (E7, B3).	Animationen zur Darstellung der Planetenbewegungen Filmanalyse von ausgewählten Abschnitten eine „Kurze Geschichte der Zeit“ von Hawking	Zusammenfassung der Keplerschen Gesetze über ein Video

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Kreisbewegungen (4 Ustd.)	analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6)	Messung der Zentralkraft	<p>Beschreibung von gleichförmigen Kreisbewegungen, Winkelgeschwindigkeit, Periode</p> <p>Zentralkraft- und Zentralbeschleunigung: An dieser Stelle sollen das experimentell-erkundende Verfahren zur Erkenntnisgewinnung und das deduktive Verfahren am Beispiel der Herleitung der Gleichung für die Zentralkraft als die beiden wesentlichen Erkenntnismethoden der Physik bearbeitet werden.</p> <p>Herausstellen der Notwendigkeit der Konstanthaltung der restlichen Größen bei der experimentellen Bestimmung einer von mehreren anderen Größen abhängigen physikalischen Größe (hier am Beispiel des vermutlichen Schülerfehlers bei der Bestimmung der Zentripetalkraft in Abhängigkeit von der Masse des rotierenden Körpers)</p> <p>Massenbestimmungen im Planetensystem, Fluchtgeschwindigkeiten</p> <p>Bahnen von Satelliten und Planeten</p>

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Newton'sches Gravitationsgesetz, Gravitationsfeld (6 Ustd.)	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6).	Arbeit mit dem Lehrbuch, Recherche im Internet (vgl. z.B. http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/gravitationsgesetz-und-feld)	Newton'sches Gravitationsgesetz als Zusammenfassung bzw. Äquivalent der Kepler'schen Gesetze Newton'sche „Mondrechnung“ Anwendung des Newton'schen Gravitationsgesetzes und der Kepler'schen Gesetze zur Berechnung von Satellitenbahnen Feldbegriff diskutieren, Definition der Feldstärke über Messvorschrift „Kraft auf Probekörper“
16 Ustd.	Summe		

Kontext: Physik und Musik

Leitfrage: Mit welchen gemeinsamen Beschreibungsmodellen lassen sich Schwingungsvorgänge in Musik und Technik erfassen?

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Harmonische Schwingungen und Wellen
- Kräfte und Bewegungen; Eigenschwingung und Resonanz
- Entstehung, Ausbreitung und Überlagerung von Wellen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- E2 kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,
- UF1 physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern
- UF2 zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen
- K2 in vorgegebenen Zusammenhängen selbstständig physikalisch-technische 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

Sequenzierung des Unterrichtsvorhabens: siehe nächste Seite

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Wie erzeugt ein Lautsprecher Schall? (6 Ustd.)	lernen am Beispiel der Bewegung der Lautsprechermembran die Schwingung als eine neue Bewegungsform kennen und beschreiben diese mit Hilfe geeigneter Fachbegriffe. (UF1) lernen weitere Schwingungsvorgänge kennen und beschreiben diese durch ein gemeinsames Modell (E6)	Tonerzeugung mit Lautsprecher und Frequenzgenerator Stimmgabeln, rußgeschwärzte Glasplatte Feder- und Fadenpendel (CASSY) Federpendel und Kreisbewegung im Vergleich	Erarbeitung der Grundbegriffe zur Beschreibung von Schwingungen: <ul style="list-style-type: none"> • Frequenz und Periodendauer • Amplitude • Gleichgewichtslage • Umkehrpunkt Beschreibung von Schwingungsvorgängen.
Der Resonanzkörper eines Lautsprechers (2 Ustd.)	erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1/K2)	(Resonanz Lautsprecher) Pohlsches Rad Simulationen Videos	Resonanzkörper von Lautsprechern Resonanz (auch Tacoma-Bridge, Millennium-Bridge) (Phänomenologisch)
Wie breitet sich der Schall aus? (2 Ustd.)	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (UF2)	Wellenmaschine Wellenwanne	Entstehung von Longitudinal- und Transversalwellen Ausbreitungsmedium, Möglichkeit der Ausbreitung longitudinaler. bzw. transversaler Schallwellen in Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern Hinweis: Der Schwerpunkt muss auf Transversalwellen gelegt werden.
10 Ustd.	Summe		

Unterrichtsvorhaben Qualifikationsphase (Q1 und Q2) Grundkurs

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1)		Die Zeitangaben beziehen sich auf Unterrichtsstunden im 60 min-Takt.
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Erforschung des Photons</i> Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden? Zeitbedarf: 12 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Photon (Wellenaspekt) 	<p>E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung K3 Präsentation</p>
<p><i>Erforschung des Elektrons</i> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: 12 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektron (Teilchenaspekt) 	<p>UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle</p>
<p><i>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 4 Ustd.</p>	<p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt) • Quantenobjekte und ihre Eigenschaften 	<p>E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p><i>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</i> Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Zeitbedarf: 15 Ustd.</p>	<p><i>Elektrodynamik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Spannung und elektrische Energie • Induktion • Spannungswandlung 	<p>UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien</p>

<i>Wirbelströme im Alltag</i> Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen? Zeitbedarf: 3 Ustd.	<i>Elektrodynamik</i> • Induktion	UF4 Vernetzung E5 Auswertung B1 Kriterien
<u>Summe Qualifikationsphase (Q1) – 46 Stunden</u>		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2)*Die Zeitangaben beziehen sich auf Unterrichtsstunden im 60 min-Takt.*

Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</i> Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Zeitbedarf: 13 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none">• Energiequantelung der Atomhülle• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E2 Wahrnehmung und Messung
<i>Mensch und Strahlung</i> Wie wirkt Strahlung auf den Menschen? Zeitbedarf: 7 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none">• Kernumwandlungen• Ionisierende Strahlung• Spektrum der elektromagnetischen Strahlung	UF1 Wiedergabe B3 Werte und Normen B4 Möglichkeiten und Grenzen
<i>Forschung am CERN und DESY</i> Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Zeitbedarf: 5 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none">• Standardmodell der Elementarteilchen	UF3 Systematisierung E6 Modelle
<i>Navigationssysteme</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 4 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none">• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit• Zeitdilatation	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
<i>Teilchenbeschleuniger</i> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: 5 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none">• Veränderlichkeit der Masse• Energie-Masse Äquivalenz	UF4 Vernetzung B1 Kriterien
<i>Das heutige Weltbild</i> Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Zeitbedarf: 2 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none">• Konstanz der Lichtgeschwindigkeit• Zeitdilatation• Veränderlichkeit der Masse• Energie-Masse Äquivalenz	E7 Arbeits- und Denkweisen K3 Präsentation
Summe Qualifikationsphase (Q2) – 36 Stunden		

Konkretisierte Unterrichtsvorhaben – Qualifikationsphase Grundkurs

Inhaltsfeld: *Quantenobjekte (GK)*

Kontext: *Erforschung des Photons*

Leitfrage: *Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden?*

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Photon (Wellenaspekt)

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- E2 kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,
- E5 Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- K3 physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren

Sequenzierung des Unterrichtsvorhabens: siehe nächste Seite

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beugung und Interferenz, Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (6 Ustd.)	veranschaulichen mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3), bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> (E5),	Doppelspalt und Gitter , Wellenwanne quantitative Experimente mit Laserlicht	Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne (ggf. als Schülerpräsentation) Bestimmung der Wellenlängen von Licht mit Doppelspalt und Gitter Sehr schön sichtbare Beugungsphänomene finden sich vielfach bei Meereswellen (s. Google-Earth)
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (6 Ustd.)	demonstrieren anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2),	Photoeffekt Hallwachsversuch Vakuumphotозelle	Roter Faden: Von Hallwachs bis Elektronenbeugung Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums und der Austrittsarbeit Hinweis: Formel für die max. kinetische Energie der Photoelektronen wird zunächst vorgegeben. Der Zusammenhang zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit wird ebenfalls vorgegeben und nur plausibel gemacht. Er muss an dieser Stelle nicht grundlegend hergeleitet werden
12 Ustd.	Summe		

Kontext: *Erforschung des Elektrons*

Leitfrage: *Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?*

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Elektron (Teilchenaspekt)

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- UF1 physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
- UF3 physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,
- 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

Sequenzierung des Unterrichtsvorhabens: siehe nächste Seite

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Elementarladung (4 Ustd.)	erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5), untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).	schwebender Wattebausch Millikanversuch Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung) auch als Simulation möglich	Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld besprechen, Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, in diesem Fall die Ladung Homogenes elektrisches Feld im Plattenkondensator, Zusammenhang zwischen Feldstärke im Plattenkondensator, Spannung und Abstand der Kondensatorplatten vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren
Elektronenmasse (6 Ustd.)	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1), bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2), modellieren Vorgänge im <i>Fadenstrahlrohr</i> (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5),	<i>e/m</i>-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft) evtl. Stromwaage bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit) Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde	Einführung der 3-Finger-Regel und Angabe der Gleichung für die Lorentzkraft: Einführung des Begriffs des magnetischen Feldes (in Analogie zu den beiden anderen Feldern durch Kraft auf Probekörper, in diesem Fall bewegte Ladung oder stromdurchflossener Leiter) und des Zusammenhangs zwischen magnetischer Kraft, Leiterlänge und Stromstärke. Vertiefung des Zusammenhangs zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit am Beispiel Elektronenkanone.

Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge (2 Ustd.)	erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4).	Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit	Veranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung
12 Ustd.	Summe		

Kontext: *Photonen und Elektronen als Quantenobjekte*

Leitfrage: *Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?*

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt),
- Quantenobjekte und ihre Eigenschaften

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- 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,
- K4 sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen.
- B4 begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Sequenzierung des Unterrichtsvorhabens: siehe nächste Seite

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Licht und Materie (4 Ustd.)	<p>erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7), verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3). zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4), beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4).</p>	Computersimulation Doppelspalt Photoeffekt	Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik
4 Ustd.	Summe		

Inhaltsfeld: *Elektrodynamik (GK)*

Kontext: *Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren*

Leitfrage: *Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?*

Inhaltliche Schwerpunkte:

Spannung und elektrische Energie, Induktion, Spannungswandlung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- UF2 zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,
- UF4 Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.
- E2 kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,
- 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,
- K3 physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,
- B1 fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten

Sequenzierung des Unterrichtsvorhabens: siehe nächste Seite

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Wandlung von mechanischer in elektrische Energie: Elektromagnetische Induktion Induktionsspannung (5 Ustd.)</p>	<p>erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6), definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2), bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6), werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p>	<p>bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „Leiterschaukelversuch“ Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der Leiterschaukel) Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird. Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen U, v und B.</p>	<p>Definition der Spannung und Erläuterung anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten, Anwendungsbeispiele. Das Entstehen einer Induktionsspannung bei bewegtem Leiter im Magnetfeld wird mit Hilfe der Lorentzkraft erklärt, eine Beziehung zwischen Induktionsspannung, Leitergeschwindigkeit und Stärke des Magnetfeldes wird (deduktiv) hergeleitet. Die an der Leiterschaukel registrierten (zeitabhängigen) Induktionsspannungen werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters zurückgeführt.</p>
<p>Technisch praktikable Generatoren: Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen (3 Ustd.)</p>	<p>recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2), erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3)</p>	<p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren</p>	<p>Hier bietet es sich an, arbeitsteilige Präsentationen auch unter Einbezug von Realexperimenten anfertigen zu lassen.</p>

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6), werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5). führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4)</p>	<p>Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit Oszilloskop und digitalem Messwerterfassungssystem</p>	<p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.</p>

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“ Transformator (4 Ustd.)</p>	<p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3), ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2). geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4), werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5). führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4)</p>	<p>diverse „Netzteile“ von Elektro-Kleingeräten (mit klassischem Transformator) Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen Demo-Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule - mit Messwerterfassungssystem zur zeitaufgelösten Registrierung der Induktionsspannung und des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes</p>	<p>Der Transformator wird eingeführt und die Übersetzungsverhältnisse der Spannungen experimentell ermittelt. Dies kann auch durch einen Schülervortrag erfolgen (experimentell und medial gestützt).</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell im Lehrerversuch erschlossen. Die registrierten Messdiagramme werden von den SuS eigenständig ausgewertet.</p>

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“ (3 Ustd.)	verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i> , um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3), bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1), zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4), beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).	Modellexperiment (z.B. mit Hilfe von Aufbautransformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen	Hier bietet sich ein eventuell arbeitsteiliges Gruppenpuzzle an, in dem Modellexperimente einbezogen werden.
15 Ustd.	Summe		

Kontext: *Wirbelströme im Alltag*

Leitfrage: *Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?*

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Induktion

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- UF4 Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.
- E5 Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- B1 fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten

Sequenzierung des Unterrichtsvorhabens: siehe nächste Seite

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Lenz'sche Regel (3 Ustd.)	erläutern anhand des <i>Thomson'schen Ringversuchs</i> die Lenz'sche Regel (E5, UF4), bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),	Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten Thomson'scher Ringversuch diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr.	Ausgehend von kognitiven Konflikten bei den Ringversuchen wird die Lenz'sche Regel erarbeitet Erarbeitung von Anwendungsbeispielen zur Lenz'schen Regel (z.B. Wirbelstrombremse bei Fahrzeugen oder an der Kreissäge)
3 Ustd.	Summe		

Inhaltsfeld: *Strahlung und Materie (GK)*

Kontext: *Erforschung des Mikro- und Makrokosmos*

Leitfrage: *Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?*

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Energiequantelung der Atomhülle,
- Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- UF1 physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
- E5 Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
- E2 kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),	Literaturrecherche, Schulbuch	Ausgewählte Beispiele für Atommodelle
Energieniveaus der Atomhülle (2 Ustd.)	erklären die Energie absorbiert und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	Erzeugung von Linienpektren mithilfe von Gasentladungslampen	Deutung der Linienspektren
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7)	Franck-Hertz-Versuch	Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)
Röntgenstrahlung (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7)	Aufnahme von Röntgenspektren (kann alternativ mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch geschehen)	Im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden Mögliche Ergänzungen: Bremspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Sternspektren und Fraunhoferlinien (3 Ustd.)	interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1), erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2), stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1)	Flammenfärbung Darstellung des Sonnenspektrums mit seinen Fraunhoferlinien Spektralanalyse	u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)
13 Ustd.	Summe		

Kontext: *Mensch und Strahlung*

Leitfrage: *Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?*

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Kernumwandlungen,
- Ionisierende Strahlung,
- Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- UF1 physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
- B3 an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten,
- B4 begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Sequenzierung des Unterrichtsvorhabens: siehe nächste Seite

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Strahlungsarten (2 Ustd.)	unterscheiden α -, β -, γ -Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3), erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),	Recherche Absorptionsexperimente zu α-, β-, γ-Strahlung	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I
Elementumwandlung (1 Ustd.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Nuklidkarte	
Detektoren (2 Ustd.)	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (<i>Geiger-Müller-Zählrohr</i>) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),	Geiger-Müller-Zählrohr	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</p> <p>Dosimetrie</p> <p>(2 Ustd.)</p>	<p>beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),</p> <p>bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4),</p> <p>begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4),</p> <p>erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2).</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4)</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4),</p>	<p>ggf. Einsatz eines Films / eines Videos</p>	<p>Sinnvolle Beispiele sind die Nutzung von ionisierender Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle technischer Anlagen.</p> <p>Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffen: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis</p>

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 60 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
7 Ustd.	Summe		

Kontext: *Forschung am CERN und DESY*

Leitfrage: *Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?*

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Standardmodell der Elementarteilchen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- (UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,
- (E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen

Sequenzierung des Unterrichtsvorhabens: siehe nächste Seite

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kernbausteine und Elementarteilchen (3 Ustd.)	erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6), erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1). recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).	In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich. Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.	Mögliche Schwerpunktsetzung: Paarerzeugung, Paarvernichtung,
(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept (2 Ustd.)	vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).	Lehrbuch, Animationen	Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Problematik dieser Modelle thematisieren
5 Ustd.	Summe		

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

Kontext: *Navigationssysteme*

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

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Konstanz der Lichtgeschwindigkeit
- Zeitdilatation

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- UF1 physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
- E6 Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen

Sequenzierung des Unterrichtsvorhabens: siehe nächste Seite

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Relativität der Zeit (4 Ustd.)	<p>interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4), erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7), erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfalls</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1). erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3), begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2), erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</p>	<p>Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation) Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation) Myonenzerfall (Experimentepool der Universität Wuppertal)</p>	<p>Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments Herleitung der Formel für die Zeitdilatation am Beispiel einer „bewegten Lichtuhr“. Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation. Betrachtet man das Bezugssystem der Myonen als ruhend, kann die Längenkontraktion der Atmosphäre plausibel gemacht werden.</p> <p>Die Formel für die Längenkontraktion wird angegeben.</p>
4 Ustd.	Summe		

Kontext: *Teilchenbeschleuniger*

Leitfrage: *Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?*

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Veränderlichkeit der Masse,
- Energie-Masse Äquivalenz

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- UF4 Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.
- B1 fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten

Sequenzierung des Unterrichtsvorhabens: siehe nächste Seite

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (2 Ustd.)	erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),	Zyklotron (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)	Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.
Ruhemasse und dynamische Masse (3 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1). zeigen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)	Film / Video	Die Formeln für die dynamische Masse und $E=mc^2$ werden als deduktiv herleitbar angegeben. Erzeugung und Vernichtung von Teilchen, Hier können Texte und Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden.
5 Ustd.	Summe		

Kontext: *Das heutige Weltbild*

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

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation,
- Veränderlichkeit der Masse,
- Energie-Masse Äquivalenz

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

- E7 naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.
- K3 physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren

Sequenzierung des Unterrichtsvorhabens: siehe nächste Seite

Inhalt (Ustd. à 60 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Gegenseitige Be- dingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperi- menten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)	Lehrbuch, Film / Video	
2 Ustd.	Summe		