

# Schulinternes Curriculum

## Fachgruppe Physik

### Jahrgangsstufe Q1 (Gk)



Inhaltsfeld 1: Quantenobjekte			
Fachlicher Kontext: Erforschung des Elektrons			
<i>Sequenzen</i> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elementarladung</li> <li>2. Elektronenmasse</li> </ol>			
Inhaltliche Schwerpunkte	angestrebte konkretisierte Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler ...	Experimente/ methodische Hinweise	Kommentare
Elementarladung (5 Ustd.)	<p>erläutern anhand einer vereinfachten Version des Millikanversuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),</p> <p>untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).</p>	<p><i>Demoexperimente</i> elektrische Grundversuche mit dem Plattenkondensator (Rasierklinge, Kugelpendel, Glimmlampe) oder schwebender Wattebausch</p> <p>evtl. Versuche zur Definition des elektrischen Feldes (Stromwaage)</p> <p>Vorstellung der Elektronenablenkröhre (<b>Oszilloskop</b>)</p> <p>Erarbeitung der Funktionsweise des Oszilloskops anhand einer Lernaufgabe</p> <p><i>Simulationsexperiment</i> <b>Durchführung einer Simulation des Millikanversuchs (Schwebefeldmethode ohne keine Stokes'sche Reibung)</b> (Simulation von Carsten Groß)</p> <p><i>Bearbeitung von Aufgaben</i></p>	<p>Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld besprechen, Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, in diesem Fall die Ladung</p> <p>Homogenes elektrisches Feld im Plattenkondensator, Zusammenhang zwischen Feldstärke im Plattenkondensator, Spannung und Abstand der Kondensatorplatten vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren</p>



<p>Elektronenmasse (7 Ustd.)</p>	<p>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),</p>	<p><i>Demoexperimente</i> <b>Versuche zur Definition des magnetischen Feldes mit der Stromwaage</b> evtl. Demonstration eines Drehspulmessinstrument <b><i>e/m</i>-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar</b> auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft) Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde</p>	<p>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.</p>
--------------------------------------	---	--	--



Inhaltsfeld 1: Quantenobjekte			
Fachlicher Kontext: Erforschung des Photons			
<p><i>Sequenzen</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Beugung von Wellen</i></li> <li>2. <i>Licht als Wellen</i></li> <li>3. <i>Bestimmung der Wellenlänge von Laserlicht</i></li> <li>4. <i>Licht im Teilchenmodell (Photonen)</i></li> </ol>			
Inhaltliche Schwerpunkte	angestrebte konkretisierte Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler ...	Experimente/ methodische Hinweise	Kommentare
<p>Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (7 Ustd.)</p>	<p>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),</p>	<p>Wiederholung aus der EF (akustische und mechanische Wellen) <i>Demoexperimente</i> Experimente mit der <b>Wellenwanne</b> Bestimmung der Wellenlänge von Laserlicht durch <b>Beugung an Spalt, Doppelspalt und Gitter</b> <i>Simulationsexperiment</i> Simulation von Beugungseffekten mit Programm <i>Ripples</i> <i>Bearbeitung von Aufgaben</i> z.B. Nutzung einer CD als optisches Gitter: die Bestimmung der Abstände der Rillen</p>	<p>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 Meerwellen (s. Google-Earth)</p>



<p>Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (7 Ustd.)</p>	<p>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),</p>	<p><i>Demoexperimente</i>  <b>Demonstration des Photoeffekts</b>          Vorstellung einer Vakuumphotozelle          Evtl. Umkehrung des Photoeffekts (LEDs)</p>	<p>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 plausibel gemacht und evtl. noch einmal hergeleitet.</p>
<p>Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge (3 Ustd.)</p>	<p>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).</p>	<p><i>Demoexperimente</i>  <b>Demonstration der Elektronenbeugung</b>          Berechnung der Wellenlänge von Elektronen</p>	<p>Veranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung</p>
<p>Licht und Materie (5 Ustd.)</p>	<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>	<p><i>Demoexperimente (Wdh.)</i>  <b>Beugung von Laserlicht am Doppelspalt und optischen Gitter</b>          Computersimulation (für schwache Intensität und für verschiedene Teilchen: Doppelspalt.exe)  <b>Demonstration des Photoeffekts</b></p>	<p>Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik</p>

Inhaltsfeld 2: Elektrodynamik			
Fachlicher Kontext: Energieversorgung und Transport Elektrischer Energie			
<p><i>Sequenzen</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erzeugung Elektrischer Energie</li> <li>2. Transformation Elektrischer Spannung</li> <li>3. Transport zum und Verteilung Elektrischer Energie im Haushalt</li> </ol>			
Inhaltliche Schwerpunkte	angestrebte konkretisierte Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler ...	Experimente/ methodische Hinweise	Kommentare
<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>Messwertersfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p>	<p><i>Schülerexperimente</i> Bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld – Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit <b>digitalem Messwert-Erfassungssystem</b></p> <p><i>Demoexperimente</i> <b>Leiterschaukelversuch</b> Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der <b>Leiterschaukel</b>, sondern auch an dem Federpendel in einer Spule) deduktive Herleitung der Beziehung zwischen <math>U</math>, <math>v</math> und <math>B</math>.</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 (4 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><i>Demoexperimente</i> Experimente mit drehenden <b>Leiterschleifen</b> in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip</p>	<p>Hier bietet es sich an, arbeitsteilige Präsentationen auch unter Einbezug von Realexperimenten anfertigen zu lassen.</p>
	<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><i>Demoexperimente</i> Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit <b>Oszilloskop</b> und <b>digitalem Messwerterfassungssystem</b></p>	<p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen. Herleitung des Induktionsgesetzes (Flächenänderung).</p>



<p>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“ Transformator (5 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).</p>	<p><i>Demoexperimente</i> Ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule - mit <b>Messwerterfassungssystem</b> zur zeit aufgelösten Registrierung der Induktionsspannung und des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes diverse „Netzteile“ von Elektro-Kleingeräten (mit klassischem Transformator) Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten, bzw. Demonstrationen von Hochspannung bzw. Strom zum Schweißen <i>Bearbeitung von Aufgaben</i> z.B. Berechnung der Induktionsspannung aus vorgegebenen t-I-Diagrammen</p>	<p>Der Transformator wird eingeführt und die Übersetzungsverhältnisse der Spannungen experimentell ermittelt. Dies kann auch durch einen Schülervortrag erfolgen (experimentell und medial gestützt).  Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell im Lehrerversuch erschlossen. Herleitung des Induktionsgesetzes (B-Feld-Änderung). Die registrierten Messdiagramme werden von den SuS eigenständig ausgewertet.</p>
<p>Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“ (4 Ustd.)</p>	<p>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).</p>	<p><i>Demoexperimente</i> <b>Modellexperiment zur Freileitung</b> (z.B. mit Hilfe von Aufbautransformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen <i>Gruppenpuzzle</i> Stromverteilung im Haushalt Phasen, Drehstrom, Effektivwerte</p>	<p>Hier bietet sich ein arbeitsteiliges Gruppenpuzzle an, in dem Modellexperimente einbezogen werden.</p>



Fachlicher Kontext: Wirbelströme im Alltag			
<i>Sequenzen</i> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Auftreten von Wirbelströmen</li> <li>2. Nutzung von Wirbelströmen in der Arbeitswelt</li> </ol>			
Inhaltliche Schwerpunkte	angestrebte konkretisierte Kompetenzen	Experimente/ methodische Hinweise	Kommentare
Lenz'sche Regel (4 Ustd.)	Die Schülerinnen und Schüler ... 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),	<i>Demoexperimente</i> <b>Arbeitsweise einer Induktionskochplatte</b> <b>Thomson'scher Ringversuch</b> diverse technische und spielerische Anwendungen: 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).



Inhaltsfeld 3: Strahlung und Materie			
Fachlicher Kontext: Erforschung des Makro- und Mikrokosmos			
<i>Sequenzen</i> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aufbau der Materie</li> <li>2. Energiequantelung der Elektronenhülle</li> <li>3. Spektren Elektromagnetischer Strahlung</li> </ol>			
Inhaltliche Schwerpunkte	angestrebte konkretisierte Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler ...	Experimente/ methodische Hinweise	Kommentare
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 werden besprochen.
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (5 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),	<i>Demoexperimente</i> <b>Flammenfärbung</b> Erzeugung von <b>Linienspektren in Spekt-rallampen</b> <b>Resonanzabsorption</b> von Licht einer Na-Flamme im Licht einer Na-Lampe	Deutung der Linienspektren. Es wird das Bohr'sche Atommodell angesprochen (mit Rechnungen).
Energieniveaus der Atomhülle (2 Ustd.)	erklären die Energie absorbiertes und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	<i>Demoexperimente</i> <b>Franck-Hertz-Versuch</b> (Quecksilber und Argon)	Die experimentelle Bestätigung des Bohr'schen Atommodells wird angesprochen.
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 Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2), stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),	<i>Demoexperimente</i> Darstellung des <b>Sonnenspektrums</b> mit seinen <b>Fraunhoferlinien</b> (Nadel im Schuhkarton)	



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),	<i>Demoexperimente</i> Aufnahme von <b>Röntgenspektren</b> (kann mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch geschehen, falls keine Schulröntgeneinrichtung vorhanden ist)	Im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden. Mögliche Ergänzungen sind : Bremspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion.
-------------------------------	---	---	--



Fachlicher Kontext: Mensch und Strahlung			
<p><i>Sequenzen</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Strahlungsarten</li> <li>2. Nachweis von Strahlung</li> <li>3. Wirkung der Strahlung auf Menschen</li> </ol>			
Inhaltliche Schwerpunkte	angestrebte konkretisierte Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler ...	Experimente/ methodische Hinweise	Kommentare
Strahlungsarten (2 Ustd.)	unterscheiden $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -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),	<i>Film</i> ansonsten Film „Strahlung in der Nebelkammer“ (Cornelsen Oberstufe) evtl. <b>Absorptionsexperimente zu <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung</b>	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I (Referate Ende Klasse 9).
Elementumwandlung (1 Ustd.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Arbeit mit der Nuklidkarte	Gleichungen für Kernumwandlungen.
Detektoren (3 Ustd.)	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung ( <i>Geiger-Müller-Zählrohr</i> ) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),	<b>Geiger-Müller-Zählrohr</b> (theoretisch und anhand von Simulationen)	Das Zerfallsgesetz wird hergeleitet. Die Altersbestimmung mit Hilfe der C-14-Methode wird herangezogen. An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.



Fachlicher Kontext: Forschung am CERN und DESY			
<p><i>Sequenzen</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aufbau der Kernbausteine</li> <li>2. Standardmodell der Elementarteilchen</li> </ol>			
Inhaltliche Schwerpunkte	angestrebte konkretisierte Kompetenzen	Experimente/ methodische Hinweise	Kommentare
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	Die Schülerinnen und Schüler ... 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 keine Realexperimente für Schulen möglich. Es kann z.B. 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.



Inhaltsfeld 4: Relativität von Raum und Zeit			
Fachlicher Kontext: Navigationssysteme			
<i>Sequenzen</i> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Relativität der Zeit</li> <li>2. Ruhemasse und dynamische Masse</li> <li>3. Das heutige Weltbild</li> </ol>			
Inhaltliche Schwerpunkte	angestrebte konkretisierte Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler ...	Experimente/ methodische Hinweise	Kommentare
Relativität der Zeit (5 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><i>Demoexperiment</i> <b>Experiment von Michelson und Morley</b> (evtl. Computersimulation) <i>Simulation</i> <b>Lichtuhr</b> (evtl. Computersimulation und / oder Film von FWU) <i>Text</i> <b>Myonenzerfall</b> (evtl. amerikanischer Film vom Massachusetts Institute of Technology oder Simulation der Uni München)</p>	<p>Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments (Grundpostulate der SRT). 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 plausibel gemacht und evtl. hergeleitet.</p>

# Schulinternes Curriculum

## Fachgruppe Physik



<p>„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (4 Ustd.)</p>	<p>erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),</p>	<p><b>Zyklotron</b> (in einer Simulation von Matthias Borchardt mit und ohne Massenveränderlichkeit) evtl. Experiment von Kaufmann und Bucherer (Simulation der Uni München)</p>	<p>Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron mit Rechnung veranschaulicht.</p>
<p>Ruhemasse und dynamische Masse (4 Ustd.)</p>	<p>erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1), zeigen die Bedeutung der Beziehung <math>E=mc^2</math> für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3).</p>	<p>Film / Video (von Uni München) Diagramm zur Bindungsenergie und Massenzahl</p>	<p>Die Formeln für die dynamische Masse und <math>E=mc^2</math> werden als deduktiv herleitbar angegeben. An Beispielen wird die Größenordnung des Massendefekts und der Energie rechnerisch veranschaulicht. Erzeugung und Vernichtung von Teilchen. Hier können Texte und Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden.</p>
<p>Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)</p>	<p>diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten 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)</p>	<p>Lehrbuch, Film / Video</p>	<p>Zwillingsparadoxon, Erforschung anderer Lebensräume im Weltall. GPS</p>



### Übergeordnete Kompetenzerwartungen

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

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



<b>Kommunikation</b>	
	<b>Die Schülerinnen und Schüler können ...</b>
K1 – Dokumentation	bei der Dokumentation von Untersuchungen, Experimenten, theoretischen Überlegungen und Problemlösungen eine korrekte Fachsprache und fachübliche Darstellungsweisen verwenden,
K2 – Recherche	zu physikalischen Fragestellungen relevante Informationen und Daten in verschiedenen Quellen, auch in ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen, recherchieren, auswerten und vergleichend beurteilen,
K3 – Präsentation	physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,
K4 – Argumentation	sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen.

<b>Bewertung</b>	
	<b>Die Schülerinnen und Schüler können ...</b>
B1 – Kriterien	fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,
B2 – Entscheidungen	Auseinandersetzungen und Kontroversen in physikalisch-technischen Zusammenhängen differenziert aus verschiedenen Perspektiven darstellen und eigene Standpunkte auf der Basis von Sachargumenten vertreten,
B3 – Werte und Normen	an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten,
B4 – Möglichkeiten und Grenzen	begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.