

# Schulinternes Curriculum im Fach Physik SII Qualifikationsphase Grundkurs



## Inhalte der Jahrgangsstufe Q1

### Inhaltsfeld: Quantenobjekte

Kontexte: Erforschung des Photons

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

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar
Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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)</li> <li>- bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> (E5)</li> </ul>	<b>Doppelspalt</b> und <b>Gitter</b> , <b>Wellenwanne</b> quantitative Experimente mit Laserlicht	Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne Bestimmung der Wellenlängen von Licht mit Doppelspalt und Gitter
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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)</li> </ul>	<b>Photoeffekt</b> Hallwachsversuch Vakuumphotозelle	Von Hallwachs bis Elektronenbeugung Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums und der Austrittsarbeit 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.

## Inhaltsfeld: Quantenobjekte

### Kontexte: Erforschung des Elektrons, Photonen und Elektronen als Quantenobjekte

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

Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar
Elementarladung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5)</li> <li>- untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6)</li> </ul>	schwebender Wattebausch  <b>Millikanversuch</b>  Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung)	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1)</li> <li>- bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2)</li> <li>- 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)</li> </ul>	<b><i>e/m</i>-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar</b>  Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft)  evtl. Stromwaage  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 strom-durchflossener Leiter) und des Zusammenhangs zwischen magnetischer Kraft, Leiterlänge und Stromstärke.  Vertiefung des Zusammenhangs zwischen Spannung, Ladung und Überföhrungsarbeit am Beispiel Elektronenkanone.

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar
Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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)</li> </ul>	<b>Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit</b>	Veranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung
Licht und Materie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7)</li> <li>- verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3)</li> <li>- zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4)</li> <li>- beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4)</li> </ul>	<b>Doppelspalt Photoeffekt</b>	Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik

## Inhaltsfeld: Elektrodynamik

Kontexte: Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren, Wirbelströme im Alltag

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

Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar
<p><u>Wandlung von mechanischer Energie in elektrische Energie:</u></p> <p>Elektromagnetische Induktion Induktionsspannung</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6)</li> <li>- definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2)</li> <li>- bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6)</li> <li>- 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)</li> </ul>	<p>bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld – „<b>Leiterschaukelversuch</b>“</p> <p>Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten</p> <p>Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Die an der Leiterschaukel registrierten (zeitabhängigen) Induktionsspannungen werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters zurückgeführt.</p>

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar
<p><u>Technisch praktikable Generatoren:</u></p> <p>Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2)</li> <li>- erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3)</li> <li>- erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6)</li> <li>- 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)</li> <li>- führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4)</li> </ul>	<p>Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren</p> <p>Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit <b>Oszilloskop</b> und <b>digitalem Messwert-erfassungssystem</b></p>	<p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.</p>
<p><u>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“:</u></p> <p>Transformator</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3)</li> <li>- ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2)</li> <li>- geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4)</li> <li>- 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)</li> </ul>	<p>Ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule - mit <b>Messwert-erfassungssystem</b> 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.</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird erschlossen.</p>

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4)</li> </ul>		
Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“	<ul style="list-style-type: none"> <li>- verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i>, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3)</li> <li>- bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1)</li> <li>- zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4)</li> <li>- beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4)</li> </ul>	<b>Modellexperiment</b> zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen	
Lenz'sche Regel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern anhand des Thomson'schen Ringversuchs die Lenz'sche Regel (E5, UF4)</li> <li>- bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1)</li> </ul>	<p>Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten</p> <p><b>Thomson'scher Ringversuch</b></p>	<p>Ausgehend von kognitiven Konflikten bei den Ringversuchen wird die Lenz'sche Regel erarbeitet.</p> <p>Erarbeitung von Anwendungsbeispielen zur Lenz'schen Regel (z.B. Wirbelstrombremse bei Fahrzeugen oder an der Kreissäge).</p>

# Inhalte der Jahrgangsstufe Q2

## Inhaltsfeld: Strahlung und Materie

Kontext: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar
Kern-Hülle-Modell	- erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4)		Ausgewählte Beispiele für Atommodelle
Energieniveaus der Atomhülle	- erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6)	Erzeugung von <b>Linienpektren</b> mithilfe von Gasentladungslampen	Deutung der Linienpektren
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen	- erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienpektren 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)	<b>Franck-Hertz-Versuch</b>	Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)
Röntgenstrahlung	- erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienpektren 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)	<b>Aufnahme von Röntgenspektren</b> <b>Flammenfärbung</b>	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	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar
Sternspektren und Fraunhoferlinien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1)</li> <li>- erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2)</li> <li>- stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1)</li> </ul>	Darstellung des <b>Sonnenspektrums</b> mit seinen <b>Fraunhoferlinien</b> <b>Spektralanalyse</b>	u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)

## Inhaltsfeld: Strahlung und Materie

Kontexte: Mensch und Strahlung, Forschung am CERN und DESY

Leitfragen: Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?

Bausteine der Materie?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar
Strahlungsarten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- unterscheiden <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3)</li> <li>- erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5)</li> <li>- bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3)</li> </ul>	<b>Absorptionsexperimente zu <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung</b>	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I
Elementumwandlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1)</li> </ul>	Nuklidkarte	



Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar
Detektoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (<i>Geiger-Müller-Zählrohr</i>) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2)</li> </ul>	<b>Geiger-Müller-Zählrohr</b>	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.
Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe  Dosimetrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1)</li> <li>- bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4)</li> <li>- begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4)</li> <li>- 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)</li> <li>- bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4)</li> <li>- bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4)</li> </ul>	ggf. Einsatz eines Films / eines Videos	Sinnvolle Beispiele sind die Nutzung von ionisierender Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle technische Anlagen.  Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffe: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar
Kernbausteine und Elementarteilchen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6)</li> <li>- erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1)</li> <li>- recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2)</li> </ul>	<p>In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich.</p> <p>Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.</p>	<p>Mögliche Schwerpunktsetzung:</p> <p>Paarerzeugung</p> <p>Paarvernichtung</p>
<p>(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung</p> <p>Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6)</li> </ul>		<p>Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Problematik dieser Modelle thematisieren</p>

## Inhaltsfeld: Relativität von Raum und Zeit

Kontexte: Navigationssysteme, Teilchenbeschleuniger, heutiges Weltbild

Leitfragen: Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?

Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar
Relativität der Zeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4)</li> <li>- erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7)</li> <li>- erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfall</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1)</li> <li>- erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3)</li> <li>- begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2)</li> <li>- erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)</li> </ul>	<p><b>Experiment von Michelson und Morley</b></p> <p><b>Lichtuhr</b> (Gedankenexperiment / Computersimulation)</p> <p><b>Myonenzerfall</b></p>	<p>Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen</p> <p>Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments</p> <p>Herleitung der Formel für die Zeitdilatation am Beispiel einer „bewegten Lichtuhr“.</p> <p>Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation.</p> <p>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>

Inhalt	Kompetenzen – Die Schülerinnen und Schüler ...	Experiment / Medium	Kommentar
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4)</li> </ul>	<b>Zyklotron</b>	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1)</li> <li>- bewerten die Bedeutung der Beziehung <math>E=mc^2</math> für die Kernspaltung und -fusion (B1, B3)</li> </ul>	Evtl. 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.
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7)</li> <li>- beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)</li> </ul>	Evtl. Film / Video	