

Interner Lehrplan: Physik GK EF

1. Beschreibung von Bewegungen

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
Trägheit	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>beschreiben Bewegungen im Alltag und im Sport.</p> <p>stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar.</p> <p>entwickeln Vorstellungen zur Trägheit und zur Fallbewegung.</p>	<p>Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen (z. B. Stahlkugel, glattes bzw. zur Kugel zusammengedrücktes Papier, evakuiertes Fallrohr mit Feder und Metallstück)</p>
Gleichmäßige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung	<p>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen.</p> <p>vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen.</p> <p>Wurfbewegungen (Basketball, Korbwurf, Abstoß beim Fußball, günstigster Winkel).</p>	<p>Digitale Videoanalyse (z.B. mit VIANA, Tracker)</p> <p>Luftkissenfahrbahn: Messreihe zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung</p> <p>Freier Fall und Bewegung auf einer schiefen Ebene</p>

2. Newton'sche Bewegungsgleichung, Leistung Energie und Impuls

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
Bewegungsgleichung	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher.</p> <p>entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind.</p> <p>reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen).</p> <p>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.</p>	Energetische Analysen in verschiedenen Sportarten (Hochsprung, Turmspringen, Turnen, Stabhochsprung, Bobfahren, Skisprung)
Energie und Leistung	erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen.	Energieerhaltung (Pendel, Achterbahn, Halfpipe) Energetische Analysen im Sport
Impuls	<p>beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen.</p> <p>begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran.</p> <p>bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit.</p>	<p>Luftkissenfahrbahn mit digitaler</p> <p>Sportvideos</p> <p>Messwerterfassung:</p> <p>Messreihen zu elastischen und unelastischen Stößen</p>

3. Gravitation, Astronomie

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
	Die Schülerinnen und Schüler...	
Planetenbewegungen und Kepler'sche Gesetze	ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen. beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton initiiert wurden.	Drehbare Sternkarte und aktuelle astronomische Tabellen Animationen zur Darstellung der Planetenbewegungen
Newton'sches Gravitationsgesetz, Gravitationsfeld	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept. wenden das Newton'sche Gravitationsgesetzes und die Kepler'schen Gesetze zur Berechnung von Satellitenbahnen an.	Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit
Kreisbewegungen	analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (Beschreibung von gleichförmigen Kreisbewegungen, Winkelgeschwindigkeit, Periode, Bahngeschwindigkeit, Frequenz).	Messung der Zentralkraft
Impuls und Impulserhaltung, Rückstoß	verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen. erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu.	Skateboards und Medizinball Wasserrakete Raketentriebwerke für Modellraketen Recherchen zu aktuellen Projekten von ESA und DLR, auch zur Finanzierung

4. Schwingungen und Schall

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
	Die Schülerinnen und Schüler...	
Entstehung und Ausbreitung von Schall	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums.	Stimmgabeln, Lautsprecher, Frequenzgenerator, Frequenzmessgerät, Schallpegelmesser, rußgeschwärzte Glasplatte, Schreibstimmgabel, Klingel und Vakuumglocke
Modelle der Wellenausbreitung	beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte.	Lange Schraubenfeder, Wellenwanne
Erzwungene Schwingungen und Resonanz	erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie.	Stimmgabeln

Interner Lehrplan: Physik GK Q1

1. Licht als elektromagnetische Welle

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
	Die Schülerinnen und Schüler...	
Wiederholung: Entstehung und Ausbreitung von Schall	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums Frequenz (Periode) und Amplitude mittels der Höreindrücke des Menschen, Wellen als Störungen eines Gleichgewichts	Stimmgabeln, Lautsprecher, Frequenzgenerator, Frequenzmessgerät, Schallpegelmesser, rußgeschwärzte Glasplatte, Schreibstimmgabel, Klingel und Vakuumglocke
Beugung und Interferenz von Licht	veranschaulichen mithilfe der Wellenwanne qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit Doppelspalt und Gitter erklären das Elektromagnetische Spektrum	Doppelspalt und Gitter, Wellenwanne quantitative Experimente mit Laserlicht

2. Elektron als Teilchen

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
Elektrisches Feld	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>Beschreiben die Phänomene der elektrischen Anziehung, von Ladungstrennung und Influenz und erfassen die Darstellung elektrischer Kräfte mit Feldlinien.</p> <p>Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, (Antenne: Wirkung elektromagnetischer Wellen auf Elektronen als Bezug zum vorherigen Thema)</p>	Influenzmaschine, Bewegung von Watte und geladener Pendelkugel innerhalb der geladenen Pole
Elementarladung	<p>erläutern anhand einer vereinfachten Version des Millikanversuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung.</p> <p>bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird) und erklären den glühelektrischen Effekt</p> <p>Vorbereitend: 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>Millikanversuch,</p> <p>Elektronenröhre</p> <p>Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung)</p>
Magnetische Felder und Lorentzkraft	<p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener magnetischer (und elektrischer) Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen</p> <p>Einführung der 3-Finger-Regel und Angabe der Gleichung für die Lorentzkraft:</p> <p>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.</p>	<p>Kompassnadelfeld, Leiterschaukel</p> <p>evtl. Stromwaage bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit)</p> <p>Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde</p>
Elektronenmasse	<p>modellieren Vorgänge im Fadenstrahlrohr (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse,</p> <p>Ring- und Linearbeschleuniger, Wien'scher Filter</p>	<p>e/m-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr</p> <p>auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten</p>

3. Photon und das Elektron als Welle

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit	Die Schülerinnen und Schüler... demonstrieren anhand eines Experiments zum Photoeffekt den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen	Photoeffekt Hallwachsversuch Vakuumphotозelle
Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge	erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim Elektronenbeugungsexperiment an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen Veranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung	Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit
Licht und Materie: Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik	erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus	Computersimulation Doppelspalt Photoeffekt

4. Induktion in der Technik

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
	Die Schülerinnen und Schüler...	
Wandlung von mechanischer in elektrische Energie: Elektromagnetische Induktion Induktionsspannung	<p>erläutern am Beispiel der Leiterschaukel das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),</p> <p>definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem Oszilloskop bzw. mit einem Messwerterfassungssystem gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p>	<p>bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „Leiterschaukelversuch“</p> <p>Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der Leiterschaukel)</p> <p>Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird.</p> <p>Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen U, v und B.</p>
Technisch praktikable Generatoren: Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen	<p>recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),</p> <p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p> <p>erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem Oszilloskop bzw. mit einem Messwerterfassungssystem gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p> <p>führen Induktionserscheinungen an einer Leiterschleife auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p>	<p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip</p> <p>Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren</p> <p>Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit Oszilloskop und digitalem Messwerterfassungssystem</p>

4. Induktion in der Technik

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
	Die Schülerinnen und Schüler...	
Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“	erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),	diverse „Netzteile“ von Elektro-Kleingeräten (mit klassischem Transformator)
Transformator	ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim Transformator (UF1, UF2). geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4), werten Messdaten, die mit einem Oszilloskop bzw. mit einem Messwerterfassungssystem gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5). führen Induktionserscheinungen an einer Leiterschleife auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück	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

5. Induktion und Energie

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
Energieerhaltung Ohm´sche „Verluste“	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>verwenden ein physikalisches Modellexperiment zu Freileitungen, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),</p> <p>bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1),</p> <p>zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),</p> <p>beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).</p>	<p>Modellexperiment (z.B. mit Hilfe von Aufbau-Transformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm´schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen</p>
Lenz´sche Regel	<p>erläutern anhand des Thomson´schen Ringversuchs die Lenz´sche Regel (E5, UF4),</p> <p>bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),</p>	<p>Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten</p> <p>Thomson´scher Ringversuch</p> <p>diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr.</p>

Interner Lehrplan: Physik GK Q2

1. Atommodelle, Linien- und Röntgenspektren

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
	Die Schülerinnen und Schüler...	
Kern-Hülle-Modell	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen.	Literaturrecherche, Schulbuch
Energieniveaus der Atomhülle	erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle. Deutung der Linienspektren	Erzeugung von Linienspektren mithilfe von Gasentladungslampen
Bohr'sches Atommodell	Bohr'sches Atommodell ohne Rechnungen	
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> und die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle	Franck-Hertz-Versuch
Röntgenstrahlung	erläutern die Bedeutung von <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle. (Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts, mögliche Ergänzungen: Bremsspektrum mit h -Bestimmung / Bragg-Reflexion)	Aufnahme von Röntgenspektren
Sternspektren und Fraunhoferlinien	interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe. erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien. stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können.	Flammenfärbung Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung) Darstellung des Sonnenspektrums mit seinen Fraunhoferlinien Spektralanalyse

2. Kernphysik

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
	Die Schülerinnen und Schüler...	
Strahlungsarten	<p>unterscheiden α-, β-, γ-Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung.</p> <p>erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten.</p> <p>bewerten die Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik.</p>	<p>Recherche</p> <p>Absorptionsexperimente zu α-, β-, γ-Strahlung</p>
Elementumwandlung	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse.	Nuklidkarte
Detektoren	<p>erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (<i>Geiger-Müller-Zählrohr</i>) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten.</p> <p>An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.</p>	Geiger-Müller-Zählrohr
Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe	<p>beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen.</p> <p>bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf.</p>	ggf. Einsatz eines Films / eines Videos
Dosimetrie	<p>begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung.</p> <p>erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Alltag.</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung von ionisierender Strahlung (medizinische, gesellschaftlich und wirtschaftliche Aspekte, Bewertung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien).</p> <p>Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffen: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis</p>	

3. Elementarteilchen

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
Kernbausteine und Elementarteilchen	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik.</p> <p>erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell.</p> <p>recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik.</p> <p>Mögliche Schwerpunktsetzung: Paarerzeugung, Paarvernichtung</p>	<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>(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung</p> <p>Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept</p>	<p>vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes.</p> <p>Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Thematisierung der Problematik dieser Modelle</p>	Lehrbuch, Animationen

4. Relativitätstheorie: Zeitdilatation und Längenkontraktion

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
Relativität der Zeit	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.</p> <p>erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation.</p> <p>erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfall</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation.</p> <p>erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung.</p> <p>begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt.</p> <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie.</p> <p>Möglicher Ausgangspunkt: Positionsbestimmung mit Navigationssystemen</p>	<p>Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation)</p> <p>Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation)</p> <p>Myonenzerfall (Experimentepool der Universität Wuppertal)</p>

5. Relativitätstheorie: Massendefekt

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
	Die Schülerinnen und Schüler...	
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B- Feldern	erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung.	Zyklotron (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)
Ruhemasse und dynamische Masse	erläutern die Energie-Masse Äquivalenz. zeigen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf. Die Formeln für die dynamische Masse und $E=mc^2$ werden als deduktiv herleitbar angegeben. Erzeugung und Vernichtung von Teilchen	Film / Video

6. Bedeutung der SRT für die moderne Physik

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium
	Die Schülerinnen und Schüler...	
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie. beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen.	Lehrbuch, Film / Video