

**Rahmenlehrplan für
Unterricht und Erziehung**

Berufliches Gymnasium

Fachrichtung: Technik

Leistungskursfach Physiktechnik

Gültig ab Schuljahr 2015/2016

Impressum

Erarbeitung

Dieser Rahmenlehrplan wurde vom Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg (LISUM) erarbeitet.

Herausgeber

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft, Berlin

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Der Herausgeber behält sich alle Rechte einschließlich Übersetzung, Nachdruck und Vervielfältigung des Werkes vor. Kein Teil des Werkes darf ohne ausdrückliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Dieses Verbot gilt nicht für die Verwendung dieses Werkes für die Zwecke der Schulen und ihrer Gremien.

Berlin, Juli 2015

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen	4
2	Bildungsauftrag des Beruflichen Gymnasiums	4
3	Didaktische Grundsätze	5
4	Berufsbezogene Vorbemerkungen	6
5	Themenfelder für das Unterrichtsfach Physiktechnik.....	7
5.1	Vorbemerkungen zu den Themenfeldern	7
5.2	Übersicht der Themenfelder	7
5.3	Themenfelder	9

1 Vorbemerkungen

Der vorliegende Rahmenlehrplan für den Leistungskurs Physiktechnik an Beruflichen Gymnasien wurde auf der Grundlage der „Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II vom 07.07.1972 i.d.F. vom 09.02.2012“ und der Verordnung über die gymnasiale Oberstufe (VO-GO) des Landes Berlin vom 18. April 2007, zuletzt geändert durch Art. I Zweite ÄndVO vom 11.8.2011 (GVBl. S. 430), konzipiert.

Der Rahmenlehrplan¹ enthält keine methodischen Festlegungen für den Unterricht. Bei der Unterrichtsgestaltung sollen jedoch Unterrichtsmethoden, mit denen Handlungskompetenz unmittelbar gefördert wird, besonders berücksichtigt werden. Selbstständiges und verantwortungsbewusstes Denken und Handeln als übergreifendes Ziel der Ausbildung muss Teil des didaktisch-methodischen Gesamtkonzepts sein.

2 Bildungsauftrag des Beruflichen Gymnasiums

Beim Übergang in die Qualifikationsphase wählen Schülerinnen und Schüler des beruflichen Gymnasiums ein Fach der Fachrichtungen Wirtschaft, Technik, Berufliche Informatik, Ernährung, Agrarwirtschaft, Gesundheit und Soziales, Biotechnologie oder Gestaltung aus dem Angebot der besuchten Schule entweder als fachrichtungsbezogenes zweites Leistungskursfach oder Grundkursfach, das drittes oder viertes Prüfungsfach oder Referenzfach der fünften Prüfungskomponente sein muss.

Der Unterricht im Beruflichen Gymnasium muss auf die Entwicklung von **Handlungskompetenz** gemäß des Deutschen Qualifizierungsrahmens für lebenslanges Lernen (DQR) auf der entsprechenden Niveaustufe ausgerichtet sein. Diese wird hier verstanden als die Bereitschaft und Befähigung des Einzelnen, sich in beruflichen, gesellschaftlichen und privaten Situationen sachgerecht durchdacht sowie individuell und sozial verantwortlich zu verhalten. Handlungskompetenz entfaltet sich in den Dimensionen von Fachkompetenz und personaler Kompetenz.

Fachkompetenz bezeichnet die Bereitschaft und Befähigung, auf der Grundlage fachlichen Wissens und Könnens Aufgaben und Probleme zielorientiert, sachgerecht, methodengeleitet und selbstständig zu lösen und das Ergebnis zu beurteilen.

Personale Kompetenz (Humankompetenz) bezeichnet die Bereitschaft und Befähigung, als individuelle Persönlichkeit die Entwicklungschancen, Anforderungen und Einschränkungen in Familie, Beruf und öffentlichem Leben zu klären, zu durchdenken und zu beurteilen, eigene Begabungen zu entfalten sowie Lebenspläne zu fassen und fortzuentwickeln. Sie umfasst Eigenschaften wie Selbstständigkeit, Kritikfähigkeit, Selbstvertrauen, Zuverlässigkeit, Verantwortungs- und Pflichtbewusstsein. Zu ihr gehören insbesondere auch die Entwicklung durchdachter Wertvorstellungen und die selbstbestimmte Bindung an Werte.

Die personale Kompetenz wird gemäß des DQR in Sozialkompetenz und Selbstständigkeit unterteilt.

Sozialkompetenz bezeichnet die Bereitschaft und Befähigung, soziale Beziehungen zu leben und zu gestalten, Zuwendungen und Spannungen zu erfassen und zu verstehen sowie sich mit anderen rational und verantwortungsbewusst auseinanderzusetzen und zu verständ-

¹ Der Rahmenlehrplan wurde auf Grundlage der Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz (2011) erstellt.

digen. Hierzu gehört insbesondere auch die Entwicklung sozialer Verantwortung und Solidarität.

Selbstständigkeit bezeichnet die Eigenständigkeit und Verantwortung bei der Übernahme von Arbeitsaufträgen und beim Lösen von Problemen. Eingeschlossen dabei ist die Reflexivität über das eigene Handeln und die Lernkompetenz.

Bestandteil sowohl von Fachkompetenz als auch von personaler Kompetenz sind Methodenkompetenz, kommunikative Kompetenz und Lernkompetenz.

Methodenkompetenz bezeichnet die Bereitschaft und Befähigung zu zielgerichtetem, planmäßigem Vorgehen bei der Bearbeitung von Aufgaben und Problemen (z. B. bei der Planung der Arbeitsschritte).

Kommunikative Kompetenz meint die Bereitschaft und Befähigung, kommunikative Situationen zu verstehen und zu gestalten. Hierzu gehört es, eigene Absichten und Bedürfnisse sowie die der Partner wahrzunehmen, zu verstehen und darzustellen.

Lernkompetenz ist die Bereitschaft und Befähigung, Informationen über Sachverhalte und Zusammenhänge selbstständig und gemeinsam mit anderen zu verstehen, auszuwerten und in gedankliche Strukturen einzuordnen. Zur Lernkompetenz gehört insbesondere auch die Fähigkeit und Bereitschaft, im Beruf und über den Berufsbereich hinaus Lerntechniken und Lernstrategien zu entwickeln und diese für lebenslanges Lernen zu nutzen.

3 Didaktische Grundsätze

In der Qualifikationsphase erweitern und vertiefen die Lernenden ihre bis dahin erworbenen Kompetenzen mit dem Ziel, sich auf die Anforderungen eines Hochschulstudiums oder einer beruflichen Bildung vorzubereiten. Sie handeln zunehmend selbstständig und übernehmen Verantwortung in gesellschaftlichen Gestaltungsprozessen.

Der beschleunigte Wandel einer von Globalisierung geprägten Welt erfordert ein dynamisches Modell des Kompetenzerwerbs, das auf lebenslanges Lernen und die Bewältigung vielfältiger Herausforderungen im Alltags- und Berufsleben ausgerichtet ist. Hierzu durchdringen die Lernenden zentrale Zusammenhänge grundlegender Wissensbereiche, erkennen die Funktion und Bedeutung vielseitiger Erfahrungen und lernen vorhandene sowie neu erworbene Fähigkeiten und Fertigkeiten miteinander zu verknüpfen. Die Lernenden entwickeln ihre Fähigkeiten im Umgang mit Sprache und Wissen weiter und setzen sie zunehmend situationsangemessen, zielorientiert und adressatengerecht ein.

Mit den abschlussorientierten Standards wird verdeutlicht, über welche fachlichen und überfachlichen Kompetenzen die Lernenden im Abitur verfügen müssen. Die Standards bieten damit Lernenden und Lehrenden Orientierung für erfolgreiches Handeln und bilden einen wesentlichen Bezugspunkt für die Unterrichtsgestaltung, für das Entwickeln von Konzepten zur individuellen Förderung sowie für ergebnisorientierte Beratungsgespräche.

Für die Kompetenzentwicklung sind zentrale Themenfelder und Inhalte von Relevanz, die sich auf die Kernbereiche der jeweiligen Fächer konzentrieren und sowohl fachspezifische als auch überfachliche Zielsetzungen deutlich werden lassen. So erhalten die Lernenden Gelegenheit zum exemplarischen Lernen und zum Erwerb einer vertieften und erweiterten allgemeinen sowie wissenschaftspropädeutischen Bildung. Dabei wird stets der Bezug zur Erfahrungswelt der Lernenden und zu den Herausforderungen an die heutige sowie perspektivisch an die zukünftige Gesellschaft hergestellt.

Die Lernenden entfalten anschlussfähiges und vernetztes Denken und Handeln als Grundlage für lebenslanges Lernen, wenn sie die in einem Lernprozess erworbenen Kompetenzen

auf neue Lernbereiche übertragen und für eigene Ziele und Anforderungen in Schule, Studium, Beruf und Alltag nutzbar machen können.

Diesen Erfordernissen trägt der Rahmenlehrplan durch die Auswahl der Themenfelder und Inhalte Rechnung, bei der nicht nur die Systematik des Faches, sondern vor allem der Beitrag zum Kompetenzerwerb berücksichtigt wird.

Lernen und Lehren in der Qualifikationsphase müssen dem besonderen Entwicklungsabschnitt Rechnung tragen, in dem die Jugendlichen zu jungen Erwachsenen werden. Dies geschieht vor allem dadurch, dass die Lernenden Verantwortung für den Lernprozess und den Lernerfolg übernehmen und sowohl Unterricht als auch das eigene Lernen aktiv selbst gestalten.

Das Unterrichtsangebot des Beruflichen Gymnasiums richtet sich an Jugendliche und Erwachsene, die sich nach Vorbildung, kulturellem Hintergrund und Erfahrungen unterscheiden. Das Berufliche Gymnasium kann seinen Bildungsauftrag nur erfüllen, wenn es diese Unterschiede beachtet und Schülerinnen und Schüler – auch benachteiligte oder besonders begabte – ihren individuellen Möglichkeiten entsprechend fördert.

4 Berufsbezogene Vorbemerkungen

Der vorliegende Rahmenplan für den Leistungskurs Physiktechnik des Beruflichen Gymnasiums legt breite Grundlagen für eine Ausbildung im physikalisch-technischen Bereich. Zu dem weiten Spektrum an fachlichen Inhalten gehören eine Vielzahl an Studiengängen und Berufsbildern. Im Unterschied zum normalen Leistungskurs Physik der gymnasialen Oberstufe werden hier der Praxisbezug und die technische Anwendung deutlich betont. Im Vergleich zur Ausbildung zum PhyTA (Physikalisch-technischer Assistent/Physikalisch-technische Assistentin) besteht ein höheres Abstraktionsniveau und ein höherer Theoretisierungsgrad. Damit zielt das Bildungsangebot des beruflichen Gymnasiums einerseits auf hohe Studierfähigkeit und andererseits auf Ausbildungsberufe im naturwissenschaftlich-technischen Bereich, für die das Abitur in der Regel erforderlich ist.

Die fachlichen Inhalte gehen von der Mechanik und dem Elektromagnetismus über die Optik und die Thermodynamik bis hin zur Festkörper-, Atom- und Kernphysik. Da zunächst die Fundamente physikalischer Grundbildung gelegt werden müssen, werden die vertieften Anwendungen hauptsächlich (aber nicht nur) in den Wahlthemen behandelt. Dabei sind vor allem die Gebiete Elektro-, Windenergie- und Halbleitertechnik sowie die Anwendungen ionisierender Strahlung hervorzuheben. Diese Anwendungsthemen werden außerdem in den zugehörigen Laborkursen (Grundkurs Physiktechnik) vertieft. Die entsprechenden Berufsfelder gehören zu den Natur- und Ingenieurwissenschaften und allgemein zum Technologiebereich.

Bei den methodischen Inhalten und der Fachdidaktik ist die berufsspezifische Arbeitsweise von Physikerinnen und Physikern hervorzuheben: Erkenntnisgewinn erfolgt in einem intensiven und stetigen Zusammenspiel von Experiment und Theorie. Theoretische Behauptungen werden im Experiment überprüft und experimentelle Befunde im Rahmen einer theoretischen Behandlung gedeutet. Im Leistungskurs Physiktechnik hat deshalb das praktische Arbeiten und das systematische Probieren den gleichen Rang wie das mathematisch-quantitative Untersuchen, Beschreiben und Auswerten. In diesem Sinne wird die Physik als Querschnittswissenschaft vorgestellt, die außer Bezügen zu den anderen Naturwissenschaften zahlreiche Verbindungen insbesondere zur Mathematik und zur Informatik aufweist. Deshalb arbeiten Physikerinnen und Physiker außer in typischen Berufsbereichen wie Lehre oder Forschung und Entwicklung zum Beispiel auch in der Softwareentwicklung, in der Unternehmensberatung und in der Energie-, Finanz- und Versicherungswirtschaft.

Schließlich soll der Leistungskurs Physiktechnik seinen Teil zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung beitragen. Die Grundlagen und Anwendungen der Physiktechnik stehen für die Wichtigkeit und Machbarkeit von ressourcenschonender und energieeffizienter Technologie. Beispiele für entsprechende Berufsfelder sind die Solar- und Windenergie-technik, Umweltp Physik (etwa satellitengestützte Messung von Umweltdaten), Beleuchtungs-, Wärme- und Kältetechnik, Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik.

5 Themenfelder für das Unterrichtsfach Physiktechnik

5.1 Vorbemerkungen zu den Themenfeldern

Das Fach Physiktechnik wird in den Jahrgangsstufen 12 und 13 des Beruflichen Gymnasiums, Fachrichtung Technik mit 200 Unterrichtsstunden im Schuljahr unterrichtet.

Im jeweiligen Schuljahr sind zu den Pflichtthemenfeldern mit 120 Stunden noch Wahlthemenfelder mit insgesamt 40 Stunden zu wählen. Die verbleibenden 40 Stunden dienen als Zeitausgleich für Klausuren und Kurzkontrollen sowie zur Schulung der Medien- und Methodenkompetenz der Schülerinnen und Schüler.

Pro Kurshalbjahr ergeben sich also ca. 60 Stunden für Pflichtthemenfelder, 20 Stunden für ein oder maximal zwei Wahlthemenfelder und 20 Stunden Zeitausgleich.

5.2 Übersicht der Themenfelder

Jahrgangsstufe 12 des Beruflichen Gymnasiums; Leistungskurs Physiktechnik	
1. Kurshalbjahr: Elektrische und magnetische Felder	Unterrichtsstunden
Themenfeld 1: Elektrische und magnetische Felder	25
Themenfeld 2: Ladungsträger in elektrischen und magnetischen Feldern	15
Themenfeld 3: Induktion und elektromagnetische Schwingungen	20
Wahlthema: Wechselstromtechnik	20

2. Kurshalbjahr: Komplexe Systeme und Elektrodynamik	Unterrichtsstunden
Themenfeld 4: Erhaltungssätze und Gravitationsfeld	15
Wahlthema	bis zu 20
Themenfeld 5: Grundlagen und technische Anwendungen der Thermodynamik	25
Wahlthema	bis zu 20
Themenfeld 6: Elektromagnetische Wellen	20
Wahlthemen	bis zu 20
Pflichtthemenfelder insgesamt	120
Wahlthemenfelder insgesamt	40
Zeitausgleich (unverplant)	40
gesamt:	200
Jahrgangsstufe 13 des Beruflichen Gymnasiums; Leistungskurs Physiktechnik	
3. Kurshalbjahr: Festkörper- und Atomphysik	Unterrichtsstunden
Themenfeld 7: Festkörperphysik und Halbleitertechnik	20
Wahlthema	bis zu 20
Themenfeld 8: Atom- und Quantenphysik	40
Wahlthemen	bis zu 20
4. Kurshalbjahr: Kernphysik und ionisierende Strahlung	
Themenfeld 9: Kernphysik	60
Wahlthemen	bis zu 20
Pflichtthemenfelder insgesamt	120
Wahlthemenfelder insgesamt	40
Zeitausgleich (nicht verplant)	40
gesamt:	200

5.3 Themenfelder

Pflichtthemenfeld 1: Elektrische und magnetische Felder

Zeitrichtwert: 25 Unterrichtsstunden

Kompetenzformulierung

Die Schülerinnen und Schüler wenden die grundlegenden Begriffe und Gesetze der Elektrizitätslehre an und erläutern auch deren Bezug und Wichtigkeit im Alltag.

Ausgehend von der Messung der Kraftwirkung auf Probekörper erfassen und beschreiben sie elektrische und magnetische Felder durch Feldlinien und die vektorielle Größe Feldstärke.

Sie stellen die Nützlichkeit des Energiebegriffes auch am Beispiel der Wegeunabhängigkeit der elektrischen Spannung dar.

Sie beschreiben Kondensatoren als Ladungs- und Energiespeicher und wenden die Größen, Kapazität, Ladung, Spannung in unterschiedlichen technischen Zusammenhängen exakt an.

Sie berechnen und dokumentieren Auf- und Entladevorgänge beim Kondensator und bestimmen die entsprechende Zeitkonstante.

Sie beschreiben den Einfluss von elektrischen und magnetischen Feldern auf Materie an verschiedenen Beispielen und wenden dabei Modellvorstellungen an.

Sie wenden die grundlegenden Begriffe des Magnetismus an, skizzieren Feldlinienbilder mit (Strom-) und Feldrichtung und berechnen magnetische Feldstärken.

Sie erklären mit Hilfe der Lorentzkraft (auf Ladungsträger) die Kraft auf den stromdurchflossenen Leiter und wenden die Drei-Finger-Regel in verschiedenen Situationen an.

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Elektrisches Feld</p> <p>Spannung, Stromstärke, Widerstand Kirchhoff'sche Gesetze, Ohm'sches Gesetz Elektrische Energie und Leistung</p> <p>Elektrostatik, Influenz Auf- und Entladen eines Kondensators Definition der elektrischen Ladung Definition der Kapazität $C = \frac{Q}{U}$</p> <p>Elektrische Feldlinien Coulomb'sches Gesetz Elektrische Feldkonstante Elektrischer Feldstärkevektor</p> <p>Plattenkondensator, homogenes Feld</p> <p>Arbeit im elektrischen Feld, Potenzial Definition der Spannung</p> <p>Technische Anwendungen</p> <p>Materie im elektrischen Feld Kondensator als Energiespeicher Energiedichte</p> <p>Parallel- und Reihenschaltung von Kondensatoren</p> <p>Kondensator: Auf- und Entladevorgang, Zeitkonstante</p>	<p>Wiederholung und Vertiefung des Vorwissens aus Sek I und E-Phase Arbeitsteilige Gruppenarbeit mit Aufgaben/Handexperimenten</p> <p>Ladungsmessung mit Messverstärker Auf- und Entladen einer Leiteranordnung z. B. eines Kugel- oder Plattenkondensators Kondensator als <i>Ladungsspeicher</i></p> <p>Griesskörnerbilder <i>Probekörper</i> im homogenen bzw. radial-symmetrischen Feld (PK-2 Analogie zum Gravitationsfeld)</p> <p>Experiment zu $C = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{d}$</p> <p>Arbeit, die bei der Bewegung eines geladenen Teilchens im homogenen Feld verrichtet wird. Äquipotenziallinien bzw. -flächen</p> <p>Vergleich Akku-Kondensator; Superkondensatoren, Touchscreen, kapazitive Füllstandsmessung</p> <p>Polarisation, Referat Piezoeffekt elektrisches Feld als Träger von Energie</p> <p>ggf. erst zu einem späteren Zeitpunkt (Wechselstromtechnik)</p> <p>U(t)- bzw. I(t)-Diagramme (Mathematik: Exponentialfunktionen, ggf. Differenzialgleichungen)</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Magnetisches Feld</p> <p>Magnetische Feldlinien Grundlegende Feldlinienbilder</p> <p>Kraft F auf stromdurchflossenen Leiter Drei-Finger-Regel (UFW-Regel)</p> <p>Zurückführen von F auf die Lorentzkraft</p> <p>Magnetische Feldstärke, B-Feld</p> <p>Technische Anwendungen</p> <p>Horizontal- und Vertikalkomponente des Erdmagnetfelds</p> <p>Magnetfeld einer langgestreckten Zylinder- spule, magnetische Feldkonstante</p> <p>Magnetfeld eines langen geraden Leiters Definition der elektrischen Stromstärke</p> <p>Materie im Magnetfeld</p>	<p>Sichtbarmachen mit Eisenspänen und Probemagnetnadel, Aufgreifen und Präzisieren von Grundbegriffen, historische Entdeckung von Oerstedt, Rechte-Hand-Regeln zur Bestimmung der Feldrichtung</p> <p>stromdurchflossener Leiter als Probekörper im Magnetfeld $B = \frac{F}{I \cdot l}$</p> <p>mikroskopische Vorstellung (Hier kann bereits die Elektronenablenkröhre oder das Fadenstrahlrohr gezeigt werden.)</p> <p>Messung mit <i>Leiterschleife</i> Vergleich mit elektrischem Feld</p> <p>Messung mit Hall-Sonde, Magnetpulverprüfung, Datenspeicherung, Elektromotor</p> <p>Experiment, Entstehung und Schwankungen des Erdmagnetfeldes</p> <p>Gewinnen von $B \sim N \cdot \frac{I}{l}$ durch Ausmessen von Spulenfeldern</p> <p>magnetische Suszeptibilität, Dia-, Para- und Ferromagnetismus, Temperaturabhängigkeit</p> <p>Modell der Elementarmagnete</p>

Pflichtthemenfeld 2: **Ladungsträger in elektrischen und magnetischen Feldern**

Zeitrichtwert: **15 Unterrichtsstunden**

Kompetenzformulierung

Die Schülerinnen und Schüler erklären die Bewegungen von Ladungsträgern in magnetischen und elektrischen Feldern.

Sie stellen Bezüge zur Mechanik von Massepunkten aus der Einführungsphase her und können Analogien beschreiben.

Sie deuten die modellhaften Experimente und ziehen Schlussfolgerungen für die grundlegenden Anwendungen.

Sie beschreiben den Versuch von Millikan als Entdeckung der Ladungsquantelung.

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Ladungsträger in elektrischen und magnetischen Feldern</p> <p>Bewegung in elektrischen Feldern</p> <p>Energieeinheit Elektronenvolt</p> <p>Elektronenstrahlableitkröhre</p> <p>Glühelektrischer Effekt</p> <p>Oszilloskop</p> <p>Millikan-Versuch</p> <p>Quantelung der Ladung</p> <p>Bewegung im homogenen Magnetfeld</p> <p>Helmholtz-Spulenpaar</p> <p>Lorentzkraft</p> <p>Bestimmung der spezifischen Ladung des Elektrons</p> <p>Halleffekt</p> <p>Kombination von Feldern</p> <p>Anwendungen</p>	<p>Kraft- und Energiebetrachtung, Wiederholung der Bewegungsgleichungen</p> <p>Analogien zur Mechanik</p> <p>Bewegung im (homogenen) Längsfeld (Beschleunigung, Verzögerung, Hinweis auf relativistische Effekte, Massenzunahme)</p> <p>Bewegung im homogenen Querfeld</p> <p>Kraft- und Energiebetrachtungen, Wiederholung der Bewegungsgleichungen</p> <p>Analogien zur Mechanik</p> <p>Durchführung und (statistische) Auswertung des Experiments (Schwebefall, steigende und sinkende Öltröpfchen), Hinweis auf die historische Bedeutung</p> <p>(PK-4 Atom- und Ionenfallen)</p> <p>Wiederholung der Zentralkraft</p> <p>Fadenstrahlröhre und Elektronenableitkröhre mit Helmholtz-Spulenpaar</p> <p>Hallsonde qualitativ oder quantitativ (hier oder im Themenfeld Festkörperphysik, Berechnung der Driftgeschwindigkeit und Teilchenzahldichte)</p> <p>Geschwindigkeitsfilter</p> <p>Fernsehröhre, Massenspektrometer, Elektronenmikroskop, Teilchenbeschleuniger, Polarlichter</p> <p>Anwendungsaufgaben auch aus der Atom- und Kernphysik, Computersimulationen</p> <p>Besichtigungsmöglichkeit: BESSY</p>

Vernetzung: mit Atom- und Kernphysik, CK-3 Massenspektroskopie

Themenfeld 3: Induktion und elektromagnetische Schwingungen

Zeitrictwert Pflichtthemen: 20 Unterrichtsstunden

Zeitrictwert Wahlthema: 20 Unterrichtsstunden

Kompetenzformulierung

Die Schülerinnen und Schüler erklären die Induktion im bewegten Leiter durch die Anwendung der Lorentzkraft und der Drei-Finger-Regel.

Sie beschreiben allgemeine Induktionsvorgänge als Folge von Flächen- oder Magnetfeldänderungen und berechnen Induktionsspannungen und -ströme. Dabei erläutern sie, wie das Zusammenwirken von Experiment und Theorie zu neuen Erkenntnissen führt.

Die Schülerinnen und Schüler stellen Induktionsvorgänge unter Anwendung der Lenz'schen Regel dar. Sie erläutern, dass ohne diese Regel ein Perpetuum mobile möglich wäre. Außerdem erklären sie dabei die „Trägheit“ des magnetischen Feldes, insbesondere bei der Selbstinduktion.

Sie beschreiben und erklären technische Anwendungen, die auf der Induktion bzw. der Lorentzkraft basieren.

Sie wenden die Beziehungen und Umrechnungen von Effektiv-, Scheitel- und Momentanwerten einer sinusförmigen Wechselspannung an und stellen den historische Prozess der Elektrifizierung dar.

Sie beschreiben und berechnen, wie beim elektrischen Schwingkreis magnetische und elektrische Energien ineinander umgewandelt werden, dabei nutzen sie die Analogie zu einem mechanischen Federpendel.

Sie erklären, wie durch Rückkopplung eine ungedämpfte elektromagnetische Schwingung entstehen kann.

Im Wahlthema **Wechselstromtechnik** untersuchen die Schülerinnen und Schüler das „nichtohmsche“ Verhalten von Induktivitäten und Kapazitäten als frequenzabhängige Widerstände.

Sie berechnen auch mit Hilfe von Zeigerdiagrammen die Verhältnisse in einfachen Reihen- und Parallelschaltungen von verschiedenen Widerständen.

Sie untersuchen und entwickeln selbst passende Schaltungen aus Wechselstromwiderständen zur Funktion von Frequenzfiltern und beschreiben deren Wirkungsweise als getriebene (resonante) Schwingkreise.

Sie beschreiben den Aufbau und erklären die Wirkungsweise wichtiger elektrischer Maschinen.

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Pflichtthemen</p> <p>Elektromagnetische Induktion</p> <p>Induktionsspannung in bewegten und in ruhenden Leitern</p> <p>Hinweis auf Faradays Entdeckung</p> <p>Induktionsgesetz in differentieller Form</p> <p>Magnetischer Fluss</p> <p>Wirkung des Induktionsstroms</p> <p>Lenz'sche Regel, Wirbelströme</p> <p>Selbstinduktion, Induktivität</p> <p>Energie im magnetischen Feld</p> <p>Technische Nutzung der Induktion</p> <p>Erzeugung von sinusförmiger Wechselspannung, Effektivwerte und Scheitelwerte von Strom und Spannung</p> <p>Geschichte der Elektrifizierung</p>	<p>zunächst Durchführung von (Hand-) Experimenten mit Leiterschleifen und Spulen und induktive Erarbeitung von $U_{\text{ind}} = v B l$ mit Hilfe der Lorentzkraft (Bezug zu M_a, Differenzialrechnung)</p> <p>Spannungsstoß</p> <p>Energiebetrachtung</p> <p>Anwendungen</p> <p>Ein- und Ausschaltvorgänge (Analogie zum Kondensator) in mathematischer Formulierung</p> <p>magnetisches Feld als Träger von Energie; Sinnvoll ist an dieser Stelle eine Gegenüberstellung von elektrostatischem und magnetischem Feld</p> <p>Generator, Transformator, FI-Schalter, induktive Geschwindigkeitsmessung und Zugsicherung, Zündspule, magnetischer Datenspeicher, Induktionsherd</p> <p>deduktive Herleitung aus dem Induktionsgesetz, Bestätigung im Experiment, Vergleich von Gleich- und Wechselstrom gleicher mittlerer Leistung (M_a, Integralrechnung)</p> <p>ggf. Referat, Experiment zur Hochspannungsübertragung von elektrischer Energie, Bezug zur aktuellen Energiewende (siehe auch Gleichstromübertragung)</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Elektromagnetische Schwingungen Elektromagnetischer Schwingkreis Thomson-Gleichung Vergleich mit mechanischem Oszillator</p> <p>Erzeugung ungedämpfter elektromagnetischer Schwingungen Rückkopplung</p>	<p>Abhängigkeit der Eigenfrequenz von L und C Aufstellen der Differenzialgleichung für elektromagnetische und mechanische harmonische Oszillatoren (Federpendel)</p> <p>Erarbeitung der Meissner- oder der Dreipunktschaltung Ausblick auf die Rückkopplung bei nichtelektrischen Regelkreisen (BI, BK)</p>
<p>Wahlthema Wechselstromtechnik Kapazitiver und induktiver Widerstand Wechselstrom mit Hilfe von Zeigern</p> <p>Impedanz, Blind- und Wirkleistung</p> <p>Erzwungene Schwingungen, Resonanzverhalten Elektrische Maschinen</p>	<p>frequenzabhängige Widerstände reine Reihen- und reine Parallelschaltungen von Widerstand, Spule und Kondensator Phasenbeziehung von Spannung und Stromstärke im Wechselstromkreis Hoch- und Tiefpass, Bandfilter</p> <p>Vertiefung zu Generator und Transformator, Drehfeld- und Linearmotor</p>

Vernetzung: mit Geschichte, Politik (Zugang zu elektrischer Energie), Mathematik

Themenfeld 4: Erhaltungssätze und Gravitationsfeld

Zeitrichtwert Pflichtthemen: 15 Unterrichtsstunden

Zeitrichtwert Wahlthema: 20 Unterrichtsstunden

Kompetenzformulierung

Die Schülerinnen und Schüler analysieren komplexere Bewegungen, auch Kreisbewegungen mit Hilfe der Newton'schen Axiome, der Kinematik und der Erhaltungssätze.

Sie stellen Bewegungsabläufe grafisch dar und interpretieren entsprechende vorgegebene Diagramme.

Sie beschreiben Kreisbewegungen im mitbewegten und im ruhenden Bezugssystem und führen zur Bestimmung der Zentralkraft auch vektorielle Kräftezerlegungen durch.

Sie berechnen mit Hilfe eines Kräfteansatzes die Kreisbewegungen von Planeten und Satelliten.

Im Wahlthema **Grundlagen der Raumfahrttechnik** beschreiben und erklären die Schülerinnen und Schüler Gravitationsfelder durch Kräfte, Feldstärke und Potenzial. Sie beschreiben, wie beim elektrischen Feld auch hier die Wegeunabhängigkeit der potenziellen Energie.

Sie berechnen kompliziertere Bahnformen im Gravitationsfeld auch mit Hilfe iterativer numerischer Verfahren.

Sie stellen Stoßprozesse grafisch dar und interpretieren entsprechende vorgegebene Diagramme.

Sie berechnen Stoßprozesse unter Anwendung der entsprechenden Erhaltungssätze.

Sie wenden die Erhaltungssätze zur Herleitung der Raketengleichung und der kosmischen Geschwindigkeiten an.

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Pflichtthemen</p> <p>Grundlagen der technischen Mechanik</p> <p>Zwangskraft und eingeprägte Kraft</p> <p>Bewegungen eines Massepunktes</p> <p>Kinematik: gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung</p> <p>Newton'sche Axiome</p> <p>gleichförmige Kreisbewegung</p> <p>Energieerhaltung</p> <p>Wirkungsgrad</p>	<p>z. B. Kraft der Unterlage auf einen Körper, Haftkraft, Fadenspannkraft eines Pendels, Gewichtskraft, Gleitreibung, Federspannkraft</p> <p>Wiederholung und Vertiefung aus der E-Phase, Diagramme (z. B. Überholvorgänge, schiefer Wurf, mit Luftreibung)</p> <p>Simulationen (iterative Berechnung)</p> <p>Zentralkraft, vektorielle Zerlegungen, z. B. bei Kurvenfahrten, Kettenkarussell</p> <p>komplexere Aufgaben aus der Technik auch unter Bezug auf das erste Semester</p>
<p>Gravitation</p> <p>Gravitationsgesetz</p> <p>Gravitationskonstante</p> <p>Kepler'sche Gesetze</p> <p>Sonnensystem</p>	<p>Newtons Gedankenexperiment, Cavendish-Drehwaage, Vergleich mit Coulomb-Gesetz</p> <p>Satelliten- und Planetenbahnen, nur einfache Kreisbewegungen</p>
<p>Wahlthema</p> <p>Grundlagen der Raumfahrttechnik</p> <p>Gravitationsfeld</p> <p>Gravitationsfeldstärke, -potenzial</p> <p>Impulserhaltung, Raketengleichung</p> <p>Bewegung im Gravitationsfeld</p> <p>Geostationäre und Wettersatelliten</p> <p>kosmische Geschwindigkeiten</p>	<p>homogenes vs. radialsymmetrisches Feld, Energiebetrachtungen, Vergleich mit elektrischem Feld</p> <p>Stoßprozesse, Diagramme</p> <p>komplexere Bahnformen, Simulationen, Lagrange-Punkte, Swing-by-Manöver</p>

Vernetzung: mit Mathematik (numerisches Lösen von Differenzialgleichungen)

Themenfeld 5: Grundlagen und technische Anwendungen der Thermodynamik

Zeitrichtwert Pflichtthemen: 25 Unterrichtsstunden

Zeitrichtwert Wahlthema: 20 Unterrichtsstunden

Kompetenzformulierung

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben thermodynamische Systeme mit den geeigneten makroskopischen Zustandsgrößen.

Sie begründen den Zusammenhang der Zustandsgrößen aus dem atomistischen Modell des idealen einatomigen Gases.

Sie wenden elementare statistische Betrachtungsweisen auf das Gasmodell an und erläutern den Zusammenhang zwischen Temperatur und mittlerer Teilchenenergie.

Sie wenden den Energieerhaltungssatz auch unter Berücksichtigung von Wärmeaustausch an und beschreiben irreversible Prozesse unter Bezug auf die Entropie.

Sie beschreiben Wärmekraftmaschinen und Kreisprozesse auch unter Verwendung von Diagrammen.

Sie berechnen reale Wirkungsgrade von Wärmekraftmaschinen und den Carnot'schen Wirkungsgrad.

Sie bewerten grundlegende Fragen der Energieversorgung auch unter dem Aspekt der Energieentwertung.

Sie beschreiben die Grundlagen von Wärme- und Kältetechnik und formulieren den dritten Hauptsatz der Thermodynamik.

Im Wahlthema **Windenergie-technik** beschreiben und erläutern die Schülerinnen und Schüler die Grundlagen der Energieerzeugung durch Windkraftanlagen.

Sie benennen und bewerten die Probleme und Potenziale der Stromversorgung durch Windenergie.

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Pflichtthemen</p> <p>Thermodynamik</p> <p>Zustandsgrößen</p> <p>Temperaturbegriff und -skalen</p> <p>Brown'sche Bewegung</p> <p>Modell des idealen einatomigen Gases</p> <p>Ideale Gasgleichung</p> <p>Zusammenhang zwischen mittlerer Teilchenenergie und absoluter Temperatur</p> <p>Offene und (ab-)geschlossene Systeme</p> <p>Innere Energie und Wärme</p> <p>1. Hauptsatz der Thermodynamik</p> <p>Entropie</p> <p>2. Hauptsatz der Thermodynamik</p> <p>Unmöglichkeit des Perpetuum mobile 1. und 2. Art</p>	<p>Wiederholung und Festigung von Vorwissen</p> <p>Random walk (Simulation)</p> <p>kinetische Gastheorie</p> <p>z. B. Stabilität der Atmosphäre eines Planeten: Vergleich der Teilchengeschwindigkeit mit der Fluchtgeschwindigkeit (Wahlthema Raumfahrttechnik), Hinweis auf Maxwell-Boltzmann-Verteilung</p> <p>Beispiel: Kaffeetasse, Thermoskanne</p> <p>Erweiterung des Energieerhaltungssatzes: Übertragung von Energie durch Arbeit und als Wärme</p> <p>Begriff der Energieentwertung, z. B. Tauchsieder in Schwimmbecken</p> <p>Bezug zu Chemie-LK, CK</p>
<p>Wärmekraftmaschinen und Wärmepumpen</p> <p>Kreisprozesse</p> <p>Carnot'scher Wirkungsgrad</p> <p>Stirlingmotor</p> <p>Kühlschrank und Wärmepumpe</p> <p>3. Hauptsatz der Thermodynamik</p>	<p>$p(V)$-, $S(T)$-Diagramme</p> <p>Energieflussdiagramme</p> <p>moderne Kraftwerkstechnik, Energieversorgung, Umweltproblematik</p> <p>Temperaturrekorde</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Wahlthema Windenergietechnik Grundlagen der Strömungslehre Bernoulli-Gleichung Widerstandskraft, Widerstandsbeiwert Windleistung, Rotorwirkungsgrad Bauformen von Windenergieanlagen Auftriebs- und Widerstandsläufer Energiepolitik</p>	<p>Herleitung aus dem Energiesatz und experimentelle Demonstration Messungen im Praktikum p_k, Beispielrechnung am Fallen eines Regentropfens Betz'scher Wirkungsgrad Beispiele von Rotoren, historische Entwicklung, Schnelllaufzahl Standortdiskussion, Versorgungssicherheit, neuere Entwicklungen</p>

Vernetzung: mit Chemie

Themenfeld 6: Elektromagnetische Wellen

Zeitrichtwert Pflichtthema: 20 Unterrichtsstunden

Zeitrichtwert Wahlthemen: 20 Unterrichtsstunden

Kompetenzformulierung

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben und deuten den Übergang vom geschlossenen zum offenen Schwingkreis und den so gebildeten elektromagnetisch schwingenden Stabdipol.

Sie erklären die damit einhergehende Abstrahlung von Energie und beschreiben die Entstehung und die Eigenschaften der elektromagnetischen Wellen.

Sie berechnen Wellenlänge, Frequenz und Ausbreitungsgeschwindigkeit und bestimmen die Länge eines resonanten Empfangsdipols.

Sie beschreiben Möglichkeiten der drahtlosen Nachrichtenübertragung durch elektromagnetische Wellen und bewerten die sich daraus ergebenden Entwicklungen in der modernen Kommunikation.

Sie stellen das gesamte elektromagnetische Spektrum dar und ordnen die bereits bekannten Frequenzbereiche mit den bekannten Phänomenen und Anwendungen ein.

Im Wahlthema **Licht als elektromagnetische Welle** analysieren die Schülerinnen und Schüler die verschiedenen Eigenschaften von (sichtbarem) Licht als elektromagnetische Welle.

Sie beschreiben wichtige Anwendungen, insbesondere verschiedene Techniken der Spektroskopie.

Sie stellen den historischen Versuch von Michelson und die damit verbundene Kontroverse dar.

Im Wahlthema **Strahlungsphysik und Klima** beschreiben und deuten die Schülerinnen und Schüler die spektrale Energieverteilung von Körpern, insbesondere des Schwarzen Strahlers.

Sie beschreiben den Austausch von Energie eines Körpers mit der Umgebung über Strahlung und die Temperaturabhängigkeit des thermalisierten Zustands.

Sie stellen die Grundlagen des Treibhauseffektes der Atmosphäre dar und beurteilen Aspekte zur Problematik des Klimawandels.

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Pflichtthemen</p> <p>Elektromagnetische Wellen</p> <p>Elektrische Dipolschwingungen Hertz'scher Dipol Eigenschwingungen Grund- und Oberschwingungen</p> <p>Dipolstrahlung als Energietransport Wellencharakter der Dipolstrahlung</p> <p>Eigenschaften von elektromagnetischen Wellen: Ausbreitungsgeschwindigkeit, Reflexion, Polarisierung, Absorption, Interferenz (Bezug zu Optik)</p> <p>Sendung, Übertragung und Empfang elektromagnetischer Wellen Modulation, Demodulation</p> <p>Elektromagnetisches Spektrum</p>	<p>Übergang vom geschlossenen zum offenen Schwingkreis, experimenteller Nachweis von Stromstärke- und Ladungsverteilung als stehende Wellen,</p> <p>Nachweis der Richtungsabhängigkeit, Nachweis von stehenden Wellen vor einer reflektierenden Wand, Resonanz eines Empfangsdipols, graphische Darstellung der Wellenentstehung</p> <p>Experimente mit Mikrowellen; Analogexperimente mit Seil- und Wasserwellen (Vergleiche Plan E-Phase) Anwendung von Mikrowellen: Ofen, Handy</p> <p>Experiment zur drahtlosen Nachrichtenübertragung, Amplituden- und Frequenzmodulation</p> <p>geschichtlicher Bezug, ggf. Ausblick auf Maxwell'sche Theorie</p> <p>Exkursion: Funkerberg in Königswusterhausen</p> <p>Referat: Elektrosmog</p> <p>Überblick über die bisher schon bekannten und noch unbekanntenen Wellenlängenbereiche (z. B. als arbeitsteilige Gruppenarbeit)</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Wahlthemen</p> <p>Licht als elektromagnetische Welle</p> <p>Mehrfachspalt</p> <p>Einfachspalt</p> <p>Spektroskopie</p> <p>Interferenz an dünnen Schichten</p> <p>Polarisation</p> <p>Michelson-Interferometer</p> <p>Lichtgeschwindigkeit</p>	<p>klare begriffliche Trennung von Beugung und Interferenz, Kohärenz, Unterscheidung und Konstruktion von Haupt- und Nebenmaxima</p> <p>Erklärung durch Teilbündel, Vergleich mit Interferenz am Doppelspalt, Hinweis auf das Auflösungsvermögen optischer Geräte</p> <p>Ausblick auf Laser (PK-3)</p> <p>Holographie</p> <p>Brewster-Winkel, optische Aktivität</p> <p>interferometrische Längenmessung</p> <p>historische Bedeutung und aktuelle Experimente (Bezug zur Speziellen Relativitätstheorie)</p>
<p>Stahlungsphysik und Klima</p> <p>Strahlung und Erwärmung</p> <p>Solarkonstante</p> <p>Stefan-Boltzmann-Gesetz</p> <p>Wien'sches Verschiebungsgesetz</p> <p>Treibhauseffekt der Atmosphäre</p>	<p>Abstandsgesetz (vgl. PK-4 Radioaktivität)</p> <p>Strahlungsgleichgewicht</p> <p>Schwarzer Strahler, Energieverteilung</p> <p>Bezug zu Farbtemperatur bei Beleuchtungstechnik, berührungsfreie Temperaturmessung</p> <p>natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt</p>

Vernetzung: mit CK (UV/VIS/IR) Spektroskopie, CK Chiralität

Themenfeld 7: Festkörperphysik und Halbleitertechnik

Zeitrichtwert Pflichtthemen: 20 Unterrichtsstunden

Zeitrichtwert Wahlthema: 20 Unterrichtsstunden

Kompetenzformulierung

Die Schülerinnen und Schüler erklären grundlegende Eigenschaften von Festkörpern mit einem einfachen Elektronengasmodell sowie mit einem qualitativen Bändermodell.

Sie begründen, dass sich die Eigenschaften von Halbleitern durch das gezielte Einbringen von Fremdatomen über weite Bereiche bestimmen lassen.

Sie messen und interpretieren Kennlinien und berechnen Driftgeschwindigkeiten, Ladungsträgerkonzentrationen und Dotiergrade.

Sie stellen den p-n-Übergang als einfachstes und wichtigstes Beispiel der Wirkung von inhomogenen Dotierungen und als grundlegendes Element der Elektronik dar.

Sie beschreiben und bewerten wichtige Anwendungen von Diode und Transistor.

Im Wahlthema **Elektronik** stellen die Schülerinnen und Schüler die Grundlagen der Mikroelektronik dar.

Sie bewerten die aktuelle Entwicklung zunehmender Miniaturisierung.

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Pflichtthemen</p> <p>Festkörperphysik</p> <p>Leitungseigenschaften von Leitern und Halbleitern</p> <p>Driftgeschwindigkeit und Ladungsträgerkonzentration</p> <p>Bändermodell</p> <p>Elektronen- und Löcherleitung</p> <p>Dotierte Halbleiter</p> <p>Halleffekt</p>	<p>einfaches Elektronengasmodell: Duktilität, thermische und elektrische Leitfähigkeit</p> <p>Versuch zur Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit bei einem Metall und einem Halbleiter, Ausblick auf Supraleiter (Referat)</p> <p>qualitatives Bändermodell, Energielücke, klare Unterscheidung zwischen Darstellungen im Orts- und im Energieraum, ggf. Einführung der Fermienergie</p> <p>Begriff der Majoritätsladungsträger</p> <p>Bestimmung der Ladungsträgerkonzentration und der Beweglichkeit</p>
<p>Halbleitertechnik</p> <p>Eigenschaften von Dioden, p-n-Übergang</p> <p>Fotodiode, Solarzelle</p> <p>Leuchtdiode</p> <p>Transistor</p>	<p>qualitative Erklärung des p-n-Übergangs, Verarmungszone</p> <p>Aufnahme von Kennlinien</p> <p>Funktionsweise des Transistors, bipolarer Transistor, Feldeffekttransistor</p>
<p>Wahlthema</p> <p>Elektronik</p> <p>Grundlagen der Mikroelektronik</p>	<p>Fertigungsverfahren, Anwendungen, z. B. Operationsverstärker, Microlab</p> <p>Grenzen der Miniaturisierung</p> <p>Ausblick auf Nanoelektronik</p>

Vernetzung: mit Chemie

Themenfeld 8: Atom- und Quantenphysik

Zeitrictwert Pflichtthemen: 40 Unterrichtsstunden

Zeitrictwert Wahlthemen: 20 Unterrichtsstunden

Kompetenzformulierung

Die Schülerinnen und Schüler legen dar, dass eine Vielzahl von bahnbrechenden Experimenten einen Dualismus von Welle- und Teilchenmodell nahelegt und sich Objekte der Mikrowelt nicht mit den Gesetzen der klassischen Physik beschreiben lassen.

Sie beschreiben den Photoeffekt als Wechselwirkung von Strahlung und Materie, die sich erfolgreich im Photonenbild erklären lässt.

Sie deuten die Beugung von Teilchen, z. B. am Doppel- oder Einfachspalt, und die Unschärferelation als grundlegendes Gesetz.

Sie erklären, dass deterministische Aussagen über Quantenobjekte durch Wahrscheinlichkeitsaussagen ersetzt werden müssen und bewerten diese historische Entwicklung.

Sie beschreiben und erklären die Physik der Atomhülle im Rahmen des Bohr-Rutherford-Modells und berechnen die Energien und Radien wasserstoffartiger Atome.

Sie stellen das Experiment von Franck und Hertz dar, sie messen und erklären Spektren quantenhafter Emission und Absorption.

Sie erläutern die Grenzen des Bohr-Rutherford-Modells und erklären die Grundlagen des quantenmechanischen Mehr-Elektronen-Atommodells.

Sie beschreiben und erklären die Entstehung, Wirkungen und Anwendung von Röntgenstrahlung.

Sie stellen Röntgenspektren und die Bragg-Reflexion dar und wenden die Bragg-Formel an.

Im Wahlthema **Fotovoltaik** beschreiben und erklären die Schülerinnen und Schüler den Aufbau und die Wirkungsweise von (Silizium-) Solarzellen und stellen die Energieumwandlung dar.

Im Wahlthema **Laserphysik und Optoelektronik** stellen die Schülerinnen und Schüler den Aufbau und die Wirkungsweise von Leucht- und Laserdioden dar.

Sie erläutern die grundlegende physikalische und technologische Bedeutung des Laserlichts.

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Pflichtthemen</p> <p>Eigenschaften von Quantenobjekten</p> <p>Fotoeffekt, Photon, $E = hf$</p> <p>Planck'sches Wirkungsquantum h</p> <p>Impuls des Photons</p> <p>Beugung von Teilchen</p> <p>Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation</p> <p>Teilchenbild und Wellenpaket</p> <p>Experiment von Taylor</p>	<p>qualitative und quantitative Experimente, Gegenfeldmethode, Photonenmodell, Austrittsarbeit, Strahlungsleistung von monochromatischem Licht und Photonenzahl, Hinweis auf inneren Fotoeffekt in Halbleitern, Bestimmung von h mit Leuchtdioden, ggf. historische Entdeckung von h bei der Herleitung der Planck'schen Strahlungsformel (siehe Wahlthema Strahlungsphysik)</p> <p>Verdeutlichung der Widersprüche zur Wellentheorie des Lichts, historische Bedeutung</p> <p>Strahlungsdruck</p> <p>Hypothese von de Broglie $\lambda = h/p$, Elektronenbeugungsröhre und Elektronenmikroskop</p> <p>ggf. Energiequantisierung am Beispiel des Elektrons im eindimensionalen Potenzialtopf, einfache Schrödingergleichung, stehende Wellen in der klassischen Physik</p> <p>Plausibilisieren durch Vergleich mit Beugung am Einfachspalt</p> <p>statistische Interpretation des Doppelspaltversuchs (Simulation mit dem Computer)</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Physik der Atomhülle</p> <p>Streuversuch von Rutherford</p> <p>Franck-Hertz-Versuch</p> <p>Atommodell von Bohr</p> <p>Emissions- und Absorptionsspektren Fluoreszenz und Phosphoreszenz</p> <p>Grenzen des Bohr-Modells</p> <p>Quantenmechanisches Atommodell Orbitale</p> <p>Mehrelektronenatome, Periodensystem der Elemente</p> <p>Überblick zur Entwicklung der Atommodelle</p>	<p>Abschätzung der Größenverhältnisse im Atom</p> <p>Energieaufnahme durch Stoßanregung, experimentelle Demonstration und Darstellung des historischen Zusammenhangs</p> <p>Herleitung der Formel für die Energieniveaus wasserstoffartiger Atome, Bohr'sche Postulate, Analogie zum Planetenmodell</p> <p>Messung der Wellenlängen der Balmerreihe, Demonstration der Resonanzfluoreszenz bei Natrium, Beobachtung der Fraunhofer'schen Linien</p> <p>Widersprüche u. a. zur Unbestimmtheitsrelation und zur klassischen Elektrodynamik</p> <p>statistische Interpretation mit Angaben von Aufenthaltswahrscheinlichkeiten für das Elektron</p> <p>Energieniveauschema der Atomorbitale, Entartung (Bezug zu Kernmodell)</p> <p>Entwicklung des Atommodells in historischem Kontext mit den jeweiligen Leistungen und Schwächen (Chemie E-Phase)</p>
<p>Röntgenstrahlung</p> <p>Röntgenröhre</p> <p>Röntgenbeugung, Bragg-Reflexion, Drehkristallmethode</p> <p>Röntgenspektren</p> <p>Bremsstrahlung</p> <p>Charakteristische Strahlung</p> <p>Experiment von Duane-Hunt</p> <p>Anwendungen</p>	<p>Anwendungen: Medizin, Materialprüfung, Bedeutung des Strahlenschutzes</p> <p>Demonstration mit den vorhandenen Röntengeräten, geeignet ist auch ein Modellversuch mit Mikrowellen, Kristallstrukturanalyse</p> <p>Hier kann die Wellen- und Teilchenbetrachtung vertieft werden</p> <p>Moseley'sches Gesetz</p> <p>Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums</p> <p>Medizin, Röntgenfluoreszenzanalyse</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Wahlthemen</p> <p>Fotovoltaik</p> <p>Energieabstrahlung der Sonne</p> <p>Grundlagen der Siliziumsolarzelle</p> <p>Kennlinien und Wirkungsgrade</p> <p>Grundlagen für den Modulaufbau und Solarkraftwerke</p>	<p>verschiedene Bauformen, mono-, polykristallin, Dünnschichtszellen</p> <p>ggf. Wirtschaftlichkeit, Erntefaktor</p>
<p>Laserphysik und Optoelektronik</p> <p>Aufbau und Anwendungen von Leuchtdioden und Laserdioden</p> <p>Erzeugung von weißem Licht</p> <p>Grundlagen der Laserphysik</p>	<p>Experimente mit dem Spektrometer und Messung der Kennlinien, ggf. Grundlagen der Beleuchtungstechnik (Lichtfarbe, Lichtstärke, Lichtstrom)</p> <p>Gruppenarbeit zu verschiedenen Lasertypen</p>

Vernetzung: mit CK-2 Farbstoffe, CK-3 Atomspektroskopie

Themenfeld 9:	Kernphysik
Zeitrictwert Pflichtthemen:	60 Unterrichtsstunden
Zeitrictwert Wahlthemen:	20 Unterrichtsstunden

Kompetenzformulierung

Die Schülerinnen und Schüler erklären den Aufbau des Atomkerns auch mit quantenmechanischen Aspekten.

Sie ordnen verschiedene Kerne nach Stabilität, Zerfalls- und Strahlungsarten. Sie beschreiben den Kernzerfall mathematisch als statistischen Prozess und nutzen ihn zur Altersbestimmung.

Sie beschreiben und erklären den Nachweis, die Wirkungen und die Gefahren ionisierender Strahlung und berechnen deren Schwächung mit wachsendem Abstand und durch den Einfluss von Materie.

Sie beherrschen den Umgang mit der Nuklidkarte und begründen, dass es vier mögliche Zerfallsreihen gibt.

Sie wenden den Energiesatz auf Kernprozesse an und beurteilen und bewerten die Möglichkeiten der friedlichen und kriegerischen Nutzung der Kernenergie.

Im Wahlthema **Elementarteilchenphysik** beschreiben die Schülerinnen und Schüler die Substrukturen, die das Standardmodell zur Erklärung und Vereinheitlichung des physikalischen Weltbildes im Großen wie im Aller kleinsten aufstellt.

Sie stellen die Erzeugung und den Nachweis neuer Teilchen in Beschleunigern und Detektoren dar und ordnen Zerfallsprozesse und Detektorereignisse.

Sie beurteilen und bewerten die Gründe für die Suche nach neuen Erkenntnissen und die Notwendigkeit zweckfreier Grundlagenforschung.

Im Wahlthema **Strahlenbiophysik und Medizintechnik** beschreiben und erklären die Schülerinnen und Schüler, wie grundlegende physikalische Wechselwirkungen von ionisierender Strahlung, elektromagnetischen Feldern und Schall mit biologischem Gewebe von medizinischem Nutzen sein können.

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Pflichtthemen</p> <p>Ionisierende Strahlung</p> <p>Kernbausteine</p> <p>Nachweis und Eigenschaften von ionisierender Strahlung</p> <p>Detektoren, GM-Zählrohr</p> <p>Zerfallsgesetz, Aktivität</p> <p>Zerfallsgleichungen, Nuklidkarte</p> <p>Altersbestimmung</p> <p>Abstands- und Schwächungsgesetz</p>	<p>Nukleonenzahl (Massenzahl) $A = Z + N$</p> <p>Strahlungsarten und Strahlenschutz; Statistik</p> <p>auch Funkenkammer, Nebelkammer, Halbleiterdetektor (PK-3)</p> <p>Ionisationskammer, Isotopengenerator</p> <p>α-, β^+-, β^--Zerfälle, γ-Strahlung, ϵ Elektreneinfang, die vier Zerfallsreihen</p> <p>C-14-, Uran-Blei-, Kalium-Argon-Methode, Massenspektrometer (PK-1)</p> <p>Wechselwirkung von Materie mit hochenergetischer (Teilchen-)Strahlung, Foto-, Compton-Effekt, Paarerzeugung, ausführliche experimentelle Messungen in PK-4</p>
<p>Modell des Atomkerns</p> <p>Dichte und Radius des Atomkerns</p> <p>Tröpfchenmodell und Potenzialtopfmodell in qualitativer Form</p> <p>Magische Kerne</p> <p>Begründung für die Zerfallsarten</p> <p>Tunneleffekt</p> <p>Kernbindungsenergie, Massendefekt</p> <p>Kernspaltung, Kernfusion</p> <p>Überblick über weltweiten Energiebedarf</p>	<p>Hinweis auf die energetische Schalenstruktur der Atomkerne</p> <p>Erzeugung neuer Elemente</p> <p>Neutronen bzw. Protonenüberschuss; gg-, ug/gu-, uu-Kerne;</p> <p>Energieerhaltung, z. B. beim α-Zerfall (ggf. auch Impulserhaltung)</p> <p>Beispielhafte Berechnung, Aufbau von Kernreaktoren, Kernwaffen</p> <p>ökologische und gesellschaftliche Aspekte, insbesondere die aktuelle Endlagerproblematik</p>
<p>Strahlenschutz</p> <p>Strahlenschutz, Dosimetrie, biologische Wirkung von ionisierender Strahlung</p>	<p>Vermittlung der Strahlenschutzmaßnahmen und -bestimmungen sowie AAAA-Regeln</p> <p>mögliche Exkursion: Strahlenmessstelle des Senats</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Wahlthemen</p> <p>Elementarteilchenphysik</p> <p>Nachweisverfahren</p> <p>Standardmodell</p> <p>Kosmologie</p>	<p>Teilchenbeschleuniger, Astrophysik</p> <p>Quarks, Leptonen, Austauschbosonen, Hinweis auf den Higgs-Mechanismus</p> <p>Zusammenarbeit mit DESY in Zeuthen, Kursfahrt nach Hamburg</p> <p>Ausblick auf neue Entwicklungen (Dunkle Materie, Dunkle Energie)</p>
<p>Strahlenbiophysik und Medizintechnik</p> <p>Nutzung ionisierender Strahlung</p> <p>Kernspintomographie</p> <p>Ultraschall</p> <p>Elektrische Felder in Diagnose und Therapie</p>	<p>Röntgenröhre und Teilchenbeschleuniger in der Medizin, Tumorbekämpfung</p> <p>EKG, EEG, Defibrillator</p>

Vernetzung: mit Biologie