

Fachlehrplan

Berufliches Gymnasium

Stand: 01.08.2022



SACHSEN-ANHALT

Ministerium für Bildung

Physik

Inhaltsverzeichnis

Seite

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Bildung und Erziehung im Fach Physik..... | 4 |
| 2 | Kompetenzentwicklung im Fach Physik..... | 7 |
| 3 | Kompetenzentwicklung in den Schuljahrgängen..... | 21 |
| 3.1 | Übersicht..... | 21 |
| 3.2 | Schuljahrgang 11 (Einführungsphase)..... | 24 |
| 3.3 | Schuljahrgänge 12/13 (Qualifikationsphase)..... | 30 |
| 3.3.1 | Grundlegendes Anforderungsniveau..... | 30 |
| 3.3.2 | Erhöhtes Anforderungsniveau..... | 49 |
| 3.3.3 | Zweistündiges Wahlfach..... | 73 |

1 Bildung und Erziehung im Fach Physik

Teilhabe und Teilnahme am gesellschaftlichen Leben

Naturwissenschaft und Technik prägen unser Leben in allen Bereichen und bilden einen bedeutenden Teil unserer kulturellen Identität. Die Wechselwirkung zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und technischer Anwendung bewirkt Fortschritte auf vielen Gebieten, z. B. in der Medizin, in der Informations- und Kommunikationstechnik oder im Verkehrswesen. Jede naturwissenschaftlich-technische Entwicklung birgt aber auch Risiken und kann ungeplante Wirkungen erzeugen. Diese müssen erkannt und in ihrer Beherrschbarkeit bewertet werden.

Physikalische Bildung, als Teil der naturwissenschaftlichen Bildung, ermöglicht den Schülerinnen und Schülern eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen, Erscheinungen in der Natur sowie Ziele und Methoden physikalischer Forschung. Ziel physikalischer Bildung ist es, Phänomene erfahrbar zu machen und zu erklären, die Sprache und Historie der Physik zu verstehen, über Ergebnisse physikalischer Forschung zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinanderzusetzen sowie die Möglichkeiten und Grenzen menschlichen Handelns exemplarisch zu erfahren.

Der Physikunterricht leistet wesentliche Beiträge zum Handlungs- und Orientierungswissen der Schülerinnen und Schüler. In der natürlichen Umwelt finden sich vielfältige, zum Teil sehr auffällige Phänomene, welche durch naturgesetzliche Zusammenhänge erklärbar sind. Ebenso gibt es Dinge, die mit den menschlichen Sinnen nicht unmittelbar wahrnehmbar sind (z. B. elektrische Ladungen, Atome, Felder, Quanten) und erst durch die Physik zugänglich werden. Ziel des Physikunterrichts ist es, dass die Schülerinnen und Schüler den Blick dafür schärfen und ihnen dabei das Aspekthafte des Bildes der Physik von der Welt bewusst wird. Derartige Betrachtungen geben Schülerinnen und Schülern Gelegenheit, ihre Umwelt bewusst und mit Neugier wahrzunehmen, Fragen zu stellen und insbesondere ihr Vorwissen zu prüfen. Sie können durch eine physikalische Deutung ausgewählter Naturerscheinungen ihr Verständnis der Natur vertiefen und dadurch zu dieser eine erweiterte emotionale Einstellung entwickeln.

Physikalisches Wissen ermöglicht die Erklärung der Funktionsweise technischer Geräte, insbesondere auch solcher aus dem Alltag der Schülerinnen und Schüler. Damit wird es möglich, die Vielfalt technischer Anwendungen entsprechend der zugrundeliegenden physikalischen Gesetze zu ordnen. Zugleich erfahren die Schülerinnen und Schüler, dass physikalische Erkenntnisse und technische Entwicklungen sich gegenseitig beeinflussen und das menschliche Leben verändern.

*Lebenswelt-
bezogenes
Lernen*

Bei der Bewältigung von verschiedenen Problemen des Alltags, ob beim gesundheits- und sicherheitsgerechten Verhalten oder beim nachhaltigen Umgang mit Ressourcen, ist die Beachtung physikalischer Erkenntnisse hilfreich.

Die physikalische Grundbildung eröffnet den Schülerinnen und Schülern einen fachlichen Zugang unter anderem zu solchen Menschheitsproblemen wie „nachhaltige Energieversorgung“ und „Folgen der Klimaveränderung“. Die Schülerinnen und Schüler erfahren, dass mit der physikalischen Sichtweise immer nur bestimmte Aspekte erfasst und beschrieben werden können. Sie erwerben darüber hinaus erwerben sie die Fähigkeit, komplexe Prozesse und Erscheinungen auch unter Berücksichtigung von biologischen, chemischen, ökologischen, ökonomischen, sozialen oder ethischen Aspekten zu betrachten und einzuschätzen.

Der Physikunterricht trägt zur Ausprägung der Studierfähigkeit und damit zur Allgemeinen Hochschulreife bei, indem die Schülerinnen und Schüler

*Allgemeine
Hochschulreife*

- sich mit fachlichen Standpunkten mündlich und schriftlich kritisch, konstruktiv und sachgerecht auseinandersetzen (Diskursfähigkeit),
- Fach- und Bildungssprache in bewusster Abgrenzung zur Alltagssprache ziel-, sach- und adressatengerecht verwenden,
- sich Erkenntnisse und Methoden auch aus didaktisch wenig aufbereiteten Quellen zielgerichtet erschließen,
- eigene Arbeitsergebnisse wissenschaftlichen Normen entsprechend darstellen,
- wesentliche Gedanken von Vorträgen erschließen und systematisch mitschreiben,
- längerfristige Lernprozesse, z. B. bei der Erstellung von Facharbeiten oder der Durchführung von Projekten, realistisch, ergebnisorientiert planen, umsetzen und reflektieren,
- das eigene Wissen strukturieren sowie ggf. auftretende Lücken feststellen und zielgerichtet schließen.

Wissenschaftspropädeutisches Arbeiten

Der Physikunterricht am Beruflichen Gymnasium führt auch schon in der Einführungsphase, aber insbesondere in der Qualifikationsphase in die Wissenschaft Physik ein (Wissenschaftspropädeutik), indem

- die Rolle von Modellen und Experimenten im physikalischen Erkenntnisprozess und bei der Theoriebildung bewertet wird,
- die zeitliche Entwicklung und Veränderung von Begriffen, Theorien, Methoden und Arten der Darstellung exemplarisch betrachtet werden,
- Methoden der Erkenntnisgewinnung über Modellbildungssysteme sowie computergestützte Messwerterfassung und -auswertung eine zeitgemäße Realisierung erfahren,
- mathematische Methoden bei der Verallgemeinerung von Erkenntnissen und bei der quantitativen Voraussage von physikalischen Ereignissen gezielt eingesetzt werden,
- die Schülerinnen und Schüler durch eigene Tätigkeit erfahren, dass naturwissenschaftliches Arbeiten Ausdauer und Kooperation erfordert und ebenso Kreativität, Intuition sowie Offenheit für neue Wege im Erkenntnisprozess gefragt sind.

Die Schülerinnen und Schüler erleben im Physikunterricht beispielhaft und auszugsweise die Natur der Naturwissenschaft Physik, erfahren Charakteristisches über die Natur des Wissens, über Methoden der Wissensgenerierung und deren Grenzen sowie über soziale und kulturelle Einflüsse auf dieses Wissen.

Die Schülerinnen und Schüler lernen im Physikunterricht neben typischen Tätigkeiten auch Berufsprofile von Beschäftigten, z. B. in der Forschung, in der Produktion oder im Dienstleistungswesen kennen, für die eine vertiefte physikalische Bildung Voraussetzung ist. Dazu sollten auch außerschulische Lernorte und Gespräche mit Experten genutzt werden.

Damit wird ein wesentlicher Beitrag zur Studien- und Berufsorientierung geleistet.

2 Kompetenzentwicklung im Fach Physik

In den naturwissenschaftlichen Fächern werden die zu erwerbenden *Kompetenzmodell* Kompetenzen durch ein gemeinsames Kompetenzmodell¹ strukturiert und in vier Bereichen beschrieben.

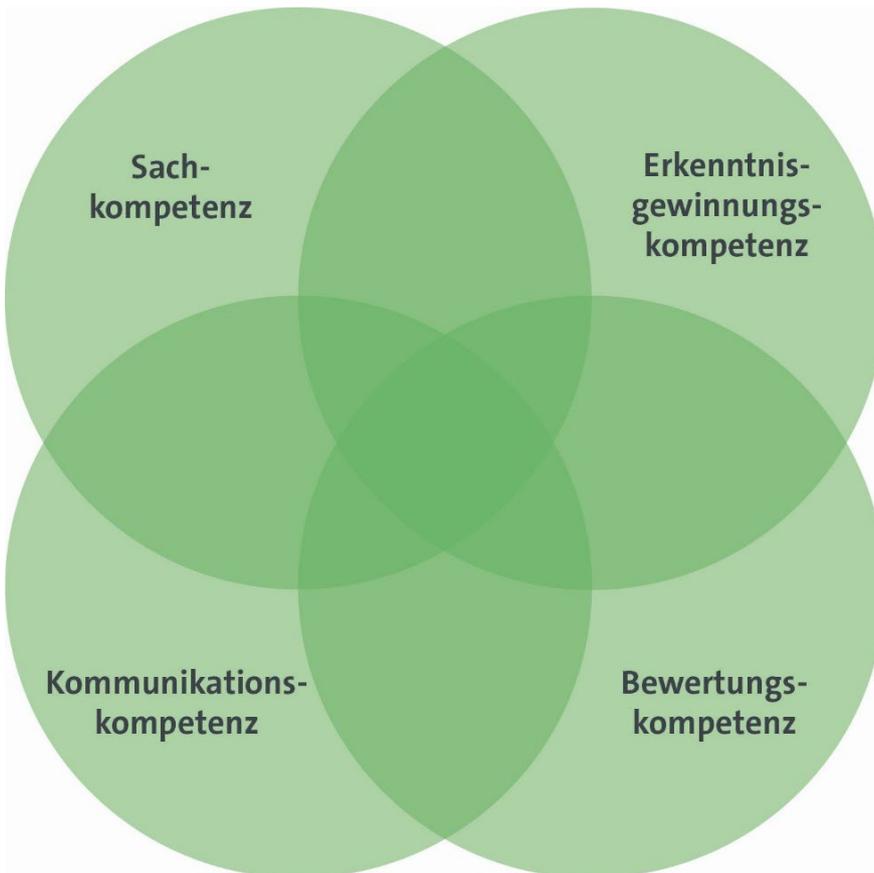


Abb. 1: Modell der Naturwissenschaftlichen Kompetenz

Die Kompetenzbereiche sind in Teilkompetenzbereiche untergliedert, wobei die drei Bereiche der Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz fachübergreifend strukturiert wurden.

Sachkompetenz für das Fach Physik:

- Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen,
- Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen.

¹ Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2020): Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020. Berlin.

Erkenntnisgewinnungskompetenz:

- Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden,
- Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen,
- Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren,
- Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren.

Kommunikationskompetenz:

- Informationen erschließen,
- Informationen aufbereiten,
- Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren.

Bewertungskompetenz:

- Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen,
- Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen,
- Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren.

Die vier Kompetenzbereiche Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz durchdringen einander und bilden gemeinsam die Fachkompetenz im jeweiligen Fach ab. Die Zuordnung einzelner Kompetenzen zu einem der vier Bereiche ist nicht immer eindeutig möglich, da eine Kompetenz Facetten aus mehreren Bereichen umfassen kann.

Im Fach Physik werden mit der Sachkompetenz das Wissen und die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler bzgl. konkreter physikalischer Inhalte beschrieben. Der Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz werden typische Denk- und Arbeitsweisen zugeordnet, die die Schülerinnen und Schüler zur Auseinandersetzung mit Sachverhalten in anwendungsbezogenen, fachlichen und gesellschaftlichen Kontexten benötigen.

Sowohl die im Folgenden beschriebenen Kompetenzen als auch die in den einzelnen Kompetenzschwerpunkten beschriebenen Teilkompetenzen charakterisieren ein Niveau, das von allen Schülerinnen und Schülern zum erfolgreichen Weiterlernen erreicht werden soll.

Die Basiskonzepte ermöglichen die Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Sie werden übergreifend auf alle Kompetenzbereiche bezogen. Basiskonzepte erleichtern kumulatives Lernen, den Aufbau von strukturiertem Wissen und die Erschließung neuer Inhalte. Diese vier neuen Basiskonzepte wurden in den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife festgelegt:

- Erhaltung und Gleichgewicht,
- Superposition und Komponenten,
- Mathematisieren und Vorhersagen,
- Zufall und Determiniertheit.

Erhaltung und Gleichgewicht

Viele Sachverhalte und Vorgänge lassen sich in der Physik durch ein Denken in Bilanzen oder Gleichgewichten beschreiben und erklären. Hierbei spielen neben statischen und dynamischen Gleichgewichtsbedingungen auch Erhaltungssätze wie z. B. der Energie- und der Impulserhaltungssatz eine wesentliche Rolle. Das Basiskonzept Erhaltung und Gleichgewicht ermöglicht einen auch quantifizierenden Zugang zu Themen wie z. B. dem Schweben eines Körpers, dem Hall-Effekt, der Gegenfeldmethode bei der Photozelle, dem Franck-Hertz-Versuch, der Absorption und Emission von Licht, der charakteristischen Strahlung oder der Kernstrahlung.

Superposition und Komponenten

Die Superposition bildet eine wesentliche Grundlage der analytisch-synthetischen Vorgehensweise in der Physik. Die Überlagerung gleicher physikalischer Größen oder die Zerlegung von physikalischen Größen in Komponenten wird z. B. bei der Vektorsumme von Kräften und Feldstärken oder bei der Bewegung von Teilchen und Körpern in Feldern verwendet. Darüber hinaus ist die Superposition ein zentraler Begriff in der Quantenphysik.

Mathematisieren und Vorhersagen

Ein zentrales Merkmal der Physik ist es, Vorgänge und Zusammenhänge mathematisch zu beschreiben und daraus Erkenntnisse und Vorhersagen zu erhalten. Die Beschreibung von Größenabhängigkeiten erfolgt in Gestalt von Gleichungen und Funktionen. Die physikalische Interpretation von gegebenenfalls grafisch ermittelten Ableitungen und Integrationen eröffnet weitere Möglichkeiten für die Erkenntnisgewinnung, z. B. im $v(t)$ -Diagramm einer Bewegung, bei der Bestimmung der Arbeit beim Spannen einer Feder, bei dem Lade- und Entladevorgang eines Kondensators, bei Schwingungen oder bei Induktionsvorgängen.

Zufall und Determiniertheit

In der Physik spielen Fragen nach Zufall und Determiniertheit sowohl auf einer philosophischen als auch auf einer praktischen Ebene eine Rolle.

Determiniertheit ist in allen Bereichen der Physik die Grundvoraussetzung für eine Beschreibung von Phänomenen durch Gesetzmäßigkeiten, etwa für die Vorhersage von Ereignissen oder für die Modellierung durch Ausgleichskurven. Zufall tritt in der Physik in unterschiedlichen Interpretationen in Erscheinung, z. B. als Messunsicherheit, als statistische Verteilung physikalischer Größen oder im Zusammenhang mit Quantenobjekten.

In der Kernphysik ist z. B. der Zerfall eines einzelnen Kerns spontan und erfolgt zufällig, jedoch wird die Gesamtheit der Zerfälle durch das Zerfallsgesetz beschrieben. In der Atomphysik ist z. B. bei einer Gasentladungsröhre der Zeitpunkt der Emission eines Photons durch ein einzelnes Gasatom zufällig, bei einer festen angelegten Spannung stellt sich aber dennoch eine eindeutig vorhersagbare Strahlungsleistung ein. Am Beispiel der Quantenphysik kann zwischen der prinzipiellen Nichtdeterminiertheit des Verhaltens einzelner Quantenobjekte und der Determiniertheit von Nachweiswahrscheinlichkeiten durch die Versuchsbedingungen unterschieden werden.

Die Sachkompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis naturwissenschaftlicher Konzepte, Theorien und Verfahren sowie in der Fähigkeit, diese in sowohl innerfachlichen als auch anwendungsbezogenen Aufgaben und Problemen anzuwenden.

*Kompetenzbereich
Sachkompetenz*

Einen Schwerpunkt stellt dabei die Beschreibung von Phänomenen anhand geeigneter Theorien und Modelle dar, wobei deren Gültigkeitsbereiche, theoretische Einbettungen und Angemessenheit zu berücksichtigen sind.

Der zweite Schwerpunkt der Sachkompetenz liegt im experimentellen Arbeiten, in dem Fertigkeiten wie das Durchführen eines Experiments nach einer Anleitung, der Umgang mit Messgeräten und die qualitative und quantitative Auswertung von Messergebnissen entwickelt werden. Die Planung und Konzeption von Experimenten ist dem Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung zugeordnet.

| | |
|--|---|
| Am Ende der | |
| Einführungsphase | Qualifikationsphase |
| können die Schülerinnen und Schüler in der Regel | |
| – Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien erklären. | |
| – aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete auswählen, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen. | – Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien erläutern und deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten beschreiben. |
| – einfache Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen aufbauen, Experimente durchführen und protokollieren. | – Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen aufbauen, Experimente durchführen und protokollieren. |
| – bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus erklären. | |
| – Auswerteverfahren nach Anleitung auf Messergebnisse anwenden | – bekannte Auswerteverfahren erklären und sie auf Messergebnisse anwenden. |
| – bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte anwenden. | |

*Kompetenzbereich
Erkenntnis-
gewinnungs-
kompetenz*

Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und in der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären und zu verknüpfen, um Erkenntnisprozesse nachvollziehen oder gestalten zu können und deren Möglichkeiten und Grenzen zu reflektieren.

Physikalische Erkenntnisgewinnung ist zum einen bestimmt durch die theoretische Beschreibung der Natur, die mit der Bildung von Fachbegriffen, Modellen und Theorien einhergeht, und zum anderen durch empirische Methoden, v. a. das Experimentieren, mit denen Gültigkeit und Relevanz dieser Beschreibung abgesichert werden. Das Wechselspiel von Theorie und Experiment in der naturwissenschaftlichen Forschung erfahren die Schülerinnen und Schüler indem sie Fragestellungen formulieren, Hypothesen ableiten, Untersuchungen planen, Ergebnisse interpretieren und Methoden reflektieren sowie dabei zur Widerlegung bzw. Stützung der Hypothese und zur Beantwortung der Fragestellung gelangen.

Experimentelle Ergebnisse und aus Modellen abgeleitete Annahmen werden interpretiert und der gesamte Erkenntnisgewinnungsprozess wird im Hinblick auf wissenschaftliche Güte reflektiert. Auf der Metaebene werden die Merkmale naturwissenschaftlicher Verfahren und Methoden charakterisiert und von den nicht-naturwissenschaftlichen abgegrenzt.

Das Durchführen eines erlernten Verfahrens oder einer bekannten Methode ohne die Einbettung in den Prozess der Erkenntnisgewinnung als Ganzes ist der Sachkompetenz zugeordnet

| | |
|--|--|
| Am Ende der | |
| Einführungsphase | Qualifikationsphase |
| können die Schülerinnen und Schüler in der Regel | |
| – Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten identifizieren und entwickeln. | – theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen aufstellen. |
| | – die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen beurteilen. |
| – Phänomene physikalisch auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge modellieren. | – Phänomene physikalisch modellieren, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen. |
| – einfache Experimente zunehmend selbstständig planen. | – geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung planen. |
| – Zusammenhänge aus Messdaten ermitteln, die mit mathematischen Funktionen beschrieben werden können. | – mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen erklären. |
| – systematische und zufällige Messabweichungen unterscheiden und ihren Einfluss auf das Ergebnis erkennen. | – Messunsicherheiten berücksichtigen und die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses analysieren. |
| – die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen beurteilen. | – die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten für die physikalische Erkenntnisgewinnung reflektieren. |
| – theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf Alltagssituationen beziehen. | – die Generalisierbarkeit theoretischer Überlegungen und Modelle reflektieren. |
| – Möglichkeiten und Grenzen von gewonnenen Erkenntnissen exemplarisch benennen. | – Möglichkeiten und Grenzen der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit) reflektieren. |

**Kompetenzbereich
Kommunikations-
kompetenz**

Die Kommunikationskompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von Fachsprache, fachtypischen Darstellungen und Argumentationsstrukturen und in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um fachbezogene Informationen zu erschließen sowie diese adressaten- und situationsgerecht darzustellen und auszutauschen. Dabei verstehen und nutzen sie definierte Begrifflichkeiten, fachtypische Darstellungen und Argumentationsstrukturen, die mathematische Logik und verlässliche Quellen als Belege für die Glaubwürdigkeit und Objektivität von Aussagen und verwendeten Argumenten. Die Teilkompetenzen Erschließen, Aufbereiten und Austauschen von Informationen durchdringen einander. Die Schülerinnen und Schüler entnehmen Informationen aus Quellen und präsentieren ihre Ergebnisse auch unter Verwendung digitaler Werkzeuge. Im Austausch mit Kommunikationspartnern argumentieren sie fachlich und kausal korrekt strukturiert und vertreten reflektiert ihre Meinung.

Die sprachliche sowie mathematische Darstellung von Zusammenhängen und Lösungswegen ist Ausdruck von Sach- bzw. Erkenntnisgewinnungskompetenz, die Berücksichtigung von außerfachlichen Aspekten für die Meinungsbildung und die Entscheidungsfindung ist im Kompetenzbereich Bewerten enthalten.

| | |
|---|--|
| <p>Am Ende der</p> <p>Einführungsphase Qualifikationsphase</p> <p>können die Schülerinnen und Schüler in der Regel</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> – zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien recherchieren und für ihre Zwecke passende Quellen auswählen. | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Aussagen aus verschiedenen Quellen vergleichen und bewerten sowie ggf. die Absicht der Autoren erkennen. | <ul style="list-style-type: none"> – verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt prüfen. |
| <ul style="list-style-type: none"> – unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen entnehmen und diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wiedergeben. | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Fachsprache verstehen, korrekt anwenden und mit der Alltagssprache in Beziehung setzen. | <ul style="list-style-type: none"> – unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert formulieren. |
| <ul style="list-style-type: none"> – ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen auswählen. | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen auch mithilfe digitaler Werkzeuge veranschaulichen | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Ergebnisse von Beobachtungen und Experimenten unter Nutzung fachspezifischer Darstellungsformen dokumentieren. | <ul style="list-style-type: none"> – physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien präsentieren. |
| <ul style="list-style-type: none"> – Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener innerfachlicher Argumentationen anwenden. | <ul style="list-style-type: none"> – ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen nutzen. |
| <ul style="list-style-type: none"> – das Vorgehen zur Lösung physikalischer Probleme und Arbeitsergebnisse diskutieren. | <ul style="list-style-type: none"> – sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte austauschen, gegebenenfalls den eigenen Standpunkt vertreten, reflektieren und korrigieren. |
| <ul style="list-style-type: none"> – die Urheberschaft belegen, verwendete Quellen prüfen und Zitate kennzeichnen. | |

**Kompetenzbereich
Bewertungs-
kompetenz**

Die Bewertungskompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren sowie in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um Aussagen bzw. Daten anhand verschiedener Kriterien zu beurteilen, sich dazu begründet Meinungen zu bilden, Entscheidungen auch auf ethischer Grundlage zu treffen und Entscheidungsprozesse und deren Folgen zu reflektieren.

Um in Praxissituationen einen Bewertungsprozess durchführen zu können, ist es notwendig, Wissen über Bewertungsverfahren zu haben, wissenschaftliche sowie nicht-wissenschaftliche Aussagen anhand von formalen und inhaltlichen Kriterien prüfen und den Einfluss von Werten, Normen und Interessen auf Bewertungsergebnisse einschätzen zu können. Im Zentrum des Bewertungsprozesses stehen dabei das Entwickeln und Reflektieren geeigneter Kriterien als Grundlage für eine Entscheidung oder Meinungsbildung und das Zusammentragen physikalischer Erkenntnisse, die – organisiert anhand der Kriterien – als Argumente dienen.

Um selbstbestimmt an gesellschaftlichen Meinungsbildungsprozessen teilhaben zu können, beziehen Schülerinnen und Schüler bei gesellschaftlich relevanten Fragestellungen mit fachlichem Bezug kriteriengeleitet einen eigenen Standpunkt und treffen sachgerechte Entscheidungen. Dazu tragen sie relevante physikalische, aber auch nicht-physikalische (z. B. ökonomische, ökologische, soziale, politische oder ethische) Kriterien zusammen, sammeln geeignete Belege und wägen sie unter Berücksichtigung von Normen, Werten und Interessen gegeneinander ab.

Physikalisch kompetent bewerten heißt also, über die rein sachliche Beurteilung von physikalischen Aussagen hinauszugehen, weshalb rein innerfachliche Bewertungen z. B. der Anwendbarkeit eines Modells, der Güte von Experimentierergebnissen oder der Korrektheit fachwissenschaftlicher Argumentationen den anderen drei Kompetenzbereichen zugeordnet sind.

| Am Ende der | |
|--|---|
| Einführungsphase | Qualifikationsphase |
| können die Schülerinnen und Schüler in der Regel | |
| – Interessenkonflikte ausmachen, mögliche Lösungen erwägen und deren Konsequenzen diskutieren. | – aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation erläutern. |
| – nach naturwissenschaftlich belegten, hypothetischen oder nicht-naturwissenschaftlichen Aussagen in Texten differenzieren. | – Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz beurteilen. |
| – Handlungsoptionen in gesellschaftlich oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug entwickeln. | – anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug gegeneinander abwägen. |
| – Chancen und Grenzen physikalischer Sichtweisen an einfachen Beispielen aufzeigen. | – sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil bilden. |
| – über den gesellschaftlichen Umgang mit Risiken bei technischen Anwendungen diskutieren. | – Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses reflektieren. |
| – unter Nutzung ihres physikalischen Wissens Risiken bei Experimenten, im Alltag und bei modernen Technologien erkennen und Sicherheitsmaßnahmen ableiten. | – Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen beurteilen und Risiken, auch in Alltagssituationen, einschätzen. |
| – kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen reflektieren. | |
| – Auswirkungen physikalischer Erkenntnisse in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen beschreiben. | – Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen reflektieren. |

*Beitrag zur
Entwicklung der
Schlüssel-
kompetenzen*

Bei der Entwicklung der im Grundsatzband dargestellten Schlüsselkompetenzen leistet der Physikunterricht zur naturwissenschaftlichen Kompetenz einen bedeutenden Beitrag. Darüber hinaus wird bezüglich der weiteren Schlüsselkompetenzen die Herausbildung von Teilkompetenzen unterstützt, die in der Beschreibung der fachspezifischen Kompetenzbereiche berücksichtigt wurden.

Die zunehmend selbstständiger werdende Auseinandersetzung mit anwendungsbezogenen Aufgaben und Problemen sowie die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten im Physikunterricht unterstützen die weitere Entwicklung der Lern- und Sozialkompetenz. Durch die im Physikunterricht geforderte Fähigkeit, naturwissenschaftliche Phänomene zu beschreiben und zu bewerten, wird die Entwicklung der Sprachkompetenz durch eine bewusste Verwendung von Bildungs- und Fachsprache unterstützt. Weiterhin nutzen die Schülerinnen und Schüler Medien, um sich in kommunikativen und kooperativen Prozessen angemessen zu artikulieren. Die Nutzung mathematischer Systeme, Verfahren und Modelle fördert die mathematische Kompetenz.

*Beitrag zur Bildung
in der digitalen
Welt*

Zu einer vertieften Allgemeinbildung gehört im Fach Physik auch ein verständiges, zielgerichtetes und reflektiertes Nutzen von digitalen Medien und Werkzeugen. Die Schülerinnen und Schüler entwickeln dabei die folgenden Kompetenzen:

- Messwerte mit Sensoren erfassen und mit digitalen Werkzeugen auswerten,
- Analyseprogramme zur Auswertung von Bewegungen nutzen,
- Simulationen zur Untersuchung physikalischer Phänomene nutzen,
- komplexe Geräte, Anlagen, Verfahren und Zusammenhänge mithilfe digitaler Medien visualisieren,
- digitale Medien und Werkzeuge zum Erschließen, Aufbereiten und Austauschen von Informationen, für Dokumentation und Präsentation sowie zur Kommunikation und Kollaboration nutzen,
- in digitalen Quellen und Medien zu diskursiven, von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen mitbestimmten Themenbereichen, wie z. B. Energieversorgung, Klimaphysik oder Mobilität, recherchieren und deren Inhalte kritisch analysieren und bewerten.

Im Sinne der 17 Weltnachhaltigkeitsziele² werden im Physikunterricht fachspezifische Schwerpunkte in den Bereichen Wärmekraftmaschinen, Energieversorgung und Mobilität sowie in der Klimaphysik und in der Kernphysik gesetzt, um die Schülerinnen und Schüler zu einer kompetenten Teilhabe an gesellschaftsrelevanten Themen zu befähigen.

*Beitrag zur Bildung
für nachhaltige
Entwicklung*

In der Auseinandersetzung mit physikalischen Themen entwickeln Schülerinnen und Schüler ein Verständnis für die komplexen Zusammenhänge bezüglich kurz- und langfristiger sowie lokaler und globaler Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen. Dabei entwickeln sie kriteriengeleitet einen eigenen Standpunkt und treffen sachgerechte Entscheidungen, indem sie relevante physikalische, aber auch außerfachliche (z. B. ökonomische, ökologische, soziale, politische oder ethische) Kriterien zusammentragen und sie unter Berücksichtigung von Normen, Werten und Interessen gegeneinander abwägen. Aus diesen Erkenntnissen leiten sie eigene Handlungsoptionen ab.

Das Experimentalpraktikum im Schuljahrgang 11 dient

Praktika

- der zielgerichteten Entwicklung von Kompetenzen hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Methoden zur Gewinnung von Erkenntnissen,
- einer Evaluierung der Kompetenzentwicklung der einzelnen Schülerin und des einzelnen Schülers, um daraus individuelle Entscheidungen und Maßnahmen für die Gestaltung von Lernwegen oder auch die Kurswahl ableiten zu können.

Das Experimental- und das Aufgabenpraktikum im Schuljahrgang 13 dienen

- der Wiederholung, Systematisierung und Anwendung bereits erworbener Kompetenzen,
- der Erprobung wissenschaftlicher Methoden hinsichtlich aktueller und interessierender Fragestellungen,
- der Entwicklung der Fähigkeit der weitgehend selbstständigen Erarbeitung theoretischer Grundlagen,
- der Entwicklung von Strategien zur Lösung von theoretisch oder experimentell zu bearbeitenden Aufgaben,
- der Anwendung der Differential- und Integralrechnung bei der Beschreibung physikalischer Vorgänge.

² Vereinte Nationen (Hrsg.) (2016): Ziele für eine nachhaltige Entwicklung. New York, S. 3–17.

*Differenzierung
zwischen grund-
legendem und
erhöhtem
Anforderungs-
niveau*

In den Kursen auf grundlegendem und erhöhtem Anforderungsniveau werden exemplarisch die wechselseitigen Beziehungen zwischen der Entwicklung eines modernen naturwissenschaftlich geprägten Weltbildes und der Entwicklung der Technik aufgezeigt. Unterschiede ergeben sich vor allem im Hinblick auf:

- die Tiefgründigkeit beim Aufbau von strukturiertem Wissen und bei der Erschließung neuer Inhalte im Rahmen der Basiskonzepte,
- die Anzahl und den Umfang der Kompetenzschwerpunkte,
- die Ausprägung der Komplexität der Inhalte und Aufgabenstellungen,
- die Modellierung physikalischer Sachverhalte.

3 Kompetenzentwicklung in den Schuljahrgängen

3.1 Übersicht

Schuljahrgang 11 (Einführungsphase)

| Kompetenzschwerpunkte |
|------------------------------------|
| Mechanik der Punktmasse |
| Elektrostatik und Leitungsvorgänge |
| Experimentalpraktikum |

Schuljahrgänge 12/13 (Qualifikationsphase)

Grundlegendes Anforderungsniveau³

| Themenbereich | Kompetenzschwerpunkte |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Schwingungen und Wellen | Grundlagenkurs Mechanik |
| | Mechanische Schwingungen und Wellen |
| | Welleneigenschaften des Lichtes |
| Elektrodynamik | Elektrisches Feld |
| | Magnetisches Feld |
| | Elektromagnetische Induktion |
| Quantenphysik | Eigenschaften von Quantenobjekten |
| | Quantenphysikalisches Atommodell |
| Praktika | Experimentalpraktikum |
| | Aufgabenpraktikum |

³ Das dreistündige Wahlpflichtfach entspricht dem grundlegenden Anforderungsniveau.

Erhöhtes Anforderungsniveau

| Themenbereich | Kompetenzschwerpunkte |
|---|---|
| Schwingungen und Wellen | Mechanische Schwingungen |
| | Mechanische Wellen |
| | Welleneigenschaften des Lichtes |
| | Aufbaukurs Mechanik |
| Elektrodynamik | Elektrisches Feld |
| | Magnetisches Feld |
| | Elektromagnetische Induktion |
| | Wechselstromwiderstände und elektromagnetische Schwingungen |
| Ausgewählte Gebiete der nichtklassischen Physik | Spezielle Relativitätstheorie |
| | Eigenschaften von Quantenobjekten |
| | Quantenphysikalisches Atommodell |
| Praktika | Experimentalpraktikum |
| | Aufgabenpraktikum |

Zweistündiges Wahlfach

| Themenbereich | Kompetenzschwerpunkte |
|--|---|
| Elektrische und magnetische Felder | Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen |
| | Körper in statischen Feldern |
| | Veränderliche elektromagnetische Felder |
| Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen | Schwingungen |
| | Wellen |
| Quantenphysik und Materie | Quantenobjekte |
| | Atomvorstellungen |

Hinweise zur Darstellung der Kompetenzschwerpunkte

Die angestrebte **Fachkompetenz** wird durch Teilkompetenzen in den einzelnen Bereichen des Kompetenzmodells nacheinander und getrennt beschrieben. Im Unterricht sind diese wieder zusammenzuführen und in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit auszuprägen.

Im Sinne eines Spiralcurriculums werden bei den einzelnen Kompetenzschwerpunkten bereits in der Sekundarstufe I erworbene Kompetenzen und grundlegende Wissensbestände noch einmal aufgeführt, weil bestimmte Aspekte der Vertiefung oder Erweiterung aufgezeigt werden sollen.

Die **verbindlichen Schülerexperimente**⁴ sind mit unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen durchzuführen:

- Umgang mit Messgeräten und Experimentieranordnungen,
- Auffinden gesetzmäßiger Zusammenhänge,
- Auswerten und kritisches Reflektieren der Ergebnisse.

In den Schuljahrgängen 11 bis 13 können diese Experimente auch in die Experimentalpraktika aufgenommen werden.

Die **grundlegenden Wissensbestände** sind fachlich geordnet dargestellt und beschreiben damit das Wissenssystem nach der Auseinandersetzung mit den Inhalten im Unterricht. Diese Darstellung soll keine Reihenfolge der unterrichtlichen Behandlung nahelegen.

Bezüglich der bei den grundlegenden Wissensbeständen aufgeführten gesetzmäßigen Zusammenhänge und Größen sollen die Schülerinnen und Schüler in der Lage sein,

- eine Gleichung auch unter Zuhilfenahme eines Nachschlagewerkes zu benennen,
- spezielle Abhängigkeiten aus verschiedenen Darstellungsarten (Gleichungen, Diagramme, Wertetabellen) abzuleiten und
- die Gültigkeitsbedingungen anzugeben.

Im Sinne eines motivierenden, lebensweltbezogenen und anschaulichen Unterrichts ist die **sinnvolle Einbettung fachlicher Zusammenhänge in geeignete Kontexte** gezielt vorzunehmen. Das betrifft sowohl den Prozess der Kompetenzentwicklung als auch die Überprüfung des erreichten Standes. Die in den Kompetenzschwerpunkten ausgewiesenen Kompetenzen geben bis auf wenige Ausnahmen keine verbindlichen oder auch vorzugsweise auszuwählenden Kontexte vor.

⁴ Der Begriff „Schülerexperiment“ schließt alle Lernenden ein.

3.2 Schuljahrgang 11 (Einführungsphase)

| Kompetenzschwerpunkt: Mechanik der Punktmasse | |
|--|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das Modell „Punktmasse“ beschreiben – die Kraft als Wechselwirkungsgröße und als vektorielle Größe in verschiedenen Bezugssystemen erkennen – Kräftezerlegung an geeigneten Beispielen erläutern und mit geeigneten digitalen Werkzeugen visualisieren – konkreten Bewegungen ihre zugehörigen Bahnformen und Bewegungsarten zuordnen – Bewegungszustandsänderungen auf Wechselwirkungen zurückführen – Bewegungsgesetze für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung erläutern und dabei auch die Abhängigkeit der erreichten Geschwindigkeit vom Weg aus einer Kräftebilanz ableiten – verschiedene Bewegungen als ungestörte Überlagerung einzelner Bewegungen beschreiben – die gleichförmige Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung über die Radialkraft charakterisieren – die Größengleichungen für die potenzielle und kinetische Energie angeben und anwenden – den Energieerhaltungssatz unter Einbindung der mechanischen Arbeit anwenden – die bei konkreten Bewegungsvorgängen auftretende Reibungsarbeit berechnen – die Bewegungsgesetze auf einfache Realbewegungen übertragen und anwenden |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – hypothesengeleitete Experimente zu Bewegungsvorgängen mit und ohne Reibung planen, nach Vorgabe durchführen und auswerten – funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen aus Messdaten und Diagrammen erklären – den Einfluss von Messabweichungen auf das Ergebnis beschreiben und Möglichkeiten zur Verringerung aufzeigen – die Abgeschlossenheit von mechanischen Systemen im Kontext der Erhaltungssätze bewerten – den Wirkungsgrad als Verhältnis von nutzbarer und aufgewandter Leistung erkennen – die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile 1. Art mit dem Energieerhaltungssatz begründen und erkennen, dass jeder mechanische Vorgang mit einer Wärmeabgabe verbunden ist |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Alltagserfahrungen mithilfe der Newton'schen Axiome erklären – Bewegungen von Körpern in geeigneten Diagrammen veranschaulichen, Anstiege der Graphen sowie Flächen unter den Graphen interpretieren |

| | |
|--|---|
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen kriteriengeleitet (z. B. Objektivität, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit, Überprüfbarkeit) beurteilen – auf den Straßenverkehr bezogene Sach- und Anwendungsaufgaben selbstständig lösen und die Ergebnisse auch unter Verwendung digitaler Werkzeuge sachgerecht beurteilen – die Bedeutung der Vergrößerung bzw. Verkleinerung der Reibung im Alltag reflektieren – die Leistung bei mechanischen Vorgängen im Sport beurteilen |
| Grundlegende Wissensbestände | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Modell Punktmasse – Kraft als vektorielle Größe – Newton'sche Axiome – Wechselwirkungskräfte, Gleichgewichtskräfte – Bewegungen <ul style="list-style-type: none"> • Relativität der Bewegung • Bewegungsarten, Bewegungsformen – Bewegungen mit konstantem Betrag der Geschwindigkeit – gleichmäßig beschleunigte Bewegung ohne Anfangsbedingungen <ul style="list-style-type: none"> • $s(t)$–, $v(t)$–, $a(t)$ – aDiagramme • Zusammenhänge zwischen F, a und m • Durchschnittsgeschwindigkeit • der freie Fall als Spezialfall einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung – die gleichförmige Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung mit konstanter Umlaufzeit <ul style="list-style-type: none"> • Radialkraft – Bewegungen mit Anfangsbedingungen – Überlagerung von Bewegungen, Superpositionsprinzip – Energieerhaltungssatz der Mechanik und allgemeiner Energieerhaltungssatz – mechanische Arbeit und mechanische Energie <ul style="list-style-type: none"> • Hubarbeit und potenzielle Energie • Beschleunigungsarbeit und kinetische Energie – Leistung und Wirkungsgrad – Reibung <ul style="list-style-type: none"> • Reibungskraft • Reibungsarbeit | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| – Reibung | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Gesundheit und Wohlergehen | Englisch, Spanisch, Biologie, Ethikunterricht, Evangelischer Religionsunterricht, Katholischer Religionsunterricht, Geographie, Sport |
| Städte und Gemeinden | Französisch, Spanisch, Geographie |

| Kompetenzschwerpunkt: Elektrostatik und Leitungsvorgänge | |
|---|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Phänomene der statischen Elektrizität erkennen, auf Ursachen zurückführen und mithilfe des Feldlinienmodells beschreiben – die Elementarladung als Ladung des Elektrons beschreiben – die elektrische Spannung als Antrieb des Stromflusses erklären – den Einfluss von Antrieb und Hemmung auf die Stromstärke beschreiben – den elektrischen Widerstand eines Bauelementes aus Spannung und Stromstärke berechnen – die Abhängigkeiten des elektrischen Widerstandes eines geraden Leiters beschreiben und anwenden – die Funktionsweise der Potenziometerschaltung erläutern – das Verhalten von Stromstärke und Spannung in Reihen- und Parallelschaltungen beschreiben und berechnen – die Energieaufteilung in Reihen- und Parallelschaltungen beschreiben |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Experimente zum Zusammenhang von physikalischen Größen planen, durchführen und auswerten – die Abhängigkeiten des elektrischen Widerstandes eines geraden elektrischen Leiters mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge modellieren und auf experimentelle Ergebnisse beziehen – zufällige und systematische Messabweichungen und deren Ursachen erkennen |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das elektrische Feld mithilfe des Feldlinienmodells auch unter Nutzung von Simulationssoftware veranschaulichen |
| Bewertungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – grundlegende Verhaltensweisen und Sicherheitsmaßnahmen beim Umgang mit elektrischen Geräten erläutern und begründen |

Grundlegende Wissensbestände

- Phänomene der Elektrizität
- Ladung und Ladungstrennung, Elementarladung
- elektrisches Feld
 - Wirkungen auf Probeladungen
 - Nachweis
 - Feldlinienmodell
- Spannung, Stromstärke, Widerstand
- Ohm'sches Gesetz
- Widerstandsgesetz
- Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen
 - Gesetzmäßigkeiten
 - Anwendungen, Potenziometerschaltung
- Leitungsvorgänge in Metall und Halbleiter

Verbindliche Schülerexperimente

- Kennlinie eines Bauelementes
- Bestimmung von Spannungen, Stromstärken und Widerständen in Reihen- und Parallelschaltungen
- Kennlinie eines Halbleiterbauelementes

| Kompetenzschwerpunkt: Experimentalpraktikum | |
|--|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Einheiten, Merkmale und Messmöglichkeiten wesentlicher physikalischer Größen angeben – Zusammenhänge zwischen ausgewählten elektrischen und mechanischen Größen darstellen und zur Beschreibung realer Vorgänge nutzen – selbstständig Experimente nach Vorgaben durchführen und auswerten: <ul style="list-style-type: none"> • Bestimmung einer physikalischen Größe • Bestimmung des Zusammenhangs zwischen zwei physikalischen Größen – Messwerte mithilfe digitaler Werkzeuge erfassen, dokumentieren und auswerten – bereitgestellte elektrische und nichtelektrische Messgeräte sicher einsetzen |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Experimente zu gegebenen Problemstellungen planen – vorgegebene Größen zielgerichtet verändern bzw. konstant halten – den Einfluss von Messabweichungen auf das Ergebnis beschreiben und Möglichkeiten zur Verringerung aufzeigen – aus Messwerten einfache mathematische Zusammenhänge ableiten – aus Messwerten in vorgegebenen mathematischen Zusammenhängen Konstanten ermitteln und damit z. B. Abhängigkeiten nachweisen |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Lehrbücher, Kompendien und andere, auch digitale Quellen zur Vorbereitung und Auswertung der Experimente nutzen – das Vorgehen zur Lösung physikalischer Probleme unter Einbeziehung von Experimenten diskutieren – verschiedene Möglichkeiten der Durchführung eines Experiments vergleichen und bewerten – das Vorgehen und die Ergebnisse von Experimenten in Texten, Tabellen und Skizzen auch mit digitalen Werkzeugen darstellen und präsentieren |
| Bewertungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Risiken und Sicherheitsmaßnahmen beim Experimentieren mithilfe physikalischen Wissens bewerten und entsprechend berücksichtigen |

| Grundlegende Wissensbestände |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">– experimentelle Methoden– Verallgemeinerung, Gesetz– zufällige und systematische Messabweichung |
| Auswahl an möglichen Schülerexperimenten |
| <ul style="list-style-type: none">– Bewegungsgesetze der gleichförmigen Bewegung, der gleichmäßig beschleunigten Bewegung und des freien Falls, z. B. durch Videoanalyse, Simulation– Zusammenhänge im Kraftgesetz wahlweise $F(m)$, $F(a)$, $F(t)$– Haft- und Gleitreibung– Kennlinie eines Bauelementes– Bestimmung der Spannungen, Stromstärken und Widerstände in Reihen- und Parallelschaltungen– Kennlinie eines Halbleiterbauelementes |

3.3 Schuljahrgänge 12/13 (Qualifikationsphase)

3.3.1 Grundlegendes Anforderungsniveau

| Kompetenzschwerpunkt: Grundlagenkurs Mechanik | |
|--|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die vektorielle Größe Kraft in verschiedenen Bezugssystemen erkennen und beschreiben – kinematische Abläufe mit dem Modell „Punktmasse“ beschreiben – Bewegungen als ungestörte Überlagerung einzelner Bewegungen beschreiben – die gleichförmige Kreisbewegung als gleichmäßig beschleunigte Bewegung charakterisieren und in verschiedenen Bezugssystemen beschreiben – den Impuls als Zustandsgröße charakterisieren – die Energieerhaltung in einem abgeschlossenen System beschreiben und anwenden |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – für Würfe Bahngleichungen entwickeln und daraus die Wurfweite und die Wurfhöhe mathematisch ableiten – Bilanzgleichungen für die Erhaltungsgröße Energie aufstellen und auswerten – die Abgeschlossenheit von mechanischen Systemen im Kontext des Energieerhaltungssatzes bewerten |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Newton’schen Axiome begründet anwenden – Bewegungsdiagramme zeichnen, interpretieren und daraus Größen ermitteln |
| Bewertungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Vorsichtsmaßnahmen im Straßenverkehr mit physikalischen Gesetzen begründen |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> – Modell Punktmasse – Newton'sche Axiome <ul style="list-style-type: none"> • Kräftebilanzen – Bewegungen in Systemen <ul style="list-style-type: none"> • Bewegungsarten, Bewegungsformen • Bewegungsgesetze der gleichförmigen und der gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit Anfangsbedingungen • Inertialsysteme • Relativbewegungen • ungestörte Überlagerung von Bewegungen (senkrechter und waagerechter Wurf) unter vektorieller Betrachtung der Geschwindigkeiten – Energieerhaltungssatz der Mechanik und allgemeiner Energieerhaltungssatz – mechanische Arbeit <ul style="list-style-type: none"> • Arten der mechanischen Arbeit • $F(s)$-Diagramm – Impuls und Impulserhaltung | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Messreihen zu Momentangrößen (s, v, a) – Bahn eines Wurfes | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Städte und Gemeinden | Englisch, Spanisch, Russisch, Geschichte, Geographie, Kunst, Wirtschaftslehre |

| Kompetenzschwerpunkt: Mechanische Schwingungen und Wellen | |
|--|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Entstehung mechanischer Schwingungen beschreiben – Energiebilanzen und Energieumwandlungen in schwingenden Systemen aufstellen und beschreiben – die Gleichung für die Periodendauer eines Federschwingers anwenden – harmonische Schwingungen und Wellen mithilfe der Kenngrößen beschreiben – die Sinusfunktion zur Beschreibung von harmonischen Schwingungen auch mithilfe digitaler Werkzeuge verwenden – die Ausbreitung mechanischer Wellen beschreiben und mit dem Huygens'schen Prinzip deuten – longitudinale und transversale Wellen vergleichen und Polarisation als Eigenschaft von Transversalwellen deuten – die Reflexion einer erzeugten stehenden Welle zur Bestimmung der Wellenlänge anwenden |
| Erkenntnis- gewinnungs- kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Experimente zu mechanischen Schwingungen planen, durchführen und auswerten – an ausgewählten Beispielen empirische Daten realer Schwinger erheben, z. B. mit einer Videoanalyse – die Grenzen des Modells „Harmonischer Oszillator“ beurteilen – die Energieübertragung zwischen Oszillatoren auf deren Kopplung zurückführen – Polarisierbarkeit als Eigenschaft transversaler Wellen beschreiben – Interferenzphänomene für stehende Wellen beschreiben und erklären |
| Kommunikations- kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Kopplung von Oszillatoren des Wellenträgers sowie die Notwendigkeit eines Trägermediums für mechanische Wellen begründen – harmonische Wellen mit Gangunterschied, Kohärenz und Phase vergleichen |
| Bewertungs- kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Gefahren durch Resonanz beurteilen und Sicherheitsmaßnahmen begründen |

Grundlegende Wissensbestände

- mechanische Schwingungen
 - Schwingungsbegriff, Arten und Merkmale, Schwingungsebene, Voraussetzungen für die Entstehung
 - Kenngrößen (Elongation, Amplitude, Frequenz, Periodendauer) und deren Zusammenhänge
 - Aufzeichnung, Darstellung und Beschreibung im $y(t)$ -Diagramm
 - Energieumwandlungen
 - Modell „Harmonischer Oszillator“
- Federschwinger
 - Periodendauer in Abhängigkeit von systembeschreibenden Größen
 - Phasen einer Schwingung, Phasendifferenz, Einheitskreis
 - $y(t) = y_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ bzw. $y(t) = y_{max} \cdot \cos(\omega \cdot t)$
 - Energieumwandlungen am horizontalen Federschwinger oder am Fadenpendel
- erzwungene Schwingungen und Resonanz
- mechanische Wellen
 - Wellenbegriff, Arten und Merkmale
 - Voraussetzungen für die Entstehung, Kopplung, Energietransport, Ausbreitung
 - Kenngrößen (Elongation, Amplitude, Frequenz, Periodendauer, Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit) und deren Zusammenhänge
 - Darstellung im $y(t)$ -Diagramm und $y(s)$ -Diagramm
- Transversal- und Longitudinalwellen und deren Ausbreitung
- Eigenschaften mechanischer Wellen
 - Huygens'sches Prinzip
 - Reflexion mit und ohne Phasensprung, Brechung, Beugung (phänomenologisch)
 - Interferenz, Begriffe: Gangunterschied Δs mit $\frac{\Delta s}{\Delta \varphi} = \frac{\lambda}{2\pi}$ und Kohärenz
 - lineare Polarisierung von Transversalwellen
- stehende Wellen
 - Begriff, Voraussetzungen für die Entstehung
 - Schwingungsknoten, Schwingungsbäuche

Verbindliche Schülerexperimente

- Federschwinger

| Kompetenzschwerpunkt: Welleneigenschaften des Lichtes | |
|--|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Licht als elektromagnetischen Sachverhalt beschreiben und in das elektromagnetische Spektrum einordnen – die Wellenlänge von Licht aus Interferenzphänomenen bestimmen – das Interferenzmuster von polychromatischem Licht am Gitter erklären – die Entstehung des Spektrums von weißem Licht am Doppelspalt erklären – Polarisation von Licht als Unterscheidungskriterium für Longitudinal- und Transversalwellen anwenden |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Ausbreitung von Licht innerhalb eines Mediums durch die gleichförmige Bewegung beschreiben und die Vakuumlichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten benennen – Experimente zur Ausbreitung und Wellennatur des Lichtes planen, durchführen und quantitativ auswerten – Hypothesen zur Interferenz des Lichtes am Doppelspalt aufstellen sowie geeignete Untersuchungen und Experimente zur Überprüfung planen, durchführen und auswerten – Phänomene der Wellenoptik beobachten, beschreiben und erklären – Zusammenhänge zwischen optischen Phänomenen (Dispersion, Polarisation, Streuung) und Alltagserfahrungen herstellen |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Sachverhalte und Phänomene der Wellenoptik unter Verwendung der Fachsprache im Wellenmodell mit geeigneten Analogien und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen und erklären |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – sichtbares Licht sowie Infrarot- und Ultraviolettstrahlung unterscheiden und mit Beispielen ihre jeweilige biologische und chemische Wirkung reflektieren – die Entwicklung von Erkenntnissen der Physik am Beispiel des Lichtes darstellen – den Beitrag der Solarenergie zur Energiewende reflektieren |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – Lichtgeschwindigkeit in verschiedenen Medien und im Vakuum, Konstanz der Lichtgeschwindigkeit – Wellenmodell des Lichtes <ul style="list-style-type: none"> • Phänomene Dispersion, Polarisierung und Streuung • Superposition, Interferenz durch Beugung am Doppelspalt und Gitter in der Form $d \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda$ • Farben an dünnen Schichten • Licht als elektromagnetische Welle ohne Trägermedium • Wellenlängen und Frequenzen von monochromatischem Licht – Wellenlängenbereiche des Spektrums | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Interferenz am Gitter mit monochromatischem Licht | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Energie | Englisch, Spanisch, Russisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |

| Kompetenzschwerpunkt: Elektrisches Feld | |
|--|---|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – elektrische Felder qualitativ und quantitativ unter Einbeziehung des Modells „Feldlinien“ und der Feldstärke beschreiben – Nachweismöglichkeiten für das elektrische Feld beschreiben – die Arbeit in homogenen elektrischen Feldern berechnen – die Kraftwirkungen zwischen geladenen Körpern in elektrischen Feldern beschreiben und zur Erklärung von Bewegungen von elektrisch geladenen Körpern nutzen – Bewegungen elektrisch geladener Körper in homogenen elektrischen Feldern mithilfe des Superpositionsprinzips auch unter Nutzung von Simulationen beschreiben – die Bewegung elektrisch geladener Körper energetisch beschreiben und den Energieerhaltungssatz nutzen – das Auf- und Entladen eines Kondensators qualitativ auch unter Beachtung der Parameter Kapazität und Widerstand beschreiben – Experimente zum Entladen eines Kondensators nach Anleitung durchführen und auch unter Anwendung der Exponentialfunktion auswerten |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Experimente zum Laden oder Entladen eines Kondensators planen und bei der Auswertung Messunsicherheiten qualitativ analysieren – den Zusammenhang von elektrischen und konstruktiven Größen am Plattenkondensator quantitativ beschreiben – die Bewegung von Ladungsträgern im elektrischen Feld beschreiben und mit Wurfbewegungen vergleichen – die Grenzen des Modells „Feldlinien“ aufzeigen |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – relevante Informationen aus Feldlinienbildern entnehmen und diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wiedergeben – die Bahnen bewegter Ladungsträger im elektrischen Querfeld kausal korrekt strukturiert beschreiben |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – den Einsatz von Speicherkondensatoren, z. B. in Fahrradrücklichtern, aus Sicht der Verkehrssicherheit beurteilen |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – elektrische Ladung – elektrostatisches Feld <ul style="list-style-type: none"> • elektrische Ladungen als Quelle • Nachweismöglichkeiten • homogene und inhomogene Felder • Modell „Feldlinien“ und Feldlinienbilder • Kraftwirkung zwischen geladenen Körpern • elektrische Feldstärke • Arbeit im homogenen elektrischen Feld – elektrisches Feld eines Plattenkondensators <ul style="list-style-type: none"> • Struktur des Feldes • Feldstärke • Kapazität unter Beachtung von geometrischen Daten und der Dielektrizitätszahl • Energie des elektrischen Feldes • Kondensator als Energiespeicher • Auf- und Entladung eines Kondensators – Superposition von Feldern, zeichnerische Addition zweier feldbeschreibender Vektoren in der Ebene – potenzielle Energie einer Probeladung im homogenen elektrischen Feld – kinetische Energie und Geschwindigkeit geladener Teilchen im elektrischen Längsfeld in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung (quantitativ) – Elektronenvolt (eV) als Einheit – Bewegung von Ladungsträgern im elektrischen Feld | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Aufnahme der Entladekurve eines Kondensators | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Städte und Gemeinden | Englisch, Spanisch, Russisch, Geschichte, Geographie, Kunst, Wirtschaftslehre |
| Energie | Englisch, Spanisch, Russisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |

| Kompetenzschwerpunkt: Magnetisches Feld | |
|--|---|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das magnetische Feld von Dauermagneten, stromführenden Leitern und Spulen mit dem Modell „Feldlinien“ beschreiben – die Entstehung der Lorentzkraft erklären und ihre Wirkungen mithilfe der UVW-Regel folgern – die Wirkungen von magnetischen Feldern auf die Bewegung von Ladungsträgern erklären – das magnetische Feld einer stromdurchflossenen Spule als Träger von Energie erläutern |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die idealisierte Beschreibung von elektrischen und magnetischen Feldern mit der Realität vergleichen |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das elektromotorische Prinzip beschreiben und Richtungsbeziehungen am Beispiel des Schaukelversuches erläutern |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Funktion des Magnetfeldes der Erde auch als Schutzmantel vor kosmischer Strahlung begründen und die Bedeutung für die Entwicklung des Lebens reflektieren |
| Grundlegende Wissensbestände | |
| <ul style="list-style-type: none"> – magnetisches Feld <ul style="list-style-type: none"> • Dauermagnet, Komponenten des Erdmagnetfeldes, stromdurchflossener Leiter (Oersted-Versuch) und stromdurchflossene Spule • Feldformen, Modell „Feldlinien“ und Feldlinienbilder – magnetische Flussdichte: $B = \frac{F}{I \cdot l}$ mit $\vec{I} \perp \vec{B}$, $\vec{I} \perp \vec{F}$ und $\vec{B} \perp \vec{F}$ – Bewegung von Ladungsträgern im homogenen magnetischen Feld <ul style="list-style-type: none"> • Lorentzkraft und daraus folgende Kreisbahnen (qualitativ) – homogenes magnetisches Feld einer stromdurchflossenen Spule (qualitativ) | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Gesundheit und Wohlergehen | Deutsch, Englisch, Biologie, Geschichte, Ethikunterricht, Sport, Wirtschaftslehre, Rechnungswesen |

| Kompetenzschwerpunkt: Elektromagnetische Induktion | |
|---|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die bei Versuchen zur Induktion beobachtbaren Phänomene erklären – den Betrag einer Induktionsspannung unter Verwendung des Induktionsgesetzes berechnen – die Funktionsweise eines Transformators erklären – elektromagnetische Schwingungen am Schwingkreis qualitativ unter energetischen Aspekten beschreiben und mit der Schwingung eines horizontalen Federschwingers oder eines Fadenpendels vergleichen |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Induktionsspannungen als Ergebnis der wirkenden Lorentzkraft auf die Ladungsträger eines in einem Magnetfeld bewegten Leiters erklären – ein Experiment zum Transformator planen und auswerten – die Energiefernleitung erklären und den Energieerhaltungssatz dabei anwenden |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das Auftreten einer Induktionsspannung unter Verwendung des Induktionsgesetzes fachsprachlich korrekt begründen |
| Bewertungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – lokale und globale Probleme der Energieversorgung reflektieren – die Bedeutung von Wechselstrom bei technischen Anwendungen diskutieren – ein technisches Gerät, bei dem sehr große Induktionsspannungen erzeugt werden (z. B. Hochspannungstransformator), hinsichtlich entstehender Risiken beurteilen |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – Generatorprinzip als Umkehrung des elektromotorischen Prinzips – Induktionsspannung: $U_{\text{ind}} = -B \cdot l \cdot v$ – magnetischer Fluss – Spule und Induktion – Induktionsgesetz (Differenzenquotient) – Lenz'sche Regel – Anwendung des Induktionsgesetzes in den Spezialfällen konstanter Fläche und konstanter magnetischer Flussdichte – Transformator (Spannungs- und Stromstärkeübersetzung, technische Anwendungen von Transformatoren) – Energieumwandlungen am elektromagnetischen Schwingkreis (qualitativ) | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Transformatorgesetze | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Energie | Englisch, Spanisch, Russisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |
| Innovation, Infrastruktur und Digitalität | Deutsch, Englisch, Französisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Ethikunterricht, Evangelischer Religionsunterricht, Katholischer Religionsunterricht, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |

| Kompetenzschwerpunkt: Eigenschaften von Quantenobjekten | |
|--|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie der Photoelektronen mit Bezug auf die Frequenz und die Intensität des Lichtes erläutern – Teilchen- und Welleneigenschaften von Photonen und Elektronen beschreiben – Quantenobjekte als quantenphysikalische Systeme von klassischen Objekten aufgrund besonderer Eigenschaften und des besonderen Verhaltens unterscheiden – die Gültigkeit des Energieerhaltungssatzes in der Quantenphysik an Beispielen aufzeigen, Energiebilanzen aufstellen und anwenden – die Wesenszüge der Quantenphysik an Beispielen und Experimenten, z. B. am Doppelspaltexperiment, erläutern |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – den Widerspruch der experimentellen Befunde des Photoeffekts zur klassischen Physik erläutern und den Photoeffekt mithilfe der Einstein'schen Photonenhypothese deuten – ein Experiment zur Bestimmung eines Näherungswertes für das Planck'sche Wirkungsquantum planen und auswerten – Simulationssoftware bei der Untersuchung von Quantenobjekten, z. B. Experiment von Jönsson, nutzen |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Eigenschaften und das Verhalten von Quantenobjekten als Ergebnisse der Auswertung von Simulations- und Gedankenexperimenten präsentieren – die Grenzen des Teilchenmodells und des klassischen Wellenmodells aus verschiedenen Perspektiven in passender Struktur und angemessener Fachsprache wiedergeben |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der Beschreibung der Eigenschaften und des Verhaltens von Quantenobjekten (Photonen, Elektronen) im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen reflektieren und seine Bedeutung in Wissenschaft und Technik bewerten |

Grundlegende Wissensbestände

- Zusammenhänge der Größen Energie, Impuls, Frequenz und Wellenlänge zur Beschreibung von Quantenobjekten
 - Photoeffekt, Deutung nach Einstein, Photonenhypothese
 - Energie von Photonen, Planck'sches Wirkungsquantum
 - Energiebilanz: $h \cdot f = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + W_A$, Einstein'sche Gerade
- Welleneigenschaften von Elektronen
 - de Broglie-Beziehung
 - Interferenz am Doppelspalt – Experiment von Jönsson
- grundlegende Aspekte (Wesenszüge) der Quantentheorie *im Überblick*
 - Stochastische Vorhersagbarkeit
 - Interferenz und Superposition
 - Determiniertheit der Zufallsverteilung
 - Komplementarität zwischen Weginformation und Interferenzfähigkeit
- Problematik der Übertragung von Begriffen aus der Anschauungswelt in die Quantenwelt
- Vergleich: Klassisches Objekt und Quantenobjekt am Doppelspalt

Verbindliche Schülerexperimente

- Bestimmung eines Näherungswertes für das Planck'sche Wirkungsquantum

| Kompetenzschwerpunkt: Quantenphysikalisches Atommodell | |
|---|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das quantenphysikalische Atommodell im Energiestufen- und Orbitalmodell des Wasserstoffatoms anwenden – die Energiequantelung bei den Atomspektren nachweisen – die Wellenlänge von Spektrallinien aus den Energieniveaustufen berechnen |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – im Bereich der Quantenphysik den strengen Determinismus der klassischen Physik durch den Wesenszug der stochastischen Vorhersagbarkeit ersetzen – Orbitale im quantenphysikalischen Atommodell als Folge besonderer Energiezustände erkennen |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – am Beispiel der historischen Entwicklung der Atommodelle aufzeigen, dass Widersprüche zwischen Realität und Modell zur Entwicklung eines quantenphysikalischen Atommodells geführt haben – Recherchen zu Problemen und Fragestellungen der Quantenphysik auch unter Nutzung digitaler Medien durchführen und präsentieren |
| Bewertungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – den Einfluss der Quantenphysik auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis und auf Veränderungen des Weltbildes bewerten – die Auswirkungen der physikalischen Weltbetrachtung mit scheinbar paradoxen Eigenschaften von Quantenobjekten wie eingeschränkter Anschaulichkeit und unbeständigen Erscheinungsformen, die sich nicht mit unseren Alltagserfahrungen und Denktraditionen vereinbaren lassen aber dennoch präzise Vorhersagen über das Verhalten von Quantenobjekten ermöglichen, auf alltägliche Anwendungen in der Medizin, Elektronik, Digital-, Laser- oder Kommunikationstechnik reflektieren |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – qualitative Betrachtung eines quantenmechanischen Atommodells <ul style="list-style-type: none"> • Energiestufenmodell • Energiewerte für Wasserstoff • Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron in Abhängigkeit vom diskreten Energiezustand – Emission und Absorption, Zusammenhang zwischen diskretem Spektrum und Energieniveauschema <ul style="list-style-type: none"> • Emission und Absorption als Energieabgabe und Anregung von Atomen • Entstehung von Linienspektren | |
| Möglichkeiten zur Abstimmung in den Schuljahrgängen 12/13 | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Chemie: Donator-Akzeptor-Prinzip auf Elektronenübergänge übertragen (Elektronenverteilung in der Atomhülle mithilfe der Elektronenkonfiguration beschreiben) | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Innovation, Infrastruktur und Digitalität | Deutsch, Englisch, Französisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Ethikunterricht, Evangelischer Religionsunterricht, Katholischer Religionsunterricht, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |

Themenbereich: Praktika

| Kompetenzschwerpunkt: Experimentalpraktikum | |
|--|---|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Einheiten, Merkmale und Messmöglichkeiten wesentlicher physikalischer Größen angeben – Zusammenhänge zwischen ausgewählten mechanischen, elektromagnetischen und optischen Größen beschreiben – variable und konstant zu haltende Größen identifizieren – geeignete Messgeräte begründet auswählen und sicher einsetzen – aus Messwerten in vorgegebenen mathematischen Zusammenhängen Konstanten ermitteln |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Zu zwei gegebenen Problemstellungen Hypothesen aufstellen und Experimente zu ihrer Überprüfung planen sowie selbstständig nach Vorgaben durchführen und auswerten <ul style="list-style-type: none"> • Bestimmung von physikalischen Größen bzw. Näherungswerten für Naturkonstanten (z. B. Fallbeschleunigung, Brechzahl, Flusssdichte, Wirkungsquantum) • Bestimmung von Zusammenhängen zwischen physikalischen Größen (z. B. Federkonstante und Eigenfrequenz) • Untersuchung physikalischer Vorgänge (z. B. Wurf, Entladung eines Kondensators) • Messwernerfassung mit Sensoren und Auswertung mithilfe des Computers (z. B. Ausschaltvorgänge) – Messunsicherheiten als Teil des Messergebnisses beschreiben und Möglichkeiten zur Verringerung von Messabweichungen aufzeigen – aus Messwerten mathematische Zusammenhänge ableiten – Phänomene physikalisch modellieren, dabei theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen – die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen beurteilen – die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten für die physikalische Erkenntnisgewinnung reflektieren |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – selbstständig auch digitale Quellen zur Vorbereitung und Auswertung der Experimente nutzen – Vorgehensweisen zur Lösung physikalischer Probleme unter Einbeziehung von Experimenten diskutieren – das Vorgehen und die Ergebnisse von Experimenten in verschiedenen Formen zusammenhängend darstellen und präsentieren |

| | |
|---|---|
| Bewertungs- kompetenz | – Risiken und Sicherheitsmaßnahmen beim Experimentieren mithilfe physikalischen Wissens bewerten und entsprechend berücksichtigen |
| Grundlegende Wissensbestände | |
| <ul style="list-style-type: none"> – experimentelle Methode – Verallgemeinerung, Gesetz – zufällige und systematische Messabweichungen – Messunsicherheiten | |
| Möglichkeiten zur Abstimmung in den Schuljahrgängen 12/13 | |
| – Chemie: Qualitative und quantitative Untersuchungen durchführen (Praktikum) | |

| Kompetenzschwerpunkt: Aufgabenpraktikum | |
|--|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – mathematische Modelle zur Beschreibung physikalischer Situationen anpassen und anwenden – die zur Aufgabenbearbeitung vorgenommenen Vereinfachungen und Idealisierungen begründen – Phänomene unter Nutzung physikalischer Modelle und Theorien erklären |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – komplexe Aufgaben in Teilprobleme zerlegen und Bearbeitungsstrategien entwickeln – aus gegebenen Daten mathematische Zusammenhänge ableiten – physikalische Probleme mit Skizzen veranschaulichen – die Eignung von Modellen oder Theorien für die Lösung von Problemen beurteilen |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – selbstständig Quellen zur Wiederholung von Kenntnissen, die zur Bearbeitung der Aufgaben notwendig sind, nutzen – aus den zu den Aufgaben gehörenden Materialien (Texte, Zeichnungen, Diagramme) relevante Informationen entnehmen – das Vorgehen zur Lösung physikalischer Probleme darstellen – die Lösung von Aufgaben nachvollziehbar und unter Einbeziehung fachspezifischer Formen darstellen – die erarbeitete Lösung und den Lösungsweg kritisch reflektieren und auf Plausibilität prüfen – gültige Argumentationsketten für die Argumentation verwenden |
| Bewertungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – sich reflektiert und rational in einem außerfachlichen Kontext (z. B. „Handystrahlung“, Informationsübertragung, Antennen und Sendemasten) ein eigenes Urteil bilden |

| Grundlegende Wissensbestände zu Lösungsstrategien | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – Kräfte- und Energiebilanzen – Identifikation relevanter Größen – Analogiebetrachtungen – Reduktion der Komplexität (Vereinfachung und Idealisierung) – Auswahl von Modellen – Bewertungsverfahren, z. B. Nutzwertanalyse | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Gesundheit und Wohlergehen | Deutsch, Englisch, Biologie, Geschichte, Ethikunterricht, Sport, Wirtschaftslehre, Rechnungswesen |
| Innovation, Infrastruktur und Digitalität | Deutsch, Englisch, Französisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Ethikunterricht, Evangelischer Religionsunterricht, Katholischer Religionsunterricht, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |
| Städte und Gemeinden | Englisch, Spanisch, Russisch, Geschichte, Geographie, Kunst, Wirtschaftslehre |

3.3.2 Erhöhtes Anforderungsniveau

| Kompetenzschwerpunkt: Mechanische Schwingungen | |
|---|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Entstehung mechanischer Schwingungen beschreiben – Energiebilanzen und Energieumwandlungen in schwingenden Systemen aufstellen und beschreiben – die Gleichung für die Periodendauer eines Federschwingers und Fadenpendels anwenden – harmonische Schwingungen mithilfe der Kenngrößen beschreiben – die Sinus- und Kosinusfunktion zur Beschreibung von harmonischen Schwingungen auch mithilfe digitaler Werkzeuge verwenden – am Beispiel der Resonanz eines schwingenden Systems die Auswirkungen der Erregerfrequenz und der Dämpfung auf die Amplitude beschreiben und beurteilen – schwach gedämpfte Schwingungen mithilfe der geschwindigkeitsproportionalen Dämpfung erklären und mathematisch beschreiben |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Experimente zu mechanischen Schwingungen planen, durchführen und auswerten – an ausgewählten Beispielen empirische Daten realer Schwinger erheben, z. B. mit einer Videoanalyse – das lineare Kraftgesetz als Bedingung für die Entstehung einer mechanischen harmonischen Schwingung erkennen – die Grenzen des Modells „Harmonischer Oszillator“ beurteilen – schwach gedämpfte Schwingungen auf Energieverluste zurückführen und durch abklingende e-Funktionen als Einhüllende deuten |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – harmonische und gedämpfte Schwingungen auch mithilfe digitaler Werkzeuge grafisch darstellen – die Auswirkung der Intensität der Dämpfung auf harmonische Schwingungen vergleichen – Beispiele beschreiben, bei denen die Kopplung zwischen Schwingern zu chaotischen Bewegungen führen kann |
| Bewertungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Gefahren durch Resonanz beurteilen und Sicherheitsmaßnahmen begründen |

Grundlegende Wissensbestände

- mechanische Schwingungen
 - Schwingungsbegriff, Arten und Merkmale, Schwingungsebene, Voraussetzungen für die Entstehung
 - Kenngrößen (Elongation, Amplitude, Frequenz, Periodendauer) und deren Zusammenhänge
 - Aufzeichnung, Darstellung und Beschreibung im $y(t)$ -Diagramm
 - Modell „Harmonischer Oszillator“: lineares Kraftgesetz als Bedingung für die Entstehung einer mechanischen harmonischen Schwingung
- Fadenpendel (unter Berücksichtigung der Kleinwinkelnäherung) und Federschwinger
 - Periodendauer in Abhängigkeit von systembeschreibenden Größen
 - Phasen einer Schwingung, Phasendifferenz, Einheitskreis
 - $y(t) = y_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$ bzw. $y(t) = y_{max} \cdot \cos(\omega \cdot t)$ bei $\varphi_0 = 0$
 - Energieumwandlungen
- ungedämpfte und schwach gedämpfte Schwingungen
 - Idealfall und Realfall, Darstellung im $y(t)$ -Diagramm, Einhüllende
 - $y(t) = y_{max} \cdot e^{-\delta t} \cdot \sin(\omega t)$
 - Ursachen der Dämpfung
 - Anwendungen gedämpfter Schwingungen
- freie und erzwungene Schwingungen
 - Eigenschwingung, Eigenfrequenz, erzwungene Schwingungen
 - Resonanz, Resonanzkurve

Verbindliche Schülerexperimente

- Federschwinger oder Fadenpendel
- gekoppelte Pendel oder erzwungene Schwingung und Resonanz

| Kompetenzschwerpunkt: Mechanische Wellen | |
|---|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Ausbreitung mechanischer Wellen beschreiben und mit dem Huygens’schen Prinzip deuten – longitudinale und transversale Wellen vergleichen und Polarisation als Eigenschaft von Transversalwellen deuten – die Reflexion einer erzeugten stehenden Welle zur Bestimmung der Wellenlänge anwenden – Grundgrößen der Akustik nennen und anwenden – hörbaren Schall von Infra- und Ultraschall unterscheiden – Schwingungen als Ursache von Schall und das Hören als Aufnahme von Schallschwingungen durch das Ohr identifizieren – ein Experiment zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit auswerten |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – zeitliche und räumliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle in einer mathematischen Darstellung auch mithilfe digitaler Werkzeuge beschreiben – Polarisierbarkeit als Eigenschaft transversaler Wellen beschreiben – die Speicherung von Energie in stehenden Wellen erkennen – Interferenzphänomene für stehende Wellen beschreiben und erklären – den Schall elektronisch aufzeichnen und nach Kriterien auswerten |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Kopplung von Oszillatoren des Wellenträgers sowie die Notwendigkeit eines Trägermediums für mechanische Wellen begründen – harmonische Wellen mit Gangunterschied, Kohärenz und Phase vergleichen – den Aufbau einfacher technischer Geräte zur Anwendung des Schalls recherchieren und deren Wirkungsweise auch mithilfe digitaler Medien adressatengerecht präsentieren |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Auswirkungen von Schall auf Menschen im Alltag sowie in ausgewählten Berufen anhand von Schallfeldgrößen erläutern und geeignete Schutzmaßnahmen gegen die Gefährdungen durch Schall diskutieren – die Wirkungen des Ultraschalls auf ungeborenes Leben bewerten |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> – mechanische Wellen <ul style="list-style-type: none"> • Wellenbegriff, Arten und Merkmale • Voraussetzungen für die Entstehung, Kopplung, Energietransport, Ausbreitung • Kenngrößen (Elongation, Amplitude, Frequenz, Periodendauer, Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit) und deren Zusammenhänge • Darstellung im $y(t)$-Diagramm und $y(s)$-Diagramm – mathematische Darstellung einer harmonischen, eindimensionalen Welle mit $y(t, x) = y_{max} \cdot \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right)$ bei $\varphi_0 = 0$ – Transversal- und Longitudinalwellen und deren Ausbreitung – Eigenschaften mechanischer Wellen <ul style="list-style-type: none"> • Huygens'sches Prinzip • Reflexion mit und ohne Phasensprung, Brechung, Beugung (phänomenologisch) • Interferenz, Begriffe: Gangunterschied Δs mit $\frac{\Delta s}{\Delta \varphi} = \frac{\lambda}{2\pi}$ und Kohärenz • lineare Polarisation von Transversalwellen, Unterscheidung von polarisierten und unpolarisierten Wellen – stehende Wellen <ul style="list-style-type: none"> • Begriff, Voraussetzungen für die Entstehung • Schwingungsknoten, Schwingungsbäuche • Speicherung von Energie – Schallwellen <ul style="list-style-type: none"> • Kenngrößen • Töne und Klänge, Hörbereiche, Lärm und Lärmschutz • Schallgeschwindigkeit und deren Messung • Infraschall, Ultraschall • Anwendungen in Natur, Technik und Medizin, Schallintensität | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| – Stehende Welle | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Gesundheit und Wohlergehen | Deutsch, Englisch, Biologie, Geschichte, Ethikunterricht, Sport, Wirtschaftslehre, Rechnungswesen |

| Kompetenzschwerpunkt: Welleneigenschaften des Lichtes | |
|--|---|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Licht als elektromagnetischen Sachverhalt beschreiben und in das elektromagnetische Spektrum einordnen – die Wellenlänge von Licht aus Interferenzphänomenen bestimmen – das Interferenzmuster von polychromatischem Licht am Gitter erklären – die Entstehung des Spektrums von weißem Licht am Doppelspalt erklären – die Abhängigkeit der Energie einer elektromagnetischen Welle von der Frequenz benennen – Polarisation von Licht als Unterscheidungskriterium für Longitudinal- und Transversalwellen anwenden |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Experimente zur Ausbreitung und Wellennatur des Lichtes planen, durchführen und quantitativ auswerten – Hypothesen zur Interferenz des Lichtes am Doppelspalt aufstellen sowie geeignete Untersuchungen und Experimente zur Überprüfung planen, durchführen und auswerten – Phänomene der Wellenoptik beobachten, beschreiben und erklären – Kleinwinkelnäherung bei Interferenz am Doppelspalt nutzen und ihre Anwendbarkeit im konkreten Fall beurteilen – Zusammenhänge zwischen optischen Phänomenen (Dispersion, Polarisation, Streuung) und Alltagserfahrungen herstellen |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Sachverhalte und Phänomene der Wellenoptik unter Verwendung der Fachsprache im Wellenmodell mit geeigneten Analogien und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen und sprachlich differenziert erklären – den Aufbau einfacher Interferometer recherchieren und deren Wirkungsweise auch mithilfe digitaler Medien adressatengerecht präsentieren |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – sichtbares Licht sowie Infrarot- und Ultraviolettstrahlung unterscheiden und mit Beispielen ihre jeweilige biologische und chemische Wirkung reflektieren – die Entwicklung der Erkenntnisse der Physik am Beispiel des Lichtes auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge darstellen – den Beitrag der Solarenergie zur Energiewende reflektieren |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – Lichtgeschwindigkeit in verschiedenen Medien und im Vakuum – Wellenmodell des Lichtes <ul style="list-style-type: none"> • Phänomene Dispersion, Polarisierung und Streuung • Superposition, Interferenz durch Beugung am Doppelspalt und Gitter in der Form $d \cdot \sin\alpha = k \cdot \lambda$ • Farben an dünnen Schichten • Licht als elektromagnetische Welle ohne Trägermedium • Wellenlängen und Frequenzen von monochromatischem Licht – Aufbau und Funktionsweise eines Interferometers – Wellenlängenbereiche des Spektrums, einschließlich Röntgenstrahlung – Spektren und Spektralanalyse <ul style="list-style-type: none"> • Aspekt Aussehen: kontinuierliches Spektrum, Linienspektrum • Aspekt Entstehung: Emissions- und Absorptionsspektrum • Aspekt Erzeugung: Gitter- und Prismenspektrum | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Interferenz am Gitter mit monochromatischem Licht | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Energie | Englisch, Spanisch, Russisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |

| Kompetenzschwerpunkt: Aufbaukurs Mechanik | |
|--|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die vektorielle Größe Kraft in verschiedenen Bezugssystemen erkennen und beschreiben – kinematische Abläufe mit dem Modell „Punktmasse“ beschreiben – Bewegungen als ungestörte Überlagerung einzelner Bewegungen beschreiben – die gleichförmige Kreisbewegung als gleichmäßig beschleunigte Bewegung charakterisieren und in verschiedenen Bezugssystemen beschreiben – die Geschwindigkeit zweier Körper nach einem Stoß mithilfe des Energie- und Impulserhaltungssatz herleiten – den Impuls als Zustandsgröße charakterisieren und seine Änderung durch die Prozessgröße Kraftstoß anwenden – die Energieerhaltung und die Impulserhaltung in einem abgeschlossenen System beschreiben und anwenden – zentrale vollkommen elastische bzw. unelastische Stöße beschreiben und zuordnen |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – für den waagerechten Wurf die Bahngleichung entwickeln und daraus die Wurfweite mathematisch ableiten – für den senkrechten Wurf die Wurfhöhe mathematisch ableiten – Bilanzgleichungen für die Erhaltungsgrößen Energie und Impuls aufstellen und auswerten – das Rückstoßprinzip auf die Impulserhaltung zurückführen – Experimente zu Momentanwerten des Weges, der Geschwindigkeit und der Beschleunigung planen, durchführen und auswerten – Simulationsexperimente zur Untersuchung von Bewegungen mit geschwindigkeitsabhängiger Reibung auswerten – die Abgeschlossenheit von mechanischen Systemen im Kontext der Erhaltungssätze bewerten – die universellere Anwendbarkeit des Impulserhaltungssatzes gegenüber dem Energieerhaltungssatz erkennen |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Newton’schen Axiome begründet anwenden – Bewegungsdiagramme zeichnen, interpretieren und daraus Größen ermitteln – aus Messwerten mithilfe von Tabellenkalkulationsprogrammen Graphen erzeugen und Trends einzeichnen – das Rückstoßprinzip auf Fortbewegungen anwenden |
| Bewertungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Stoßvorgänge im Straßenverkehr analysieren – Vorsichtsmaßnahmen im Straßenverkehr mit physikalischen Gesetzen begründen |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> – Modell Punktmasse – Newton'sche Axiome – vektorielle Addition und Zerlegung von Kräften <ul style="list-style-type: none"> • geneigte Ebene – Kräftebilanzen auch unter Berücksichtigung der Reibung – Bewegungen in Systemen <ul style="list-style-type: none"> • Bewegungsarten, Bewegungsformen • Bewegungsgesetze der gleichförmigen und der gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit Anfangsbedingungen unter Nutzung der Infinitesimalrechnung • Inertialsysteme und beschleunigte Systeme • Relativbewegungen • ungestörte Überlagerung von Bewegungen (senkrechter und waagerechter Wurf) – Energieerhaltungssatz der Mechanik und allgemeiner Energieerhaltungssatz – mechanische Arbeit <ul style="list-style-type: none"> • Arten der mechanischen Arbeit • Bilanzgleichungen auch unter Berücksichtigung der Reibung • $F(s)$-Diagramm – Impuls und Impulserhaltung <ul style="list-style-type: none"> • Kraftstoß als Prozessgröße • Impuls als Erhaltungsgröße – zentrale elastische und unelastische Stöße <ul style="list-style-type: none"> • Bilanzgleichungen für Impuls und Energie | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Messreihen zu Momentangrößen (s, v, a) – Bahn eines Wurfes | |
| Möglichkeiten zur Abstimmung in den Schuljahrgängen 12/13 | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Mathematik: Grundlagen der Infinitesimalrechnung | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Städte und Gemeinden | Englisch, Spanisch, Russisch, Geschichte, Geographie, Kunst, Wirtschaftslehre |

| Kompetenzschwerpunkt: Elektrisches Feld | |
|--|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – elektrische Felder qualitativ und quantitativ unter Einbeziehung des Modells „Feldlinien“ und der Feldstärke beschreiben – Nachweismöglichkeiten für das elektrische Feld beschreiben – das Coulomb’sches Gesetz interpretieren und mithilfe des Gesetzes Berechnungen durchführen – die Arbeit in elektrischen Feldern unter Beachtung der Bedingungen berechnen – die Kraftwirkungen zwischen geladenen Körpern in elektrischen Feldern beschreiben und zur Erklärung von Bewegungen von elektrisch geladenen Körpern nutzen – Bewegungen elektrisch geladener Körper in elektrischen Feldern und Gravitationsfeldern mithilfe des Superpositionsprinzips auch unter Nutzung von Simulationen beschreiben und die Bahngleichungen herleiten – die Bewegung elektrisch geladener Körper energetisch beschreiben und den Energieerhaltungssatz zur Berechnung der Bewegung elektrisch geladener Teilchen nutzen – das Auf- und Entladen eines Kondensators auch quantitativ beschreiben und berechnen – Experimente zum Laden oder Entladen eines Kondensators durchführen und auswerten (dabei Anwendung der e-Funktion) – die Durchführung und statistische Auswertung des Millikan-Versuches erläutern |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Experimente zum Laden oder Entladen eines Kondensators planen und bei der Auswertung Messunsicherheiten qualitativ analysieren – den Zusammenhang von elektrischen und konstruktiven Größen am Plattenkondensator quantitativ beschreiben und die Wirkung des Dielektrikums mithilfe der Polarisierung erklären – Analogien zwischen dem Radialfeld einer Punktladung und dem einer Zentralmasse sowie zwischen dem Coulomb’schen Gesetz und dem Gravitationsgesetz herstellen – die Bewegung von Ladungsträgern im elektrischen Feld beschreiben und mit Wurfbewegungen vergleichen – die Grenzen des Modells „Feldlinien“ aufzeigen – die Bedeutung der Quantisierung der Ladung als Ergebnis des Millikan-Versuches auch unter Nutzung von Simulationen darstellen |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – sich den Aufbau und die Funktionsweise der Elektronenstrahlröhre oder des Linearbeschleunigers gezielt selbstständig erarbeiten – die Durchführung und statistische Auswertung des Millikan-Versuches strukturiert darlegen |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – den Einsatz der Technologie von Linearbeschleunigern als Beschleuniger mit fester Frequenz beurteilen und die Umsetzung in |

| | |
|--|---|
| | Großforschungsanlagen als Ergebnis internationaler Zusammenarbeit würdigen |
| Grundlegende Wissensbestände | |
| <ul style="list-style-type: none"> – elektrische Ladung – elektrostatisches Feld <ul style="list-style-type: none"> • elektrische Ladungen als Quelle • Nachweismöglichkeiten • homogene und inhomogene Felder • Modell „Feldlinien“ und Feldlinienbilder • Kraftwirkung zwischen geladenen Körpern, Influenz, elektrische Polarisation, Dielektrikum • elektrische Feldstärke • Coulomb’sches Gesetz • Arbeit im homogenen und radialen elektrischen Feld – elektrisches Feld eines Plattenkondensators <ul style="list-style-type: none"> • Struktur des Feldes • Feldstärke • Potenzial, Spannung als Potenzialdifferenz • Kapazität unter Beachtung von geometrischen Daten und Dielektrizitätszahl • Energie des elektrischen Feldes • Kondensator als Energiespeicher • Auf- und Entladung eines Kondensators – Superposition von Feldern, Betrachtung der zweidimensionalen Superposition von zwei Feldern für die Fälle paralleler und orthogonaler feldbeschreibender Vektoren (quantitativ) – potenzielle Energie einer Probeladung im homogenen elektrischen Feld – kinetische Energie und Geschwindigkeit geladener Teilchen im elektrischen Längsfeld in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung (quantitativ) – Elektronenvolt (eV) als Einheit – Bewegung von Ladungsträgern im elektrischen Feld <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungen: Elektronenstrahlröhre und Linearbeschleuniger – Bestimmung der Elementarladung <ul style="list-style-type: none"> • Millikan-Versuch | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| – Aufnahme der Lade- oder Entladekurve eines Kondensators | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Globale Partnerschaften und Europa | Englisch, Französisch, Spanisch, Russisch, Geschichte, Sozialkunde, Evangelischer Religionsunterricht, Geographie, Wirtschaftslehre |

| Kompetenzschwerpunkt: Magnetisches Feld | |
|--|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das magnetische Feld von Dauermagneten, stromführenden Leitern und Spulen mit dem Modell „Feldlinien“ und quantitativ beschreiben – die Entstehung der Lorentzkraft erklären und ihre Wirkungen mithilfe der UVW-Regel folgern – den Hall-Effekt erklären und die Hall-Spannung zur Magnetfeldmessung nutzen – die Wirkungen von magnetischen Feldern auf die Bewegung von Ladungsträgern erklären und berechnen – das magnetische Feld als Träger von Energie erläutern – einen Versuch zur Bestimmung der spezifischen Ladung beschreiben und auswerten |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Experimente zum Magnetismus planen, durchführen und auswerten – die idealisierte Beschreibung von elektrischen und magnetischen Feldern mit der Realität vergleichen – die Bestimmung der Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes beschreiben sowie geeignete Experimente auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge planen und durchführen |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das elektromotorische Prinzip beschreiben und Richtungsbeziehungen am Beispiel des Schaukelversuches erläutern – den Aufbau des Massenspektrographen beschreiben sowie die prinzipielle Wirkungsweise erklären |
| Bewertungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Funktion des Magnetfeldes der Erde auch als Schutzmantel vor kosmischer Strahlung begründen und die Bedeutung für die Entwicklung des Lebens reflektieren |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> – magnetisches Feld <ul style="list-style-type: none"> • Dauermagnet, Komponenten des Erdmagnetfeldes, stromdurchflossener Leiter (Oersted-Versuch) und stromdurchflossene Spule • Feldformen, Modell „Feldlinien“ und Feldlinienbilder – magnetische Flussdichte: $B = \frac{F}{I \cdot l}$ mit $\vec{I} \perp \vec{B}$, $\vec{I} \perp \vec{F}$ und $\vec{B} \perp \vec{F}$ – Bewegung von Ladungsträgern im homogenen magnetischen Feld <ul style="list-style-type: none"> • Lorentzkraft in der Form $\vec{F}_L = Q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$ • Hall-Effekt • Bestimmung der spezifischen Ladung eines Elektrons – homogenes magnetisches Feld einer stromdurchflossenen Spule – magnetische Flussdichte einer stromdurchflossenen Spule – Massenspektrograph | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Gesundheit und Wohlergehen | Deutsch, Englisch, Biologie, Geschichte, Ethikunterricht, Sport, Wirtschaftslehre, Rechnungswesen |

| Kompetenzschwerpunkt: Elektromagnetische Induktion | |
|---|---|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die bei Versuchen zur Induktion beobachtbaren Phänomene erklären – den Zusammenhang zwischen den Baugrößen einer Spule und ihrer Induktivität erläutern – das Auftreten einer Induktionsspannung unter Verwendung des Induktionsgesetzes erklären, ihre Größe berechnen und die Induktivität einer Spule ableiten – die Rückwirkung eines belasteten Transformators erklären |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Induktionsspannungen als Ergebnis der wirkenden Lorentzkraft auf die Ladungsträger eines in einem Magnetfeld bewegten Leiters erklären – ein Experiment zum Transformator planen und auswerten – die Energiefernleitung erklären und den Energieerhaltungssatz dabei anwenden |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Lenz'sche Regel und das Auftreten von Wirbelströmen zur Erklärung der Wirkungsweise technischer Anwendungen nutzen |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – lokale und globale Probleme der Energieversorgung reflektieren – ein technisches Gerät, bei dem sehr große Induktionsspannungen erzeugt werden, hinsichtlich entstehender Risiken beurteilen |
| Grundlegende Wissensbestände | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Generatorprinzip als Umkehrung des elektromotorischen Prinzips – Induktionsspannung: $U_{\text{ind}} = -B \cdot l \cdot v$ – magnetischer Fluss – Induktionsgesetz in differentieller Form – Lenz'sche Regel – Wirbelströme – Generator – Transformator – Spannungs- und Stromstärkeübersetzung, Rückwirkung bei Belastung – technische Anwendungen von Transformatoren – Spule und Induktion – Selbstinduktion – Induktivität einer Spule – Energie des magnetischen Feldes – Selbstinduktionsspannung – Ein- und Ausschaltvorgang | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Transformatorgesetze | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Energie | Englisch, Spanisch, Russisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |

| | |
|--|---|
| Kompetenzschwerpunkt: Wechselstromwiderstände und elektromagnetische Schwingungen | |
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die charakteristischen Größen des Wechselstromes beschreiben – die elektromagnetische Schwingung auch unter energetischen Aspekten beschreiben und mit der mechanischen Schwingung vergleichen |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Experimente zu Wechselstromwiderständen planen, durchführen und auswerten |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – $u(t)$- und $i(t)$-Diagramme elektromagnetischer Schwingungen auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge auswerten |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Leistungen und Grenzen der technischen Anwendung von Gleich- und Wechselstrom erkennen – die Bedeutung von Wechselstrom bei technischen Anwendungen diskutieren |
| Grundlegende Wissensbestände | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Wechselstromkreis <ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung einer Wechselspannung • zeitlicher Verlauf von Spannung und Stromstärke • Momentan- und Effektivwerte – Wechselstromwiderstände <ul style="list-style-type: none"> • induktiver Widerstand • kapazitiver Widerstand • Phasenbeziehungen zwischen Stromstärke und Spannung an Spulen und Kondensatoren in Reihenschaltung, Zeigerdiagramm – Elektromagnetische Schwingungen <ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen im idealen Schwingkreis • zeitlicher Verlauf von Spannung, Stromstärke, elektrischer und magnetischer Feldenergie • Thomson'sche Schwingungsgleichung, Abhängigkeit der Periodendauer von system-beschreibenden Größen | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Wechselstromwiderstände X_L oder X_C | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Energie | Englisch, Spanisch, Russisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |

| Kompetenzschwerpunkt: Spezielle Relativitätstheorie | |
|--|---|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das Relativitätsprinzip und das Postulat der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit in Inertialsystemen erläutern – die Abhängigkeit der Masse eines Körpers von seiner Geschwindigkeit begründen und ihre Berücksichtigung bei Beschleunigern erläutern – die dynamische Masse und die relativistische kinetische Energie berechnen und mithilfe dieser Größen Phänomene in Natur und Technik erklären |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Experimente zum Nachweis des Äthers und zum Nachweis der Zeitdilatation bzw. Längenkontraktion beschreiben und auswerten – Gedankenexperimente darstellen, analysieren und die Relevanz der Einstein'schen Postulate reflektieren (z. B. Lichtsignale im Einsteinzug, Zwillingsparadoxon) – die Lorentz-Transformation als Verallgemeinerung der Galilei-Transformation nachvollziehen und den Lorentzfaktor zur Beschreibung relativistischer Phänomene wie Zeitdilatation, Längenkontraktion oder dynamischer Masse nutzen – die Gleichung zur Berechnung der relativistischen Masse aus der bei der Beschleunigung eines Körpers zugeführten Energie herleiten – das Relativitätsprinzip mit Ausblick auf die allgemeine Relativitätstheorie (schwere Masse - träge Masse, Ablenkung des Lichtes im Gravitationsfeld) erweitern – begründet entscheiden, ob ein konkretes physikalisches Problem eine relativistische Betrachtung erfordert |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Berücksichtigung der Erkenntnisse der Relativitätstheorie bei technischen Anwendungen recherchieren und auch unter Nutzung digitaler Medien adressatengerecht präsentieren |
| Bewertungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – philosophische Implikationen der Relativitätstheorie bezüglich der historischen Veränderung der Begriffe „absoluter Raum“ und „absolute Zeit“ erläutern – die Bedeutung der Energie-Masse-Beziehung für Erforschung und Nutzung der Kernspaltung und Kernfusion zur Energiegewinnung reflektieren – die Bedeutung der Erkenntnis, dass in der Sonne energiefreisetzende Kernfusionsprozesse stattfinden, aus historischer Sicht reflektieren |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> – Ausbreitung von Licht in und gegen die Bewegungsrichtung seiner Quelle <ul style="list-style-type: none"> • Galilei'sches Relativitätsprinzip, Galileitransformation • Ätherhypothese, Michelson-Experiment – Einsteinpostulate – Relativität der Zeit, Lorentz-Faktor <ul style="list-style-type: none"> • Uhrensynchronisation, Relativität der Gleichzeitigkeit • Zeitdilatation und Eigenzeit • Längenkontraktion – relativistische Massenzunahme <ul style="list-style-type: none"> • Ruhemasse • dynamische Masse, relativistischer Impuls • Ruheenergie • relativistische kinetische Energie • Teilchenbeschleuniger – Energie-Masse-Beziehung | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Energie | Englisch, Spanisch, Russisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Soziakunde, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |

| Kompetenzschwerpunkt: Eigenschaften von Quantenobjekten | |
|--|---|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie der Photoelektronen mit Bezug auf die Frequenz und die Intensität des Lichtes erläutern – Teilchen- und Welleneigenschaften von Photonen und Elektronen beschreiben – Quantenobjekte als quantenphysikalische Systeme von klassischen Objekten aufgrund besonderer Eigenschaften und des besonderen Verhaltens unterscheiden – die Gültigkeit des Energieerhaltungssatzes in der Quantenphysik an Beispielen aufzeigen, Energiebilanzen aufstellen und anwenden – die Wesenszüge der Quantenphysik an Beispielen und Experimenten, z. B. am Doppelspaltexperiment bzw. am Mach-Zehnder-Interferometer, qualitativ beschreiben – das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit deuten |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – den Widerspruch der experimentellen Befunde des Photoeffekts zur klassischen Physik erläutern und den Photoeffekt mithilfe der Einstein'schen Photonenhypothese deuten – Experimente zur Messung des Planck'schen Wirkungsquantums planen und auswerten – die Intensitätsverteilung des Doppelspaltexperiments quantitativ mit dem Zeigerformalismus beschreiben – die Superposition der Möglichkeiten vor dem quantenphysikalischen Messvorgang erkennen und die Konsequenzen des quantenphysikalischen Messvorgangs mit dem Wesenszug der Eindeutigkeit der Messergebnisse bewerten – an Beispielen die Bedeutung der Unbestimmtheitsrelation von Heisenberg für den Messprozess erläutern – Simulationssoftware bei der Untersuchung von Quantenobjekten nutzen, z. B. Experiment von Jönsson, Mach-Zehnder-Interferometer – Vorgänge beim Durchgang von Strahlung durch Materie am Beispiel des Compton-Effekts beschreiben |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Eigenschaften und das Verhalten von Quantenobjekten als Ergebnisse der Auswertung von Simulations- und Gedankenexperimenten präsentieren – Experimente aus der aktuellen Forschung mithilfe der Wesenszüge der Quantenphysik analysieren und präsentieren – die Grenzen des Teilchenmodells und des klassischen Wellenmodells aus verschiedenen Perspektiven in passender Struktur sowie sprachlich und fachsprachlich präzise reflektieren |

| | |
|--|--|
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der Beschreibung der Eigenschaften und des Verhaltens von Quantenobjekten (Photonen, Elektronen) im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen reflektieren und seine Bedeutung in Wissenschaft und Technik bewerten |
| Grundlegende Wissensbestände | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Zusammenhänge der Größen Energie, Impuls, Frequenz und Wellenlänge zur Beschreibung von Quantenobjekten <ul style="list-style-type: none"> • Photoeffekt, Deutung nach Einstein, Photonenhypothese • Energie von Photonen, Planck'sches Wirkungsquantum • Energiebilanz: $h \cdot f = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + W_A$, Einstein'sche Gerade • Impuls von Photonen – Welleneigenschaften von Elektronen <ul style="list-style-type: none"> • de Broglie-Beziehung • Interferenz am Doppelspalt – Experiment von Jönsson • Beugung in der Elektronenbeugungsröhre – Wechselwirkung von Photonen und Elektronen beim Compton-Effekt – Ort-Impuls-Unbestimmtheit <ul style="list-style-type: none"> • Unbestimmtheitsrelation von Heisenberg, z. B. $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h$ • Unmöglichkeit, einen Zustand zu präparieren, bei dem zueinander komplementäre Größen jeweils einen exakten Wert haben • quantenmechanischer Messvorgang und seine Konsequenzen – grundlegende Aspekte (Wesenszüge) der Quantentheorie: <ul style="list-style-type: none"> • Stochastische Vorhersagbarkeit • Interferenz und Superposition • Determiniertheit der Zufallsverteilung • Komplementarität zwischen Weginformation und Interferenzfähigkeit • Verschränkung und Nichtlokalität – Problematik der Übertragung von Begriffen aus der Anschauungswelt in die Quantenwelt – Vergleich: Klassisches Objekt und Quantenobjekt am Doppelspalt, Photon und Elektron als Quantenobjekt – stochastische Deutung mittels des Quadrats der quantenmechanischen Wellenfunktion (qualitativ) <ul style="list-style-type: none"> • Betragsquadrat der Wellenfunktion zur Beschreibung der Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte • Delayed-Choice-Experiment – Wahrscheinlichkeitsaussagen zu Interferenzversuchen mit einzelnen Photonen, Mach-Zehnder-Interferometer | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Bestimmung eines Näherungswertes für das Planck'sche Wirkungsquantum | |

| Kompetenzschwerpunkt: Quantenphysikalisches Atommodell | |
|---|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das quantenphysikalische Atommodell im Energiestufen- und Orbitalmodell des Wasserstoffatoms anwenden – den Versuchsaufbau des Franck-Hertz-Experimentes erklären – die Energiequantelung bei den Atomspektren nachweisen – die Wellenlänge von Spektrallinien aus den Energieniveaustufen berechnen |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Analogie stehender mechanischer Wellen und stehender Wellenfunktionen des Elektrons im Modell „Eindimensionaler Potenzialtopf“ erkennen sowie den Zusammenhang zwischen diesen stehenden Wellen und den Aufenthaltswahrscheinlichkeiten des Elektrons in der Atomhülle reflektieren – im Bereich der Quantenphysik den strengen Determinismus der klassischen Physik durch den Wesenszug der stochastischen Vorhersagbarkeit ersetzen – Simulationssoftware, z. B. zum Potenzialtopf, bei der Untersuchung von Quantenobjekten nutzen – Orbitale im quantenphysikalischen Atommodell als Folge besonderer Energiezustände erkennen – die Ergebnisse des Franck-Hertz-Experimentes mithilfe der Energiequantelung deuten – Entstehung des kontinuierlichen und diskreten Röntgenspektrums erklären |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – am Beispiel der historischen Entwicklung der Atommodelle aufzeigen, dass Widersprüche zwischen Realität und Modell zur Entwicklung eines quantenphysikalischen Atommodells geführt haben – Recherchen zu komplexen Problemen und Fragestellungen der Quantenphysik auch unter Nutzung digitaler Medien durchführen und präsentieren |
| Bewertungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – den Einfluss der Quantenphysik auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis und auf Veränderungen des Weltbildes bewerten – die Auswirkungen der physikalischen Weltbetrachtung mit scheinbar paradoxen Eigenschaften von Quantenobjekten, wie eingeschränkter Anschaulichkeit und unbeständigen Erscheinungsformen, die sich nicht mit unseren Alltagserfahrungen und Denktraditionen vereinbaren lassen, aber dennoch präzise Vorhersagen über das Verhalten von Quantenobjekten ermöglichen, anhand alltäglicher Anwendungen aus Medizin, Elektronik, Digital-, Laser- und Kommunikationstechnik reflektieren |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> – Modell „Eindimensionaler Potenzialtopf“ und seine Grenzen <ul style="list-style-type: none"> • diskrete Energiewerte, stehende Wellen, Wellenfunktion und Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron im Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden • begrenzte Gültigkeit dieser Modellvorstellung unter Berücksichtigung der Unbestimmtheitsrelation – qualitative Betrachtung eines quantenmechanischen Atommodells <ul style="list-style-type: none"> • Energiestufenmodell • Energiewerte für Wasserstoff • Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron in Abhängigkeit vom diskreten Energiezustand • Klassifizierung der Orbitale durch Quantenzahlen m, n und l • Ausblick auf Mehrelektronensysteme, Pauli-Prinzip – Emission und Absorption, Zusammenhang zwischen diskretem Spektrum und Energieniveauschema <ul style="list-style-type: none"> • Emission und Absorption als Energieabgabe und Anregung von Atomen, Franck-Hertz-Experiment • Veranschaulichung von Emission und Absorption im Energieniveauschema • Entstehung von Linienspektren • Entstehung des kontinuierlichen und des diskreten Röntgenspektrums | |
| Möglichkeiten zur Abstimmung in den Schuljahrgängen 12/13 | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Chemie: Stoff-Teilchen-Konzept auf die Komplexchemie übertragen (Elektronenverteilung in der Atomhülle mithilfe der Elektronenkonfiguration beschreiben) | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| <p>Innovation, Infrastruktur und Digitalität</p> | <p>Deutsch, Englisch, Französisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Ethikunterricht, Evangelischer Religionsunterricht, Katholischer Religionsunterricht, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre</p> |

Themenbereich: Praktika

| Kompetenzschwerpunkt: Experimentalpraktikum | |
|--|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Einheiten, Merkmale und Messmöglichkeiten wesentlicher physikalischer Größen angeben – Zusammenhänge zwischen ausgewählten mechanischen, elektromagnetischen und optischen Größen beschreiben – variable und konstant zu haltende Größen identifizieren – geeignete Messgeräte begründet auswählen und sicher einsetzen – aus Messwerten in vorgegebenen mathematischen Zusammenhängen Konstanten ermitteln |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – zu gegebenen Problemstellungen Hypothesen aufstellen und Experimente zu ihrer Überprüfung planen sowie selbstständig nach Vorgaben durchführen und auswerten <ul style="list-style-type: none"> • Bestimmung von physikalischen Größen bzw. Näherungswerten für Naturkonstanten (z. B. Brechzahl, Flusssdichte, Wirkungsquantum) • Bestimmung von Zusammenhängen zwischen physikalischen Größen (z. B. Länge einer Spule und magnetische Kraftwirkung) • Untersuchung physikalischer Vorgänge (z. B. Schwingungen, Entladung eines Kondensators) • Messwernerfassung mit Sensoren und Auswertung mithilfe des Computers (z. B. Ein- und Ausschaltvorgänge) – Messunsicherheiten als Teil des Messergebnisses beschreiben und verschiedene Möglichkeiten zur Verringerung von Messabweichungen aufzeigen – aus Messwerten mathematische Zusammenhänge ableiten – Phänomene physikalisch modellieren, dabei theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen – die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen beurteilen – die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten für die physikalische Erkenntnisgewinnung reflektieren |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – selbstständig auch digitale Quellen zur Vorbereitung und Auswertung der Experimente nutzen – Vorgehensweisen zur Lösung physikalischer Probleme unter Einbeziehung von Experimenten diskutieren – das Vorgehen und die Ergebnisse von Experimenten in verschiedenen Formen zusammenhängend darstellen und präsentieren – verschiedene Möglichkeiten der Durchführung eines Experiments vergleichen und bewerten |

| | |
|---|---|
| Bewertungs- kompetenz | – Risiken und Sicherheitsmaßnahmen beim Experimentieren mithilfe physikalischen Wissens bewerten und entsprechend berücksichtigen |
| Grundlegende Wissensbestände | |
| <ul style="list-style-type: none"> – experimentelle Methode – Verallgemeinerung, Gesetz – zufällige und systematische Messabweichungen – Messunsicherheiten | |
| Möglichkeiten zur Abstimmung in den Schuljahrgängen 12/13 | |
| – Chemie: Qualitative und quantitative Untersuchungen durchführen (Praktikum) | |

| Kompetenzschwerpunkt: Aufgabenpraktikum | |
|--|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – mathematische Modelle zur Beschreibung physikalischer Situationen anpassen und anwenden – die Mittel der Differential- und Integralrechnung gezielt nutzen – die zur Aufgabenbearbeitung vorgenommenen Vereinfachungen und Idealisierungen begründen |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – komplexe Aufgaben in Teilprobleme zerlegen und Bearbeitungsstrategien entwickeln – physikalische Probleme mit Skizzen veranschaulichen – aus gegebenen Daten mathematische Zusammenhänge ableiten und mit theoretischen Zusammenhängen in Beziehung setzen – die Eignung von Modellen oder Theorien für die Lösung von Problemen beurteilen |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – selbstständig Quellen zur Wiederholung von Kenntnissen, die zur Bearbeitung der Aufgaben notwendig sind, nutzen – aus den zu den Aufgaben gehörenden Materialien (Texte, Zeichnungen, Diagramme) relevante Informationen entnehmen – das Vorgehen zur Lösung physikalischer Probleme darstellen und diskutieren – die Lösung von Aufgaben nachvollziehbar und unter Einbeziehung fachspezifischer Formen darstellen – die erarbeitete Lösung und den Lösungsweg kritisch reflektieren und auf Plausibilität prüfen |
| Bewertungs-Kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – sich reflektiert und rational in einem außerfachlichen Kontext (z. B. Lärm, „Handystrahlung“, Informationsübertragung, Antennen und Sendemasten) ein eigenes Urteil bilden |

| Grundlegende Wissensbestände zu Lösungsstrategien | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – Energie- und Impulsbilanzen – Kraftansätze – Identifikation relevanter Größen – Analogiebetrachtungen – Reduktion der Komplexität (Vereinfachung und Idealisierung) – Auswahl von Modellen – Wahl eines geeigneten Bezugssystems – Bewertungsverfahren, z. B. Nutzwertanalyse | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Gesundheit und Wohlergehen | Deutsch, Englisch, Biologie, Geschichte, Ethikunterricht, Sport, Wirtschaftslehre, Rechnungswesen |
| Innovation, Infrastruktur und Digitalität | Deutsch, Englisch, Französisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Ethikunterricht, Evangelischer Religionsunterricht, Katholischer Religionsunterricht, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |
| Städte und Gemeinden | Englisch, Spanisch, Russisch, Geschichte, Geographie, Kunst, Wirtschaftslehre |

3.3.3 Zweistündiges Wahlfach

| Kompetenzschwerpunkt: Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen | |
|--|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – elektrische und magnetische Felder mit dem Modell „Feldlinien“ beschreiben – Nachweismöglichkeiten für elektrisches und magnetisches Feld beschreiben – die Kraftwirkungen in elektrischen und magnetischen Feldern beschreiben – das Entladen eines Kondensators qualitativ auch unter Beachtung der Parameter Kapazität und Widerstand beschreiben – Experimente zum Entladen eines Kondensators nach Anleitung durchführen und auswerten – das magnetische Feld einer stromdurchflossenen Spule als Träger von Energie erläutern |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – ein Experiment zum Entladen eines Kondensators planen und bei der Auswertung Messunsicherheiten qualitativ analysieren – den Zusammenhang von elektrischen und konstruktiven Größen am Plattenkondensator beschreiben – die idealisierte Beschreibung von elektrischen und magnetischen Feldern mit der Realität vergleichen – die Grenzen des Modells „Feldlinien“ aufzeigen |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – relevante Informationen aus Feldlinienbildern entnehmen und diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wiedergeben |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – den Einsatz von Speicherkondensatoren, z. B. in Fahrradrücklichtern, aus Sicht der Verkehrssicherheit beurteilen |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – Begriff des Feldes am Beispiel von elektrischen und magnetischen Feldern <ul style="list-style-type: none"> • Nachweismöglichkeiten • homogene und inhomogene Felder • Modell „Feldlinien“ und Feldlinienbilder • Kraftwirkung – elektrostatisches Feld <ul style="list-style-type: none"> • elektrische Ladungen als Quelle – elektrische Feldstärke – elektrisches Feld eines Plattenkondensators <ul style="list-style-type: none"> • Struktur des Feldes • Kapazität unter Beachtung von geometrischen Daten • Energie des elektrischen Feldes • Kondensator als Energiespeicher – magnetisches Feld <ul style="list-style-type: none"> • stromdurchflossener Leiter • stromdurchflossene Spule – magnetische Flussdichte | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Aufnahme der Entladekurve eines Kondensators | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Energie | Englisch, Spanisch, Russisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |

| Kompetenzschwerpunkt: Körper in statischen Feldern | |
|---|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Kraftwirkungen zwischen geladenen Körpern zur Erklärung von Bewegungen von elektrisch geladenen Körpern nutzen – Bewegungen elektrisch geladener Körper in homogenen elektrischen Feldern mithilfe des Superpositionsprinzips auch unter Nutzung von Simulationen beschreiben – die Bewegung elektrisch geladener Körper energetisch beschreiben und den Energieerhaltungssatz nutzen – die Entstehung der Lorentzkraft erklären und ihre Wirkungen mithilfe der UVW-Regel folgern – die Wirkungen von magnetischen Feldern auf die Bewegung von Ladungsträgern erklären |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Bewegung von Ladungsträgern im elektrischen Feld beschreiben |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Bahnen bewegter Ladungsträger im elektrischen Querfeld kausal korrekt strukturiert beschreiben – das elektromotorische Prinzip beschreiben und Richtungsbeziehungen am Beispiel des Schaukelversuches erläutern |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Funktion des Magnetfeldes der Erde auch als Schutzmantel vor kosmischer Strahlung begründen und die Bedeutung für die Entwicklung des Lebens reflektieren |
| Grundlegende Wissensbestände | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Kräfte auf Körper in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern <ul style="list-style-type: none"> • Lorentzkraft • Bahnformen (qualitativ) – Bewegung von Ladungsträgern im elektrischen Feld – Bewegung von Ladungsträgern im homogenen magnetischen Feld – Energiebetrachtungen von Körpern in homogenen elektrischen Feldern | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Gesundheit und Wohlergehen | Deutsch, Englisch, Biologie, Geschichte, Ethikunterricht, Sport, Wirtschaftslehre, Rechnungswesen |

| Kompetenzschwerpunkt: Veränderliche elektromagnetische Felder | |
|---|---|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die bei Versuchen zur Induktion beobachtbaren Phänomene erklären – den Betrag einer Induktionsspannung unter Verwendung des Induktionsgesetzes berechnen – die Funktionsweise eines Transformators erklären |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Induktionsspannungen als Ergebnis der wirkenden Lorentzkraft auf die Ladungsträger eines in einem Magnetfeld bewegten Leiters erklären – ein Experiment zum Transformator planen und auswerten |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das Auftreten einer Induktionsspannung unter Verwendung des Induktionsgesetzes fachsprachlich korrekt begründen |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – alltägliche Anwendungen der Induktion, z. B. Induktionsschleifen oder induktives Laden, reflektieren |
| Grundlegende Wissensbestände | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Induktion durch Änderung des magnetischen Flusses – Generatorprinzip als Umkehrung des elektromotorischen Prinzips – Induktionsspannung: $U_{\text{ind}} = -B \cdot l \cdot v$ – magnetischer Fluss – Induktionsgesetz (Differenzenquotient) – Anwendung des Induktionsgesetzes | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Transformatorgesetze | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Energie | Englisch, Spanisch, Russisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |

| Kompetenzschwerpunkt: Schwingungen | |
|---|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Entstehung mechanischer Schwingungen beschreiben – Energiebilanzen und Energieumwandlungen in schwingenden Systemen aufstellen und beschreiben – die Gleichung für die Periodendauer eines Fadenpendels anwenden – harmonische Schwingungen mithilfe der Kenngrößen beschreiben – die Sinusfunktion zur Beschreibung von harmonischen Schwingungen verwenden – elektromagnetische Schwingungen am Schwingkreis qualitativ unter energetischen Aspekten beschreiben und mit der Schwingung eines horizontalen eines Fadenpendels vergleichen |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Experimente zu mechanischen Schwingungen planen, durchführen und auswerten – an ausgewählten Beispielen empirische Daten realer Schwinger erheben, z. B. mit einer Videoanalyse – das Modell der harmonischen Schwingung zurück auf Alltagssituationen beziehen und seine Generalisierbarkeit reflektieren |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Entwicklung eigener, innerfachlicher Argumentationen nutzen, z. B. zur Beschreibung der Vorgänge in einem Schwingkreis |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Sicherheitsmaßnahmen zur Schwingungsdämpfung in Alltagssituationen beurteilen – sich reflektiert und rational in einem außerfachlichen Kontext ein eigenes Urteil bilden |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – mechanische Schwingungen <ul style="list-style-type: none"> • Schwingungsbegriff, Arten und Merkmale, Voraussetzungen für die Entstehung • Kenngrößen (Elongation, Amplitude, Frequenz, Periodendauer) und deren Zusammenhänge • Aufzeichnung, Darstellung und Beschreibung im $y(t)$-Diagramm • Energieumwandlungen – Energieumwandlungen am elektromagnetischen Schwingkreis (qualitativ) | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| – Fadenpendel | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Gesundheit und Wohlergehen | Deutsch, Englisch, Biologie, Geschichte, Ethikunterricht, Sport, Wirtschaftslehre, Rechnungswesen |
| Innovation, Infrastruktur und Digitalität | Deutsch, Englisch, Französisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Ethikunterricht, Evangelischer Religionsunterricht, Katholischer Religionsunterricht, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |
| Städte und Gemeinden | Englisch, Spanisch, Russisch, Geschichte, Geographie, Kunst, Wirtschaftslehre |

| Kompetenzschwerpunkt: Wellen | |
|-------------------------------------|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Ausbreitung mechanischer Wellen beschreiben und mit dem Huygens’schen Prinzip deuten – longitudinale und transversale Wellen vergleichen – Polarisation als Eigenschaft von Transversalwellen deuten – Licht als elektromagnetischen Sachverhalt beschreiben und in das elektromagnetische Spektrum einordnen – das Interferenzmuster von polychromatischem Licht am Gitter erklären – die Entstehung des Spektrums von weißem Licht am Doppelspalt erklären – die Reflexion einer erzeugten stehenden Welle zur Bestimmung der Wellenlänge anwenden |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Experimente zur Ausbreitung und Wellennatur des Lichtes planen, durchführen und quantitativ auswerten – Phänomene der Wellenoptik beobachten, beschreiben und erklären – Zusammenhänge zwischen optischen Phänomenen (Dispersion, Polarisation, Streuung) und Alltagserfahrungen herstellen – Interferenzphänomene für stehende Wellen beschreiben und erklären – Hypothesen zur Interferenz des Lichtes am Doppelspalt aufstellen sowie geeignete Untersuchungen und Experimente zur Überprüfung planen, durchführen und auswerten |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Sachverhalte und Phänomene der Wellenoptik unter Verwendung der Fachsprache im Wellenmodell mit geeigneten Analogien und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen und erklären – die Entstehung stehender Wellen in sachgerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge veranschaulichen – Eigenschaften und Anwendungen von Frequenzbereichen des elektromagnetischen Spektrums sach- und adressatengerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien präsentieren |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten (z. B. „Handystrahlung“) ein eigenes Urteil bilden |

| Grundlegende Wissensbestände | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – harmonische Wellen <ul style="list-style-type: none"> • Wellenbegriff, Arten und Merkmale • Voraussetzungen für die Entstehung, Kopplung, Energietransport, Ausbreitung • Kenngrößen (Elongation, Amplitude, Frequenz, Periodendauer, Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit) • Longitudinal- und Transversalwelle, lineare Polarisation – Wellenmodell des Lichtes <ul style="list-style-type: none"> • Licht als elektromagnetische Welle ohne Trägermedium • Wellenlängen und Frequenzen von monochromatischem Licht • Interferenz am Doppelspalt auch mit polychromatischem Licht • Superposition, Interferenz durch Beugung am Doppelspalt und Gitter in der Form $d \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda$ • Farben an dünnen Schichten – Spektrum elektromagnetischer Wellen – stehende Wellen – Bewertungsverfahren, z. B. Nutzwertanalyse | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Interferenz am Gitter mit monochromatischem Licht | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| <p>Gesundheit und Wohlergehen</p> | <p>Deutsch, Englisch, Biologie, Geschichte, Ethikunterricht, Sport, Wirtschaftslehre, Rechnungswesen</p> |

| Kompetenzschwerpunkt: Quantenobjekte | |
|---|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Teilchen- und Welleneigenschaften von Photonen und Elektronen beschreiben – Quantenobjekte als quantenphysikalische Systeme von klassischen Objekten aufgrund besonderer Eigenschaften und des besonderen Verhaltens unterscheiden – die Gültigkeit des Energieerhaltungssatzes in der Quantenphysik an Beispielen aufzeigen – die Wesenszüge der Quantenphysik an Beispielen und Experimenten, z. B. am Doppelspaltexperiment, erläutern |
| Erkenntnis-gewinnungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – den Widerspruch der experimentellen Befunde des Photoeffekts zur klassischen Physik erläutern und den Photoeffekt mithilfe der Einstein'schen Photonenhypothese deuten – ein Experiment zur Bestimmung eines Näherungswertes für das Planck'sche Wirkungsquantum planen und auswerten |
| Kommunikations-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Grenzen des Teilchenmodells und des klassischen Wellenmodells aus verschiedenen Perspektiven in passender Struktur und angemessener Fachsprache wiedergeben |
| Bewertungs-kompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der Beschreibung der Eigenschaften und des Verhaltens von Quantenobjekten (Photonen, Elektronen) im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen reflektieren und seine Bedeutung in Wissenschaft und Technik bewerten |
| Grundlegende Wissensbestände | |
| <ul style="list-style-type: none"> – grundlegende Aspekte (Wesenszüge) der Quantentheorie <i>im Überblick</i> <ul style="list-style-type: none"> • Stochastische Vorhersagbarkeit • Interferenz und Superposition • Determiniertheit der Zufallsverteilung • Komplementarität – Zusammenhänge der Größen Energie, Frequenz und Wellenlänge zur Beschreibung von Quantenobjekten – quantenphysikalisches Weltbild hinsichtlich der Begriffe Realität, Lokalität, Kausalität, Determinismus | |
| Verbindliche Schülerexperimente | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Bestimmung eines Näherungswertes für das Planck'sche Wirkungsquantum | |

| Kompetenzschwerpunkt: Atomvorstellungen | |
|---|--|
| Sachkompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – die Entstehung von Absorptions- und Emissionslinien unter Nutzung eines Energieniveauschemas erklären – das quantenphysikalische Atommodell im Energiestufen- und Orbitalmodell des Wasserstoffatoms anwenden – die Wellenlänge von Spektrallinien aus den Energieniveaustufen berechnen |
| Erkenntnisgewinnungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Orbitale im quantenphysikalischen Atommodell als Folge besonderer Energiezustände erkennen – Fragestellungen zur Analyse von Linienspektren entwickeln |
| Kommunikationskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – Orbitale des Wasserstoffatoms mithilfe geeigneter Software veranschaulichen – Recherchen zu Problemen und Fragestellungen der Quantenphysik auch unter Nutzung digitaler Medien durchführen und präsentieren |
| Bewertungskompetenz | <ul style="list-style-type: none"> – den Einfluss der Quantenphysik auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis und auf Veränderungen des Weltbildes bewerten – alltägliche Anwendungen in der Medizin, Elektronik, Digital-, Laser- oder Kommunikationstechnik reflektieren |
| Grundlegende Wissensbestände | |
| <ul style="list-style-type: none"> – qualitative Betrachtung eines quantenmechanischen Atommodells <ul style="list-style-type: none"> • Energiestufenmodell • Energiewerte für Wasserstoff • Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron in Abhängigkeit vom diskreten Energiezustand – Emission und Absorption, Zusammenhang zwischen diskretem Spektrum und Energieniveauschema <ul style="list-style-type: none"> • Emission und Absorption als Energieabgabe und Anregung von Atomen • Entstehung von Linienspektren | |
| Bezüge zu den fächerübergreifenden Themen (gemäß Grundsatzband Kap. 4) | |
| Innovation, Infrastruktur und Digitalität | Deutsch, Englisch, Französisch, Biologie, Chemie, Geschichte, Sozialkunde, Ethikunterricht, Evangelischer Religionsunterricht, Katholischer Religionsunterricht, Geographie, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre |