

Ministerium für Bildung,  
Jugend und Sport  
Land Brandenburg

# Rahmenlehrplan

für den Unterricht in der  
gymnasialen Oberstufe im  
Land Brandenburg



## Physik

## **IMPRESSUM**

### **Erarbeitung**

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

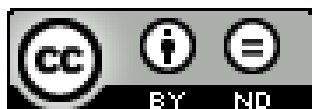
### **Herausgeber**

Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg

### **Gültigkeit des Rahmenlehrplans**

Gültig ab 1. August 2018

Der Rahmenlehrplan gilt für Schülerinnen und Schüler, die ab dem Schuljahr 2018/19 in die Einführungsphase an Gesamtschulen und beruflichen Gymnasien eintreten und ab dem Schuljahr 2019/20 in die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe eintreten oder diese aus anderen Gründen beginnen.



Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg 2018  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.de>

# Inhaltsverzeichnis

Einführungsphase .....	5
1 Bildung und Erziehung in der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe .....	7
1.1 Grundsätze .....	7
1.2 Lernen und Unterricht.....	8
1.3 Leistungsfeststellung und Leistungsbewertung .....	9
2 Beitrag des Faches Physik zum Kompetenzerwerb.....	11
2.1 Fachprofil .....	11
2.2 Fachbezogene Kompetenzen.....	11
3 Eingangsvoraussetzungen und abschlussorientierte Standards.....	15
3.1 Eingangsvoraussetzungen .....	15
3.2 Abschlussorientierte Standards.....	18
4 Kompetenzen und Inhalte.....	23
1. Kurshalbjahr: Eigenschaften und Anwendungen von Feldern (Grundkurs) .....	24
2. Kurshalbjahr: Schwingungen und Wellen (Grundkurs) .....	26
3. Kurshalbjahr: Quantenobjekte und atomare Systeme (Grundkurs) .....	28
4. Kurshalbjahr: Radioaktivität, Atomkerne (Grundkurs) .....	29
1. Kurshalbjahr: Eigenschaften und Anwendungen von Feldern (Leistungskurs).....	30
2. Kurshalbjahr: Schwingungen und Wellen (Leistungskurs) .....	33
3. Kurshalbjahr: Quantenobjekte und atomare Systeme (Leistungskurs).....	35
4. Kurshalbjahr: Radioaktivität, Atomkerne (Leistungskurs).....	37



## Einführungsphase

### Zielsetzung

Im Unterricht der Einführungsphase vertiefen und erweitern die Schülerinnen und Schüler die in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen und bereiten sich auf die Arbeit in der Qualifikationsphase vor. Spätestens am Ende der Einführungsphase erreichen sie die für ein erfolgreiches Lernen in der Qualifikationsphase notwendigen Voraussetzungen.

Die für die Qualifikationsphase beschriebenen Grundsätze für Unterricht und Erziehung sowie die Ausführungen zum Beitrag des Faches zum Kompetenzerwerb gelten für die Einführungsphase entsprechend. Die Schülerinnen und Schüler erhalten die Möglichkeit, Stärken weiterzuentwickeln und Defizite auszugleichen. Sie vertiefen bzw. erwerben fachbezogen und fachübergreifend Grundlagen für wissenschaftspropädeutisches Arbeiten und bewältigen zunehmend komplexe Aufgabenstellungen selbstständig. Hierzu gehören auch die angemessene Verwendung der Sprache und die Nutzung von funktionalen Lesestrategien. Dabei wenden sie fachliche und methodische Kenntnisse und Fertigkeiten mit wachsender Sicherheit selbstständig an.

Zur Vorbereitung auf die Arbeit in der jeweiligen Kursform erhalten die Schülerinnen und Schüler individuelle Lernspielräume und werden von ihren Lehrkräften unterstützt und beraten. Notwendig ist darüber hinaus das Hinführen zur schriftlichen Bearbeitung umfangreicherer Aufgaben im Hinblick auf die Klausuren in der gymnasialen Oberstufe.

In der Einführungsphase kommen Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Kenntnissen und Fähigkeiten zusammen. Aufgabe des Unterrichts der Einführungsphase ist es, dass die Schülerinnen und Schüler die im Rahmenlehrplan 1–10 ausgewiesenen fachbezogenen Niveaustufen H erwerben, um den Übergang in die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe erfolgreich bewältigen zu können. Je nach Interessen und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler werden fachspezifische Verfahren, Techniken und Strategien im Hinblick auf die Anforderungen des Kurses vertieft, indem z. B. binnendifferenziert gearbeitet und dabei die Herausbildung größerer Lernerautonomie gefördert wird.



# 1 Bildung und Erziehung in der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe

## 1.1 Grundsätze

In der Qualifikationsphase erweitern und vertiefen die Schülerinnen und Schüler ihre bis dahin erworbenen Kompetenzen mit dem Ziel, sich auf die Anforderungen eines Hochschulstudiums oder einer beruflichen Ausbildung vorzubereiten. Sie handeln zunehmend selbstständig und übernehmen Verantwortung in gesellschaftlichen Gestaltungsprozessen. Die Grundlagen für das Zusammenleben und -arbeiten in einer demokratischen Gesellschaft und für das friedliche Zusammenleben der Völker sind ihnen vertraut. Die Lernenden erweitern ihre interkulturelle Kompetenz und bringen sich im Dialog und in der Kooperation mit Menschen unterschiedlicher kultureller Prägung aktiv und gestaltend ein. Eigene und gesellschaftliche Perspektiven werden von ihnen zunehmend sachgerecht eingeschätzt. Die Lernenden übernehmen Verantwortung für sich und ihre Mitmenschen, für die Gleichberechtigung der Menschen ungeachtet des Geschlechts, der Abstammung, der Sprache, der Herkunft, einer Behinderung, der religiösen und politischen Anschauungen, der sexuellen Identität und der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Stellung. Im Dialog zwischen den Generationen nehmen sie eine aktive Rolle ein. Sie setzen sich mit wissenschaftlichen, technischen, rechtlichen, politischen, sozialen und ökonomischen Entwicklungen auseinander, nutzen deren Möglichkeiten und schätzen Handlungsspielräume, Perspektiven und Folgen zunehmend sachgerecht ein. Sie gestalten Meinungsbildungsprozesse und Entscheidungen mit und eröffnen sich somit vielfältige Handlungsalternativen.

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

**Kompetenz-  
erwerb**

Die Eingangsvoraussetzungen verdeutlichen den Stand der Kompetenzentwicklung, den die Lernenden beim Eintritt in die Qualifikationsphase erreicht haben sollten. Mit entsprechender Eigeninitiative und gezielter Förderung können auch Schülerinnen und Schüler die Qualifikationsphase erfolgreich absolvieren, die die Eingangsvoraussetzungen zu Beginn der Qualifikationsphase noch nicht im vollen Umfang erfüllt haben.

**Standard-  
orientierung**

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

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

**Themenfelder  
und Inhalte**

Die Schülerinnen und Schüler entfalten anschlussfähiges und vernetztes Denken und Handeln als Grundlage für lebenslanges Lernen, wenn sie die in einem Lernprozess erworbenen Kompetenzen auf neue Lernbereiche übertragen und für eigene Ziele und Anforderungen in Schule, Studium, Beruf und Alltag nutzbar machen können.

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

**Schulinternes Curriculum** Der Rahmenlehrplan ist die verbindliche Basis für die Gestaltung des schulinternen Curriculums, in dem der Bildungs- und Erziehungsauftrag von Schule standortspezifisch konkretisiert wird. Dazu werden fachbezogene, fachübergreifende und fächerverbindende Entwicklungsschwerpunkte sowie profilbildende Maßnahmen festgelegt.

Die Kooperation innerhalb der einzelnen Fachbereiche ist dabei von ebenso großer Bedeutung wie fachübergreifende Absprachen und Vereinbarungen. Beim Erstellen des schulinternen Curriculums werden regionale und schulspezifische Besonderheiten sowie die Neigungen und Interessenlagen der Lernenden einbezogen. Dabei arbeiten alle an der Schule Beteiligten zusammen und nutzen auch die Anregungen und Kooperationsangebote externer Partner.

Zusammen mit dem Rahmenlehrplan nutzt die Schule das schulinterne Curriculum als ein prozessorientiertes Steuerungsinstrument im Rahmen von Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung. Im schulinternen Curriculum werden überprüfbare Ziele formuliert, die die Grundlage für eine effektive Evaluation des Lernens und des Unterrichts in der Qualifikationsphase bilden.

## 1.2 Lernen und Unterricht

**Mitverantwortung und Mitgestaltung von Unterricht** Das Lernen und Lehren in der Qualifikationsphase muss dem besonderen Entwicklungsabschnitt gerecht werden, in dem die Jugendlichen zu jungen Erwachsenen werden. Dies geschieht vor allem dadurch, dass die Lernenden Verantwortung für den Lernprozess und den Lernerfolg übernehmen und sowohl den Unterricht als auch das eigene Lernen aktiv selbst gestalten.

**Inklusives Lernen** Die Einhaltung der Grundsätze inklusiven Lernens ermöglicht allen Lernenden eine Teilhabe am Lernprozess – ungeachtet eventueller individueller Beeinträchtigungen.

**Lernen als individueller Prozess** Beim Lernen konstruiert jede/jeder Einzelne ein für sich selbst bedeutsames Abbild der Wirklichkeit auf der Grundlage ihres/seines individuellen Wissens und Könnens sowie ihrer/seiner Erfahrungen und Einstellungen. Dieser Tatsache wird durch eine Lernkultur Rechnung getragen, in der sich die Schülerinnen und Schüler ihrer eigenen Lernwege bewusst werden, diese weiterentwickeln, unterschiedliche Lösungen reflektieren und selbstständig Entscheidungen treffen. So wird lebenslanges Lernen angebahnt und die Grundlage für motiviertes, durch Neugier und Interesse geprägtes Handeln ermöglicht. Fehler und Umwege werden dabei als bedeutsame Bestandteile von Erfahrungs- und Lernprozessen angesehen.

**Phasen des Anwendens** Neben der Auseinandersetzung mit dem Neuen sind Phasen des Anwendens, des Übens, des Systematisierens sowie des Vertiefens und Festigens für erfolgreiches Lernen von großer Bedeutung. Solche Lernphasen ermöglichen auch die gemeinsame Suche nach Anwendungen für neu erworbenes Wissen und verlangen eine variantenreiche Gestaltung im Hinblick auf Übungssituationen, in denen vielfältige Methoden und Medien zum Einsatz gelangen.



Lernumgebungen werden so gestaltet, dass sie das selbst gesteuerte Lernen von Schülerinnen und Schülern fördern. Sie unterstützen durch den Einsatz von Medien sowie zeitgemäßer Kommunikations- und Informationstechnik sowohl die Differenzierung individueller Lernprozesse als auch das kooperative Lernen. Dies trifft sowohl auf die Nutzung von multimedialen und netzbasierten Lernarrangements als auch auf den produktiven Umgang mit Medien zu. Moderne Lernumgebungen ermöglichen es den Lernenden, eigene Lern- und Arbeitsziele zu formulieren und zu verwirklichen sowie eigene Arbeitsergebnisse auszuwerten und zu nutzen.

**Lernumgebung**

Die Integration geschlechtsspezifischer Perspektiven in den Unterricht fördert die Wahrnehmung und Stärkung der Lernenden mit ihrer Unterschiedlichkeit und Individualität. Sie unterstützt die Verwirklichung von gleichberechtigten Lebensperspektiven. Die Schülerinnen und Schüler werden bestärkt, unabhängig von tradierten Rollenfestlegungen Entscheidungen über ihre berufliche und persönliche Lebensplanung zu treffen.

**Gleichberechtigung von Mann und Frau**

Durch fachübergreifendes Lernen werden Inhalte und Themenfelder in größerem Kontext erfasst, außerfachliche Bezüge hergestellt und gesellschaftlich relevante Aufgaben verdeutlicht. Die Vorbereitung und die Durchführung von fächerverbindenden Unterrichtsvorhaben und Projekten fördern die Zusammenarbeit von Lehrkräften und ermöglichen allen Beteiligten eine multiperspektivische Wahrnehmung.

**Fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen**

Im Rahmen von Projekten, an deren Planung und Organisation sich die Schülerinnen und Schüler aktiv beteiligen, werden über Fächergrenzen hinaus Lernprozesse vollzogen und Lernprodukte erstellt. Dabei nutzen Lernende überfachliche Fähigkeiten und Fertigkeiten auch zum Dokumentieren und Präsentieren. Auf diese Weise bereiten sie sich auf das Studium und ihre spätere Berufstätigkeit vor.

**Projektarbeit**

Außerhalb der Schule gesammelte Erfahrungen, Kenntnisse und erworbene Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler werden in die Unterrichtsarbeit einbezogen. Zur Vermittlung solcher Erfahrungen werden ebenso die Angebote außerschulischer Lernorte, kultureller oder wissenschaftlicher Einrichtungen sowie staatlicher und privater Institutionen genutzt. Die Teilnahme an Projekten und Wettbewerben, an Auslandsaufenthalten und internationalen Begegnungen hat ebenfalls eine wichtige Funktion; sie erweitert den Erfahrungshorizont der Schülerinnen und Schüler und trägt zur Stärkung ihrer interkulturellen Handlungsfähigkeit bei.

**Einbeziehung außerschulischer Erfahrungen**

### 1.3 Leistungsfeststellung und Leistungsbewertung

Wichtig für die persönliche Entwicklung der Schülerinnen und Schüler ist eine individuelle Beratung, die die Stärken der Lernenden aufgreift und Lernergebnisse nutzt, um Lernfortschritte auf der Grundlage nachvollziehbarer Anforderungs- und Bewertungskriterien zu beschreiben und zu fördern.

So lernen die Schülerinnen und Schüler, ihre eigenen Stärken und Schwächen sowie die Qualität ihrer Leistungen realistisch einzuschätzen und kritische Rückmeldungen und Beratung als Chance für die persönliche Weiterentwicklung zu verstehen. Sie lernen außerdem, anderen Menschen faire und sachliche Rückmeldungen zu geben, die für eine produktive Zusammenarbeit und ein erfolgreiches Handeln unerlässlich sind.

Die Anforderungen in Aufgabenstellungen orientieren sich im Verlauf der Qualifikationsphase zunehmend an der Vertiefung von Kompetenzen und den abschlussorientierten Standards sowie an den Aufgabenformen und der Dauer der Abiturprüfung. Die Aufgabenstellungen sind so offen, dass sie von den Lernenden eine eigene Gestaltungsleistung abverlangen. Die von den Schülerinnen und Schülern geforderten Leistungen orientieren sich an lebens- und arbeitsweltbezogenen Textsorten und Aufgabenstellungen, die einen Beitrag zur Vorbereitung der Lernenden auf ihr Studium und ihre spätere berufliche Tätigkeit liefern.

**Aufgabenstellungen**

- Schriftliche Leistungen** Neben den Klausuren fördern umfangreichere schriftliche Arbeiten in besonderer Weise bewusstes methodisches Vorgehen und motivieren zu eigenständigem Lernen und Forschen.
- Mündliche Leistungen** Den mündlichen Leistungen kommt eine große Bedeutung zu. In Gruppen und einzeln erhalten die Schülerinnen und Schüler Gelegenheit, ihre Fähigkeit zum reflektierten und sachlichen Diskurs und Vortrag und zum mediengestützten Präsentieren von Ergebnissen unter Beweis zu stellen.
- Praktische Leistungen** Praktische Leistungen können in allen Fächern eigenständig oder im Zusammenhang mit mündlichen oder schriftlichen Leistungen erbracht werden. Die Schülerinnen und Schüler erhalten so die Gelegenheit, Lernprodukte selbstständig allein und in Gruppen herzustellen und wertvolle Erfahrungen zu sammeln.

## 2 Beitrag des Faches Physik zum Kompetenzerwerb

### 2.1 Fachprofil

Die Schülerinnen und Schüler nehmen die Natur unter physikalischen Aspekten wahr. Sie beschreiben und erklären physikalische Phänomene, kommunizieren über physikalische Sachverhalte und sind in der Lage, auf der Grundlage von physikalischem Wissen persönlich, sachbezogen und kritikoffen Stellung zu beziehen.

Die Entwicklung physikalischer Erkenntnisse ist ein historisch-dynamischer Prozess. Die Verfügbarkeit physikalischen Wissens stellt eine wesentliche Voraussetzung für verantwortungsbewusstes, gesellschaftspolitisches Handeln und sachbezogenes, öffentliches Diskutieren physikalischer Themen dar.

Die Schülerinnen und Schüler erkennen die Physik als theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft. Dabei besitzen das Formalisieren und das Mathematisieren physikalischer Sachverhalte einen hohen Stellenwert. Hierdurch wird ein wichtiger Beitrag zur Entwicklung abstrakten und funktionalen Denkens geleistet.

Die Schülerinnen und Schüler wenden physikalische Methoden an, die auch in anderen lebensweltlichen Zusammenhängen von Bedeutung sind, wie z. B. das Aufstellen und das Prüfen von Hypothesen und das Experimentieren.

Die Schülerinnen und Schüler erwerben grundlegende Kenntnisse und Fähigkeiten, die ihnen das Verstehen und Beherrschen physikalisch-technischer Geräte und Systeme in der Alltagswelt ermöglichen bzw. erleichtern.

Eine große Zahl von Studien- und Ausbildungsgängen setzt physikalische Kenntnisse und Fähigkeiten voraus. Der Erwerb entsprechender Kompetenzen stellt somit eine wichtige Voraussetzung für den Übergang der Schülerinnen und Schüler in das Studium und in das Berufsleben dar.

Bei der Behandlung verschiedener Inhalte ist die Verdeutlichung übergreifender Konzepte der Physik von besonderer Wichtigkeit. Hierdurch kann den Schülerinnen und Schülern eine systematische Wissensaneignung erleichtert werden, die sich nicht vordergründig an physikalischen Inhalten, sondern an den wesentlichen Prinzipien und Konzepten der Physik orientiert. Hierzu können zählen: Universalität der Naturgesetze, Objektivierung und Mathematisierung, Determinismus, Indeterminismus, Erhaltung, Symmetrie, Kausalität, System – Teilsystem, Wechselwirkung, Energie.

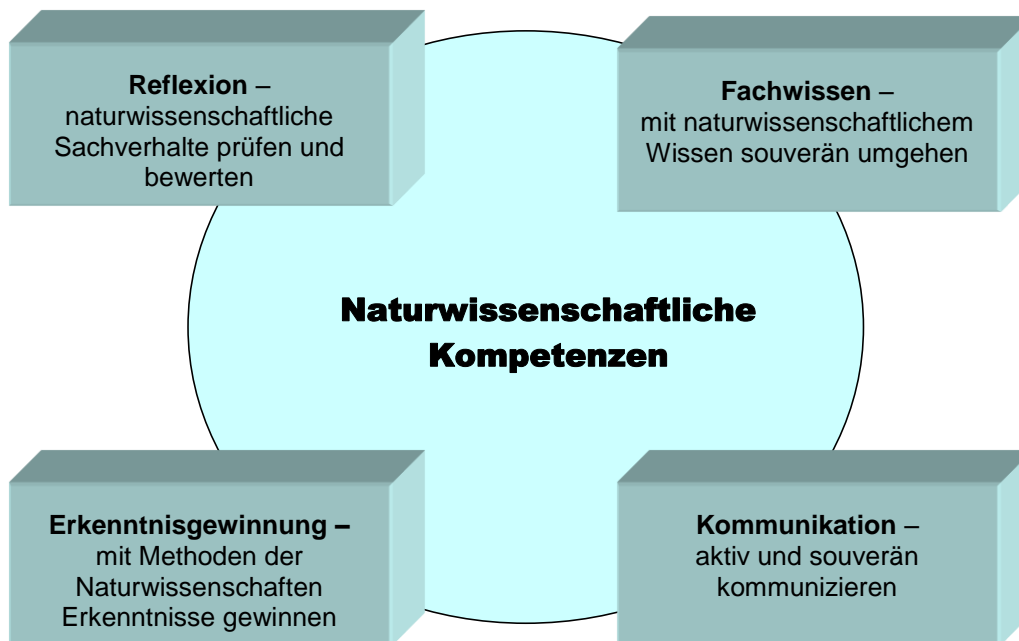
### 2.2 Fachbezogene Kompetenzen

Naturwissenschaftliches Arbeiten erfolgt unabhängig von der speziellen Fachrichtung häufig nach ähnlichen Prinzipien. Daher weisen die im Fach Physik und die in den anderen naturwissenschaftlichen Fächern zu erwerbenden Kompetenzen viele Gemeinsamkeiten auf. Um diese Gemeinsamkeiten zu verdeutlichen und Anhaltspunkte für fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten zu geben, sind nachfolgend die Kompetenzen für die naturwissenschaftlichen Fächer gemeinsam beschrieben. In den Eingangsvoraussetzungen und in den abschlussorientierten Standards werden sie auf das Fach Physik bezogen und die Anforderungen für den Grund- und Leistungskurs beschrieben.

Der Kompetenzerwerb in der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe erfolgt aufbauend auf den in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen. Die Schülerinnen und Schüler vertiefen ihr Verständnis vom Wesen der Naturwissenschaften, ihrer Wechselbeziehung zur Gesellschaft, zur Umwelt und zur Technik.

Bei der Bearbeitung naturwissenschaftlicher Fragestellungen erschließen, verwenden und reflektieren die Schülerinnen und Schüler die grundlegenden Konzepte und Ideen der Naturwissenschaften. Mit ihrer Hilfe verknüpfen sie nachhaltig neue Erkenntnisse mit bereits vorhandenem Wissen.

Sie bilden diejenigen Kompetenzen weiter aus, mit deren Hilfe sie naturwissenschaftliche Untersuchungen durchführen, Probleme unter Verwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden lösen, über naturwissenschaftliche Themen kommunizieren und auf der Grundlage der Kenntnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge Entscheidungen verantwortungsbewusst treffen und reflektieren.



### **Fachwissen – mit naturwissenschaftlichem Wissen souverän umgehen**

Fachwissen wird hier funktional im Sinne der Anwendung von Kenntnissen verstanden. Das bedeutet z. B.:

Die Schülerinnen und Schüler identifizieren naturwissenschaftliche Aspekte in alltäglichen Situationen und setzen diese in Beziehung zu ihren naturwissenschaftlichen Kenntnissen und Erfahrungen. Mithilfe ihres Wissens bringen sie sich in die Diskussion alltäglicher und naturwissenschaftlicher Probleme ein. Bei der Bearbeitung bisher unbekannter naturwissenschaftlicher Problem- und Fragestellungen verwenden sie ihre vorhandenen Kenntnisse, ihre methodischen Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie heuristische Strategien und erschließen sich ggf. weitere erforderliche Informationen auch aus fremdsprachigen Texten. Sie deuten und präsentieren die Ergebnisse und setzen sie in Beziehung zu vorhandenen Kenntnissen.

### **Erkenntnisgewinnung – mit den Methoden der Naturwissenschaften Erkenntnisse gewinnen**

Die Schülerinnen und Schüler wenden die Methoden und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften an, um neue Erkenntnisse über naturwissenschaftliche Erscheinungen und Sachverhalte zu erwerben oder zu bestätigen und um das Auftreten bisher unbekannter Phänomene vorauszusagen. Das bedeutet z. B.:

Die Schülerinnen und Schüler erfassen natürliche Phänomene oder technische Effekte zielorientiert, indem sie beobachten und messen. Sie werten die Beobachtungs- und Messdaten mithilfe mathematischer oder vergleichender Methoden aus. Sie reflektieren die Ergebnisse und setzen sie in Beziehung zu vorhandenen Erkenntnissen. Sie entwickeln dabei neue Modelle oder modifizieren vorhandene. Mithilfe von Modellen beschreiben, erklären und prognostizieren sie natürliche Phänomene und technische Effekte.

### **Kommunikation – aktiv und souverän kommunizieren**

Die sichere Anwendung aller Formen der Kommunikation, ebenfalls unter Verwendung von Fremdsprachen, ist eine wichtige Voraussetzung für die aktive Teilnahme am politischen, kulturellen und wirtschaftlichen Leben sowie für wissenschaftliches Arbeiten. Das bedeutet z. B.:

Die Schülerinnen und Schüler diskutieren und vermitteln naturwissenschaftliche Phänomene, Vorgänge, Sachverhalte und Zusammenhänge unter Verwendung der Fachsprache situationsangemessen, zielorientiert und adressatengerecht. Sie nutzen Medien und Technologien zum Präsentieren unterschiedlicher Inhalte und reflektieren deren Einsatz.

### **Reflexion – naturwissenschaftliche Sachverhalte prüfen und bewerten**

Die mit naturwissenschaftlichen Methoden gewonnenen Erkenntnisse sowie deren Anwendung haben Auswirkungen auf Individuum und Gesellschaft. Daraus resultiert die Forderung nach einem bewussten und verantwortungsvollen Umgang mit ihnen.

Das bedeutet z. B.:

Die Schülerinnen und Schüler hinterfragen und überprüfen naturwissenschaftliche Aussagen und Situationen und bewerten diese in Relation zu den vorhandenen Informationen. Sie setzen naturwissenschaftliche Aussagen in Beziehung zu gesellschaftlich relevanten Fragestellungen. Sie prüfen, diskutieren und bewerten Anwendungsmöglichkeiten und deren individuelle sowie gesellschaftliche Folgen in Bereichen wie Technik, Gesundheit und Umwelt. Sie gestalten Meinungsbildungsprozesse und Entscheidungen mit und finden dabei für sich verschiedene Handlungsmöglichkeiten.



### 3 Eingangsvoraussetzungen und abschlussorientierte Standards

#### 3.1 Eingangsvoraussetzungen

Für einen erfolgreichen Kompetenzerwerb in der gymnasialen Oberstufe sollten die Schülerinnen und Schüler zu Beginn der Qualifikationsphase bestimmte fachliche Anforderungen bewältigen. Diese sind in den Eingangsvoraussetzungen dargestellt und identisch mit den H-Standards des Rahmenlehrplans für die Jahrgangsstufen 1–10, Teil C Physik. Die H-Standards setzen jeweils die Kompetenzen auf den vorgelagerten Niveaustufen voraus. Den Schülerinnen und Schülern ermöglichen sie, sich ihres Leistungsstandes zu vergewissern. Lehrkräfte nutzen sie für differenzierte Lernarrangements sowie zur individuellen Lernberatung.

#### Mit Fachwissen umgehen

##### Basiskonzept: Struktur der Materie

	Eigenschaften von Stoffen und Körpern	Teilchenvorstellungen
	Die Schülerinnen und Schüler können	
<b>G</b>	Wechselwirkungen zwischen radioaktiver Strahlung und Materie beschreiben.	
<b>H</b>		Möglichkeiten und Grenzen von Teilchenmodellen erläutern.

##### Basiskonzept: System

	Systembegriff	Entwicklung von Systemen
	Die Schülerinnen und Schüler können	
<b>H</b>	die Bahngeschwindigkeit bei gleichförmigen Kreisbewegungen berechnen.	die Entwicklung von Systemen qualitativ und in Ansätzen quantitativ beschreiben und erklären.

##### Basiskonzept: Wechselwirkung

	Kräfte in der Mechanik	Elektrische und magnetische Felder	Wechselwirkungen in der Optik/Strahlung
	Die Schülerinnen und Schüler können		
<b>H</b>	die Ursachen mechanischer Schwingungen mithilfe von Rückstellkraft und Trägheit erklären.	das Entstehen einer Induktionsspannung qualitativ erläutern.	Totalreflexion im Strahlenmodell erläutern.

## Basiskonzept: Energie

	Energieumwandlungen	Energieerhaltung	Bereitstellung und Nutzung von Energie
	Die Schülerinnen und Schüler können		
<b>G</b>	kinetische und potenzielle Energien in natürlichen und technischen Prozessen identifizieren und berechnen.	mithilfe von Energieansätzen Probleme lösen.	Wirkungsgrade bei Energieumwandlungen berechnen und bewerten.
<b>H</b>			

## Erkenntnisse gewinnen

### Beobachten, Vergleichen, Ordnen

	Beobachten	Vergleichen und Ordnen
	Die Schülerinnen und Schüler können	
<b>G</b> <b>H</b>	Deutungen aus Beobachtungen auf einen neuen Sachverhalt anwenden.	nach einem übergeordneten Vergleichskriterium ordnen und vergleichen.

## Naturwissenschaftliche Untersuchungen durchführen

	Fragestellung	Hypothesenbildung	Planung und Durchführung	Auswertung und Reflexion
	Die Schülerinnen und Schüler können			
<b>H</b>	ein theoretisches Konzept zur Bearbeitung einer naturwissenschaftlichen Fragestellung heranziehen.	aufgestellte Hypothesen bestätigen oder nach Widerlegung weitere Hypothesen entwickeln.	den Untersuchungsplan und die praktische Umsetzung beurteilen.	Daten, Trends und Beziehungen interpretieren, diese erklären und weiterführende Schlussfolgerungen ableiten.

## Mit Modellen umgehen

	Nutzen	Testen	Ändern
	Die Schülerinnen und Schüler können		
<b>G</b> <b>H</b>	mit Modellen naturwissenschaftliche Sachverhalte vorhersagen.	mithilfe von Modellen Hypothesen ableiten.	Modelle ändern, wenn die aus ihnen abgeleiteten Hypothesen widerlegt sind.

## Elemente der Mathematik anwenden

	Mit naturwissenschaftlichen Größen umgehen	Messwerte erfassen	Mathematische Verfahren anwenden
	Die Schülerinnen und Schüler können		
<b>H</b>	Zusammenhänge zwischen Größen unter Verwendung von Gleichungen und Diagrammen erläutern.	grobe, zufällige und systematische Fehler unterscheiden.	mathematische Verfahren bei der Auswertung von gemessenen oder recherchierten Daten begründet auswählen.



## Kommunizieren

### Informationen erschließen – Textrezeption (mündlich und schriftlich)

	Recherchieren	Informationen aus grafischen Darstellungen entnehmen
	Die Schülerinnen und Schüler können	
<b>H</b>	die Seriosität und fachliche Relevanz von Informationen in verschiedenen Medien bewerten/hinterfragen.	die Aussagekraft von Darstellungen bewerten und hinterfragen.

### Informationen weitergeben – Textproduktion (mündlich und schriftlich)

	Darstellungsformen wechseln	Texte zu Sachverhalten produzieren	Dokumentieren	Präsentieren
	Die Schülerinnen und Schüler können			
<b>G H</b>	kontinuierliche Texte in Fachsprache umwandeln (z. B. Größengleichungen, Symbole, Diagramme).	naturwissenschaftliche Sachverhalte adressaten- und sachgerecht in verschiedenen Darstellungsformen erklären.	anhand des Protokolls den Versuch erläutern.	Medien für eine Präsentation kriterienorientiert auswählen und die Auswahl reflektieren.

### Argumentieren – Interaktion

	Schlüssige Begründungen von Aussagen formulieren
	Die Schülerinnen und Schüler können
<b>H</b>	Widersprüche in einer Argumentation erläutern.

### Über (Fach-)Sprache nachdenken – Sprachbewusstheit

	Sprache im Fachunterricht thematisieren	Alltags- und Fachsprache bewusst verwenden
	Die Schülerinnen und Schüler können	
<b>G H</b>	naturwissenschaftliche Sachverhalte fachsprachlich präzisieren.	Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftlichen Sachverhalten und Alltagserscheinungen herstellen und dabei bewusst Fachsprache in Alltagssprache übersetzen und umgekehrt.

### 3.2 Abschlussorientierte Standards

Im Hinblick auf die zu vermittelnden Kompetenzen unterscheiden sich die Anforderungen im Grund- und Leistungskurs hinsichtlich der nachfolgend aufgeführten Aspekte voneinander:

- in der Tiefe, mit der über physikalisches Wissen und über physikalische Methoden verfügt wird,
- im Grad der Systematisierung des erworbenen Wissens,
- im Grad der Selbstständigkeit, mit der physikalisches Wissen und physikalische Methoden angewendet werden, insbesondere hinsichtlich der Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten sowie hinsichtlich des Umfangs des Computereinsatzes bei der Bearbeitung physikalischer Fragestellungen,
- im Grad der Mathematisierung und Modellierung, mit der physikalische Sachverhalte bearbeitet werden, insbesondere mit Blick auf eine vertiefte Anwendung mathematischer Methoden aus Vektor-, Differenzial- und Integralrechnung,
- im Grad der Komplexität und Vernetzung der Unterrichtskontexte,
- in der Qualität und Quantität der Verwendung der Fachsprache.

#### Fachwissen – mit physikalischem Wissen souverän umgehen

Grundkurs	Leistungskurs
<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ihr Basiswissen zu den zentralen physikalischen Teilgebieten Felder, Wellen, Quanten und Struktur der Materie darstellen, es zur Lösung von Aufgaben und Problemen anwenden und konkrete Berechnungen durchführen,</li> <li>– ihr Wissen über physikalische Grundprinzipien (z. B. Erhaltungssätze, Kausalität, Systemgedanken) anwenden,</li> <li>– zentrale historische und erkenntnistheoretische Gegebenheiten darstellen,</li> <li>– verschiedene Funktionen eines Experiments (Phänomenbeobachtung, Entscheidungsfunktion in Bezug auf Hypothesen, Initialfunktion in Bezug auf Ideen, Grundlagenfunktion in Bezug auf Theorien) erläutern,</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– mithilfe von Simulationen die Zusammenhänge physikalischer Größen untersuchen,</li> <li>– Zusammenhänge im physikalischen Begriffsgebäude beschreiben.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mathematische Modelle zur Beschreibung zeitlich veränderlicher Größen auf der Grundlage von Änderungsraten unter Anwendung von Tabellenkalkulations- oder Modellbildungssoftware entwickeln,</li> <li>– eigenständig physikalische Begriffe in übergeordnete strukturelle bzw. theoretische Zusammenhänge einordnen und Zusammenhänge erläutern.</li> </ul>

**Erkenntnisgewinnung – mit Methoden der Physik Erkenntnisse gewinnen**

Grundkurs	Leistungskurs
<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– die Methode der Physik, die durch Beobachtung, Beschreibung, Begriffsbildung, Experiment, Reduktion, Idealisierung, Modellierung, Mathematisierung gekennzeichnet ist, erläutern,</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– ggf. unter Anleitung zur Informationsgewinnung beobachten und experimentieren,</li> <li>– eigenes Wissen über experimentelles Arbeiten (Planung, Durchführung, Dokumentation, Auswertung) zum Teil unter Anleitung anwenden,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vorwiegend selbstständig zur Informationsgewinnung beobachten und experimentieren,</li> <li>– eigenes Wissen über experimentelles Arbeiten (Planung, Durchführung, Dokumentation, Auswertung) anwenden,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– physikalische Größen in geeigneten Diagrammen grafisch darstellen und damit physikalische relevante Parameter berechnen, z. B. aus Flächen, Anstiegen, Achsenschnittpunkten,</li> <li>– Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen analysieren und Parameter berechnen,</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mithilfe von grafischen Darstellungen weitere physikalische Größen herleiten,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– die Genauigkeit gemessener Größen beurteilen,</li> <li>– systematische und zufällige Fehler unterscheiden,</li> <li>– relative und prozentuale Fehler ermitteln,</li> <li>– Messwerte grafisch und mithilfe von Berechnungen computergestützt auswerten,</li> <li>– physikalische Größen mithilfe von Messinterfaces messen,</li> <li>– Ergebnisse eines Modells mit der Realität vergleichen,</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Experimente unter Anleitung durchführen, protokollieren und unter Einbeziehung qualitativer und quantitativer Betrachtungen auswerten,</li> <li>– ausgewählte physikalische Theorien angeben,</li> <li>– zwischen Modell und Wirklichkeit unterscheiden und wissen, dass Modelle immer nur Teilaspekte der Wirklichkeit erfassen,</li> <li>– physikalische Modelle unter Beachtung ihrer begrenzten Gültigkeit anwenden,</li> <li>– physikalische Informationen strukturieren,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Experimente planen, durchführen, protokollieren und unter Einbeziehung qualitativer und quantitativer Betrachtungen auswerten,</li> <li>– erläutern, was eine physikalische Theorie auszeichnet, was sie zu leisten vermag und wie sie gebildet wird,</li> <li>– verschiedene Modellarten unterscheiden und darstellen, dass Modelle immer nur Teilaspekte der Wirklichkeit erfassen,</li> <li>– physikalische Modelle entwickeln und modifizieren und unter Beachtung ihrer begrenzten Gültigkeit anwenden,</li> <li>– Strategien zur Strukturierung physikalischen Wissens beschreiben und anwenden,</li> <li>– ausgewählte physikalische Sachverhalte mit geeigneten mathematischen Methoden erklären,</li> </ul>

– Strategien der Erkenntnisgewinnung und Problemlösung anwenden, z. B. beim Beobachten, intuitiv-spekulativen Entdecken, Formulieren von Hypothesen, beim induktiven und deduktiven Vorgehen, analogen Übertragen, Modellbilden,	
– Sachinformationen durch geeignete Recherchen ermitteln und bewerten,	– komplexe Sachinformationen durch geeignete Recherchen ermitteln und bewerten,
– Verfahren zur Texterschließung auf physikalische Texte anwenden und wichtige Informationen in einem Text identifizieren,	
– neue Informationen in bekannte Wissensstrukturen einordnen.	– bei der Auseinandersetzung mit neuen Informationen Verknüpfungen mit bereits bekanntem Wissen entwickeln.

**Kommunikation – aktiv und souverän über physikalische Sachverhalte kommunizieren**

<b>Grundkurs</b>	<b>Leistungskurs</b>
Die Schülerinnen und Schüler können – verschiedene Formen der Darstellung physikalischen Wissens und physikalischer Erkenntnisse (z. B. Sprache, Bilder, Skizzen, Tabellen, Graphen, Diagramme, Symbole, Formeln, Simulationen) anwenden,	Die Schülerinnen und Schüler können – verschiedene Formen der Darstellung physikalischen Wissens und physikalischer Erkenntnisse (z. B. Sprache, Bilder, Skizzen, Tabellen, Graphen, Diagramme, Symbole, Formeln, Simulationen) anwenden und deren Auswahl begründen,
– einfache Experimente sachgerecht vorführen und deren Ergebnisse verständlich präsentieren, – Lern- und Arbeitsergebnisse adressaten-, situationsgerecht und mediengestützt präsentieren,	
– sachlich zu physikalischen Sachverhalten und Fragestellungen diskutieren, – die Fachsprache angemessen und sachgerecht anwenden,	– sachlich diskutieren und diskursiv zu physikalischen Sachverhalten und Fragestellungen argumentieren, – die Fachsprache angemessen, sachgerecht und souverän anwenden,
– bei Teamarbeit ggf. die Rolle des Gruppensprechers oder Moderators übernehmen.	

**Reflexion – physikalische Sachverhalte prüfen und bewerten**

Grundkurs	Leistungskurs
<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Phänomene und Vorgänge der Natur und Technik aus physikalischer Perspektive beschreiben,</li> <li>– historische und gesellschaftliche Bedingtheiten der Physik exemplarisch beschreiben,</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– an Beispielen die wechselseitige Beziehung zwischen Physik und Technik beschreiben,</li> <li>– aus überfachlichen Problemen diejenigen Fragen ermitteln, die sich mit Methoden der Physik bearbeiten und lösen lassen,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– die wechselseitige Beziehung zwischen Physik und Technik darstellen und erläutern,</li> <li>– historische und gesellschaftliche Bedingtheiten der Physik exemplarisch erläutern,</li> <li>– aus überfachlichen Problemen selbstständig diejenigen Fragen ermitteln, die sich mit Methoden der Physik bearbeiten und lösen lassen,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– die Rolle des Menschen im gesellschaftlichen System und seine Beziehung zur Umwelt auf der Grundlage physikalischer Kenntnisse kritisch analysieren,</li> <li>– Alltagsvorstellungen und physikalische Aussagen vergleichen,</li> <li>– Forschungsergebnisse und Anwendungen vor ihrem gesellschaftlichen Hintergrund darstellen,</li> <li>– die Seriosität von Informationen bewerten,</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– die Einflüsse physikalischer Erkenntnisse auf Weltbilder analysieren.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– die Einflüsse physikalischer Erkenntnisse auf Weltbilder analysieren und deren Tragweite, Grenzen und gesellschaftliche Relevanz bewerten.</li> </ul>



## 4 Kompetenzen und Inhalte

Die Reihenfolge, die Inhalte sowie die Experimente der Themenfelder in den Kurshalbjahren sind verbindlich. Die Experimente sollen, wenn möglich und zulässig, als Schülerexperimente durchgeführt werden, z. B. im Rahmen eines Praktikums. Sind aufgrund fehlender Ausstattung einzelne Experimente nicht durchführbar, so können die Vorgaben zu den Experimenten auch mithilfe von Bildschirmexperimenten oder anderen Simulationen realisiert werden.

Die Beiträge zur Kompetenzentwicklung sind beispielhaft formuliert. Die Verknüpfungen der Standards mit den verbindlichen Inhalten sind an der jeweiligen Schule weiter zu präzisieren. Die konkrete Unterrichtsplanung erfolgt innerhalb der fachbezogenen Festlegungen als Teil des schulinternen Curriculums. Dabei sind die vier Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Reflexion ausgewogen zu berücksichtigen. Die Bedingungen an der Schule, die Schwerpunktsetzungen der Fachkonferenz und die weiteren jährlichen Hinweise für die zentralen schriftlichen Abiturprüfungen (u. a. Prüfungsschwerpunkte) des für Schule zuständigen Ministeriums gemäß GOSTV sind zu beachten.

## **1. Kurshalbjahr: Eigenschaften und Anwendungen von Feldern (Grundkurs)**

### **Inhalte**

#### **Gravitation**

- Gravitationsgesetz und Gravitationsfeld
- Bewegungen von Körpern im Gravitationsfeld

#### **Elektrisches Feld**

- Kräfte zwischen elektrisch geladenen Körpern, elektrische Feldstärke, Spannung
- Plattenkondensator, Kapazität eines Kondensators, Energie geladener Kondensatoren, Aufladen und Entladen von Kondensatoren

#### **Magnetisches Feld**

- Kräfte auf stromdurchflossene Leiter
- magnetische Flussdichte
- Magnetfeld im Innern einer langen, geraden Spule

#### **Ladungsträger in elektrischen und magnetischen Feldern**

- MILLIKAN-Versuch (Schwebefall)
- LORENTZ-Kraft
- Beschleunigung und Ablenkung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern
- spezifische Ladung eines Elektrons

#### **Elektromagnetische Induktion**

- Induktionsgesetz
- Selbstinduktion, LENZ'sche Regel, Induktivität einer Spule
- Energie einer stromdurchflossenen Spule
- Anwendungen des Induktionsgesetzes

#### **Experimente**

- Veranschaulichung von Feldern, auch mithilfe von Computersimulationen und Modellversuchen
- zeitlicher Verlauf der Stromstärke beim Entladen eines Kondensators
- verschiedene Möglichkeiten des Erzeugens von Induktionsspannungen
- MILLIKAN-Versuch
- Bewegungen von Elektronen in der BRAUN'schen Röhre
- Bewegungen von Elektronen im Fadenstrahlrohr



### Kompetenzerwerb im Themenfeld

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Kreisbahn von Satelliten durch einen Kraftansatz aus Radialkraft und Gravitationskraft erklären und die Umlaufzeit, die Kreisbahngeschwindigkeit bzw. den Bahnradius aus Beobachtungsdaten von Satelliten berechnen,
- die Gleichung  $E = \frac{F}{Q}$  anwenden,
- den Aufbau eines Plattenkondensators beschreiben und die Gleichung  $E = \frac{U}{d}$  anwenden,
- den zeitlichen Verlauf der Stromstärke beim Entladen eines Kondensators auswerten,
- den Zusammenhang zwischen Ladung und Spannung eines Kondensators analysieren,
- die Größe Kapazität definieren und Kapazitäten mit der Gleichung  $C = \frac{Q}{U}$  berechnen,
- die Gleichung  $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$  anwenden,
- die Gleichung  $B = \mu_0 \cdot \mu_r \frac{N \cdot I}{\ell}$  anwenden,
- die Bewegung geladener Teilchen parallel zu den Feldlinien im elektrischen Feld beschreiben und berechnen,
- die Bewegung von Ladungsträgern senkrecht zu den Feldlinien eines homogenen elektrischen Feldes qualitativ erklären,
- die Kräfte auf bewegte Ladungen im homogenen Magnetfeld mithilfe der Gleichung  $F_L = Q \cdot v \cdot B$  erklären und dabei die Drei-Finger-Regel anwenden,
- die Bestimmung der Elementarladung mithilfe des MILLIKAN-Versuchs (Schwebefall) erläutern,
- die Gleichung zur Bestimmung der spezifischen Ladung  $\frac{e}{m_e} = \frac{2 \cdot U}{B^2 \cdot r^2}$  herleiten,
- Gravitationsfelder, elektrische und magnetische Felder hinsichtlich ihrer Ursachen und der feldbeschreibenden Größen vergleichen,
- einfache Experimente zum Nachweis der elektromagnetischen Induktion im bewegten und ruhenden Leiter beschreiben und die Entstehung einer Induktionsspannung erklären,
- qualitativ den zeitlichen Verlauf der Stromstärke beim Ein- und Ausschalten von Spulen erklären,
- die Gleichung  $L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2 \cdot A}{\ell}$  zur Berechnung der Induktivität einer Spule anwenden,
- die LENZ'sche Regel anwenden, z. B. beim THOMSON'schen Ringversuch,
- die Wirkungsweise von technischen Geräten bzw. Anlagen erklären, welche die Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern ausnutzt,
- die Einflüsse physikalischer Erkenntnisse auf die gesellschaftliche Entwicklung und deren Tragweite und Grenzen erläutern, z. B. durch die Erfindung von Laserdrucker, Oszillograf.

### **Mögliche Kontexte**

Planetenbewegungen, geostationäre Satelliten, Weltbilder in historischer Entwicklung  
Entstehung von Gewittern, Funktionsprinzip der Xerografie, Erdmagnetfeld, technische Anwendungen (z. B. Glätten einer pulsierenden Gleichspannung, Kondensator als Ladungsspeicher für eine Blitzlampe, Kondensator als Sensor, Magnetschwebbahn, Oszillograf), dynamisches Mikrofon, magnetische Datenspeicher, Wechselstromgenerator, Wirbelstrombremse, Teilchenbeschleuniger, Massenspektrometer

## **2. Kurshalbjahr: Schwingungen und Wellen (Grundkurs)**

### **Inhalte**

#### **Wechselstromkreis**

- kapazitiver und induktiver Widerstand

#### **Elektromagnetische Schwingungen**

- Schwingkreis
- gedämpfte und ungedämpfte elektromagnetische Schwingungen,
- THOMSON'sche Schwingungsgleichung

#### **Elektromagnetische Wellen**

- Entstehung elektromagnetischer Wellen am Dipol
- Reflexion, Beugung und Interferenz elektromagnetischer Wellen
- Interferenz von Licht am Doppelspalt und Gitter
- elektromagnetisches Spektrum

#### **Experimente**

- experimentelle Bestimmung von Induktivitäten und Kapazitäten in Wechselstromkreisen
- Erfassen des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke und der Spannung in einem Schwingkreis
- Abhängigkeit der Frequenz eines Schwingkreises von der Kapazität und der Induktivität
- Interferenzversuche mit Licht zur Bestimmung der Gitterkonstante bzw. der Wellenlänge

**Kompetenzerwerb im Themenfeld**

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Gleichungen  $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$  und  $X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$  erläutern und anwenden,
- Beispiele erläutern, bei der die Frequenzabhängigkeit von Wechselstromwiderständen in der Technik ausgenutzt wird,
- die Entstehung einer elektromagnetischen Schwingung und die Energieumwandlungen in einem Schwingkreis erläutern,
- die zeitlichen Verläufe von Spannung und Stromstärke in einem Schwingkreis beschreiben und grafisch darstellen,
- Energieumwandlungen eines mechanischen und eines elektrischen Oszillators vergleichen,
- die Gleichung  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  erläutern und anwenden,
- die Erzeugung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen am offenen Schwingkreis qualitativ erläutern,
- zwischen Transversal- und Longitudinalwellen unterscheiden,
- Radiowellen und das sichtbare Licht in das elektromagnetische Spektrum einordnen,
- das HUYGENS'sche Prinzip auf die Interferenz von Wellen bei einfarbigem Licht anwenden,
- mithilfe des Gangunterschiedes zweier Wellen konstruktive und destruktive Interferenz erklären,
- die Gleichungen  $\sin\alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b}$ ,  $\sin\alpha_k = \frac{(2k+1) \cdot \lambda}{2b}$  und  $\tan\alpha_k = \frac{s_k}{e}$  für den Doppelspalt herleiten und anwenden.

**Mögliche Kontexte**

Klangreglung bei Audiogeräten mithilfe von Kondensatoren und Spulen (Hoch- und Tiefpass), kapazitive und induktive Sensoren (z. B. Füllstandsmessung bzw. Metallsuchgerät), Informationsübertragung, Musikinstrumente, Spektralanalyse, Längenbestimmung durch Interferenz, optische Informationsspeicherung

### 3. Kurshalbjahr: Quantenobjekte und atomare Systeme (Grundkurs)

#### Inhalte

##### Quantencharakter von Photonen und Elektronen

- äußerer lichtelektrischer Effekt (Fotoeffekt), EINSTEIN'sche Deutung: Photonenmodell des Lichts
- Hypothese von DE BROGLIE
- Elektronenbeugung
- HEISENBERG'sche Unbestimmtheitsrelation

##### Quantenhafte Emission und Absorption bei atomaren Systemen

- Kontinuierliche Spektren, Linienspektren, Emissions- und Absorptionsspektren
- FRANCK-HERTZ-Experiment

##### Experimente

- HALLWACHS-Effekt
- Bestimmung des PLANCK'schen Wirkungsquantums
- Darstellung eines Emissions- und Absorptionsspektrums
- Elektronenbeugung

#### Kompetenzerwerb im Themenfeld

Die Schülerinnen und Schüler können

- den Zusammenhang  $h \cdot f = E_{\text{KIN}} + W_A$  zwischen der kinetischen Energie der Fotoelektronen und der Frequenz des Lichtes grafisch darstellen und das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung der Ergebnisse zum Fotoeffekt erläutern,
- erläutern, wie sich mithilfe eines Experiments zum Fotoeffekt das PLANCK'sche Wirkungsquantum ermitteln lässt,
- ein Experiment zur Elektronenbeugung beschreiben und qualitativ einen Zusammenhang zur Hypothese von DE BROGLIE herstellen,
- die HEISENBERG'sche Unbestimmtheitsrelation mit dem komplementären Größenpaar Ort und Impuls erläutern,
- kontinuierliche Spektren, Linienspektren, Emissions- und Absorptionsspektren unterscheiden,
- das Linienspektrum vom atomaren Wasserstoff mittels  $f = R_f \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$  beschreiben,
- mit Linienspektren quantenhafte Vorgänge in der Atomhülle analysieren und sie als Beleg für die Existenz diskreter Energiebeiträge in der Atomhülle deuten,
- das FRANCK-HERTZ-Experiment zum Nachweis der Energiequantisierung in der Atomhülle auswerten.

#### Mögliche Kontexte

Funktionsprinzip von Nachtsichtgeräten, Spektroskopie, Lasertechnik, Solarzellen, moderne Lichtquellen

## 4. Kurshalbjahr: Radioaktivität, Atomkerne (Grundkurs)

### Inhalte

#### Radioaktive Strahlung

- Entstehung, Arten, Eigenschaften, stochastischer Charakter von Kernzerfällen
- Zerfallsgleichungen
- Zerfallsgesetz und Halbwertszeit
- biologische Wirkungen radioaktiver Strahlung und Strahlenschutzmaßnahmen

#### Atomkerne

- Streuexperiment von RUTHERFORD
- Kernbindungsenergie und Massendefekt
- Kernspaltung

#### Experimente

- Nachweis radioaktiver Strahlung
- Durchdringungsvermögen radioaktiver Strahlung
- Ablenkung radioaktiver Strahlung im Magnetfeld

### Kompetenzerwerb im Themenfeld

Die Schülerinnen und Schüler können

- den Aufbau eines GEIGER-MÜLLER-Zählrohrs beschreiben und seine prinzipielle physikalische Wirkungsweise erklären,
- das Streuexperiment von RUTHERFORD erklären,
- ein Modell vom Aufbau von Atomkernen aus Nukleonen beschreiben,
- die Eigenschaften radioaktiver Strahlung erläutern,
- das Zerfallsgesetz zur Bestimmung von Halbwertszeiten bzw. Aktivitäten sowie zur Altersbestimmung anwenden,
- die Gewinnung von Kernenergie mithilfe der Kernkräfte und Kernbindungsenergien erklären,
- Strahlenbelastungen des Menschen durch natürliche und künstliche Strahlung vergleichen,
- biologische Wirkungen ionisierender Strahlung und Strahlenschutzmaßnahmen beschreiben.

### Mögliche Kontexte

Diagnostik und Therapie in der Medizin, Altersbestimmung mithilfe der C14-Methode

## 1. Kurshalbjahr: Eigenschaften und Anwendungen von Feldern (Leistungskurs)

### Inhalte

#### Gravitation

- KEPLER'sche Gesetze
- Gravitationsgesetz und Gravitationsfeld
- Bewegungen von Körpern im Gravitationsfeld

#### Elektrisches Feld

- elektrische Feldstärke, Spannung
- COULOMB'sches Gesetz
- Influenz und Polarisierung (qualitativ)
- Plattenkondensator, Kapazität eines Kondensators, Energie geladener Kondensatoren, Aufladen und Entladen von Kondensatoren, Parallel- und Reihenschaltung von Kondensatoren, Materie im elektrischen Feld

#### Magnetisches Feld

- magnetische Flussdichte
- Magnetfeld eines geraden stromdurchflossenen Leiters und einer langen, geraden Spule
- Materie im Magnetfeld

#### Ladungsträger in elektrischen und magnetischen Feldern

- MILLIKAN-Versuch (steigende und sinkende Öltröpfchen)
- Beschleunigung und Ablenkung von Ladungsträgern in elektrischen Feldern
- Kräfte auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld, LORENTZkraft, Ablenkung von Ladungsträgern in magnetischen Feldern für beliebige Eintrittswinkel
- HALL-Effekt
- Spezifische Ladung eines Elektrons

#### Elektromagnetische Induktion

- Induktionsgesetz
- Selbstinduktion, LENZ'sche Regel, Induktivität einer Spule
- Energie einer stromdurchflossenen Spule
- Erzeugen von sinusförmiger Wechselspannung

#### Experimente

- Veranschaulichung von Feldern, auch mithilfe von Computersimulationen und Modellversuchen
- zeitlicher Verlauf von Spannung und Stromstärke beim Auf- und Entladen eines Kondensators
- Parallel- und Reihenschaltungen von Kondensatoren
- MILLIKAN-Versuch
- Bewegungen von Elektronen in der BRAUN'schen Röhre
- Bewegung von Elektronen im Fadenstrahlrohr
- Messen von Induktionsspannung
- Bestimmung der Induktivität von Spulen

### Kompetenzerwerb im Themenfeld

Die Schülerinnen und Schüler können

- Kraft- und Energieansätze auf Bewegungen im Gravitationsfeld anwenden,
- die Gleichung  $E = \frac{F}{Q}$  anwenden,
- Kräfte zwischen elektrisch geladenen Körpern mithilfe des COULOMB'schen Gesetzes ermitteln,
- die Überlagerung der Felder zweier Punktladungen mithilfe von Zeichnungen beschreiben und hieraus Betrag und Richtung der resultierenden elektrischen Feldstärke ermitteln,
- den Zusammenhang zwischen elektrischer Verschiebungsarbeit und Ladung im homogenen elektrischen Feld mithilfe der Gleichung  $U = \frac{W_{el}}{Q}$  erläutern,
- den Aufbau eines Plattenkondensators beschreiben und die Gleichung  $E = \frac{U}{d}$  anwenden,
- den Zusammenhang zwischen Ladung und Spannung eines Kondensators analysieren,
- die Größe Kapazität definieren und Kapazitäten mit der Gleichung  $C = \frac{Q}{U}$  berechnen,
- die Gleichung  $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$  anwenden,
- mithilfe der grafischen Darstellung  $U = f(Q)$  die Gleichung  $E = \frac{1}{2} C \cdot U^2$  für die Energie eines geladenen Kondensators entwickeln,
- den Zusammenhang zwischen der magnetischen Flussdichte und der Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter mithilfe der Gleichung  $F = \ell \cdot I \cdot B \cdot \sin \alpha$  beschreiben und Spezialfälle in Abhängigkeit von  $\alpha$  untersuchen,
- die Gleichung  $B = \mu_0 \cdot \mu_r \frac{N \cdot I}{\ell}$  anwenden,
- den Einfluss von Materie in elektrischen und magnetischen Feldern mithilfe der Größen  $\epsilon_r$  bzw.  $\mu_r$  beschreiben,
- den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei Auf- und Entladevorgängen von Kondensatoren mithilfe mathematischer Verfahren auswerten,
- die Gesamtkapazität von parallel und in Reihe geschalteten Kondensatoren ermitteln,
- Gravitationsfelder, elektrische und magnetische Felder hinsichtlich ihrer Ursachen und der feldbeschreibenden Größen vergleichen,
- die Bewegung geladener Teilchen parallel zu den Feldlinien im elektrischen Feld beschreiben und berechnen,
- die Bewegung von Ladungsträgern senkrecht zu den Feldlinien des homogenen elektrischen Feldes mithilfe von Analogien zum waagerechten Wurf erklären,
- die Kräfte auf bewegte Ladungen im homogenen Magnetfeld mithilfe der Gleichung  $F_L = Q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$  erklären und die Drei-Finger-Regel anwenden,
- die Bestimmung der Elementarladung mithilfe des MILLIKAN-Versuchs (steigende und sinkende Öltröpfchen) erläutern,

- die Gleichung zur Bestimmung der spezifischen Ladung  $\frac{e}{m_e} = \frac{2 \cdot U}{B^2 \cdot r^2}$  herleiten,
- die Wirkungsweise von technischen Geräten und Anlagen erklären, welche die Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern ausnutzt,
- einfache Experimente zum Nachweis der elektromagnetischen Induktion im bewegten und im ruhenden Leiter beschreiben und die Entstehung einer Induktionsspannung erklären,
- das Induktionsgesetz in der Form  $U_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  mit  $\Phi = B \cdot A$  für diejenigen Fälle experimentell bestätigen, bei denen sich entweder die magnetische Flussdichte oder die Fläche linear in Abhängigkeit von der Zeit ändert,
- Selbstinduktionsvorgänge am Beispiel von Schaltvorgängen an Spulen erklären,
- die LENZ'sche Regel anwenden,
- physikalische Vorgänge erklären, bei denen Wirbelströme auftreten,
- den Zusammenhang  $U_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$  mit  $L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2 \cdot A}{\ell}$  für gleichmäßige Stromstärkeänderungen anwenden,
- die Gleichung  $E = \frac{1}{2} L \cdot I^2$  anwenden,
- die Erzeugung einer sinusförmigen Wechselspannung in einem Wechselstromgenerator erklären und die Gleichung für  $U(t)$  herleiten,
- Anwendungen des Induktionsgesetzes erläutern.

### **Mögliche Kontexte**

Planetenbewegungen, geostationäre Satelliten, Swing-by-Manöver, Weltbilder in historischer Entwicklung

Entstehung von Gewittern, Funktionsprinzip der Xerografie, Erdmagnetfeld, Teilchenbeschleuniger, technische Anwendungen (z. B. Glätten einer pulsierenden Gleichspannung, Kondensator als Ladungsspeicher für eine Blitzlampe, Kondensator und Spule als Sensoren, Massenspektrograf), Wirbelstrombremse, dynamisches Mikrofon, magnetische Datenspeicher, Teilchenbeschleuniger, Massenspektrometer



**2. Kurshalbjahr: Schwingungen und Wellen (Leistungskurs)****Inhalte****Wechselstromkreis**

- kapazitiver und induktiver Widerstand
- Reihenschaltung aus OHM'schem Widerstand, Kondensator und Spule

**Elektromagnetische Schwingungen**

- elektrischer Schwingkreis
- gedämpfte und ungedämpfte elektromagnetische Schwingungen, Rückkopplung
- THOMSON'sche Schwingungsgleichung

**Elektromagnetische Wellen**

- Entstehung elektromagnetischer Wellen am Dipol
- Reflexion, Beugung, Interferenz, Polarisation elektromagnetischer Wellen
- Interferenz von Licht am Doppelspalt und am Transmissionsgitter
- elektromagnetisches Spektrum

**Experimente**

- experimentelle Bestimmung von Induktivitäten und Kapazitäten in Wechselstromkreisen
- Erfassen des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke und der Spannung in einem Schwingkreis
- Abhängigkeit der Frequenz eines Schwingkreises von der Kapazität und der Induktivität
- Erzeugung ungedämpfter elektromagnetischer Schwingungen
- Interferenzversuche mit Licht am Gitter zur Bestimmung der Gitterkonstante bzw. der Wellenlänge
- Polarisation von Licht

### Kompetenzerwerb im Themenfeld

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Gleichungen  $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$  und  $X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$  erläutern und anwenden,
- die Gleichung  $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}$  anwenden,
- Phasenverschiebungen in Wechselstromkreisen berechnen,
- Beispiele erläutern, bei der Frequenzabhängigkeit von Wechselstromwiderständen in der Technik ausgenutzt wird,
- die Entstehung einer elektromagnetischen Schwingung erklären und die Energieumwandlungen in einem Schwingkreis erläutern,
- die zeitlichen Verläufe von Spannung und Stromstärke in einem Schwingkreis erklären und grafisch darstellen,
- Energieumwandlungen eines mechanischen und eines elektrischen Oszillators vergleichen,
- an einem Blockschaltbild das Rückkopplungsprinzip zur Erzeugung ungedämpfter elektromagnetischer Schwingungen erläutern,
- die Gleichung  $f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$  erläutern und anwenden,
- die Erzeugung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen am offenen Schwingkreis qualitativ erläutern,
- zwischen Transversal- und Longitudinalwellen unterscheiden,
- qualitativ erklären, wie Signale mithilfe elektromagnetischer Wellen übertragen werden können,
- Radiowellen und das sichtbare Licht in das elektromagnetische Spektrum einordnen,
- das HUYGENS'sche Prinzip auf Brechung und Interferenz von Wellen bei einfarbigem und weißem Licht anwenden,
- mithilfe des Gangunterschiedes zweier Wellen konstruktive und destruktive Interferenz erklären,
- die Gleichungen  $\sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b}$ ,  $\sin \alpha_k = \frac{(2k+1) \cdot \lambda}{2b}$  und  $\tan \alpha_k = \frac{s_k}{e}$  für den Doppelspalt herleiten und anwenden,
- mathematische Verfahren bei der Analyse optischer Interferenzversuche am Gitter anwenden,
- eine stehende Welle als Interferenzproblem erläutern,
- Licht als transversale Welle mithilfe der Polarisierung erklären.

### Mögliche Kontexte

Klangreglung bei Audiogeräten mithilfe von Kondensatoren und Spulen (Hoch- und Tiefpass), kapazitive und induktive Sensoren (z. B. Füllstandsmessung bzw. Metallsuchgerät), Informationsübertragung, Musikinstrumente, Spektralanalyse, Längenbestimmung durch Interferenz, optische Informationsspeicherung

**3. Kurshalbjahr: Quantenobjekte und atomare Systeme (Leistungskurs)****Inhalte****Quantencharakter von Photonen und Elektronen**

- äußerer lichtelektrischer Effekt, EINSTEIN'sche Deutung: Photonenmodell des Lichts
- Hypothese von DE BROGLIE
- Elektronenbeugung
- COMPTON-Effekt
- HEISENBERG'sche Unbestimmtheitsrelation

**Quantenhafte Emission und Absorption bei atomaren Systemen**

- Kontinuierliche Spektren, Linienspektren, Emissions- und Absorptionsspektren
- FRANCK-HERTZ-Experiment

**Röntgenstrahlung**

- Röntgenbremsstrahlung und charakteristische Röntgenstrahlung
- Eigenschaften der Röntgenstrahlung
- BRAGG'sche Reflexionsbedingung
- Röntgenspektren

**Experimente**

- HALLWACHS-Effekt
- Einfluss der Lichtintensität beim Fotoeffekt
- Abhängigkeit der Gegenspannung für  $I_F = 0$  von der Frequenz
- Darstellung eines Emissions- und eines Absorptionsspektrums
- FRANCK-HERTZ-Experiment
- Bestimmung des PLANCK'schen Wirkungsquantums
- Elektronenbeugung

### Kompetenzerwerb im Themenfeld

Die Schülerinnen und Schüler können

- den Zusammenhang  $h \cdot f = E_{\text{KIN}} + W_A$  zwischen der kinetischen Energie der Fotoelektronen und der Frequenz des Lichtes grafisch darstellen und das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung der Ergebnisse zum Photoeffekt erläutern,
- ein Experiment zur Bestimmung des PLANCK'schen Wirkungsquantums erläutern und auswerten,
- die Hypothese von DE BROGLIE erläutern und anwenden,
- ein Experiment zur Elektronenbeugung beschreiben, es quantitativ auswerten und die experimentellen Ergebnisse in Abhängigkeit von den Versuchsparametern erklären,
- den Aufbau und die Durchführung des COMPTON-Experiments beschreiben,
- einen Energie- und Impulsansatz zur Herleitung der Gleichung  $\Delta\lambda = \lambda_c(1 - \cos\beta)$  aufstellen und die Gleichung anwenden,
- begründen, dass der COMPTON-Effekt nicht mit dem Wellenmodell erklärt werden kann,
- die HEISENBERG'sche Unbestimmtheitsrelation mit den komplementären Größenpaaren Ort und Impuls erläutern und anwenden,
- unter Anwendung der Unbestimmtheitsrelation den Anwendungsbereich quantenphysikalischer Betrachtungsweisen ermitteln, das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse diskutieren und begründen und erkenntnistheoretische Probleme sowie Konsequenzen bezüglich des Verhaltens von Quantenobjekten erörtern,
- kontinuierliche Spektren, Linienspektren, Emissions- und Absorptionsspektren unterscheiden,
- das Linienspektrum vom atomaren Wasserstoff mittels  $f = R_f \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$  beschreiben,
- mit Linienspektren quantenhafte Vorgänge in der Atomhülle analysieren und sie als Beleg für die Existenz diskreter Energiebeträge in der Atomhülle deuten,
- das FRANCK-HERTZ-Experiment zum Nachweis der Energiequantisierung in der Atomhülle auswerten.
- die Methode der Modellbildung am Beispiel der Entwicklung der Vorstellungen von der Atomhülle reflektieren, die Aufenthaltsbereiche und die diskreten Energieniveaus des Elektrons des Wasserstoffatoms veranschaulichen und damit ein zeitgemäßes Atommodell qualitativ beschreiben,
- Röntgenwellenlängen durch Anwendung der BRAGG-Gleichung ermitteln,
- die Entstehung von Röntgenbremsstrahlung und charakteristischer Strahlung erläutern,
- die Grenzwellenlänge der Röntgenbremsstrahlung ermitteln,
- die Eigenschaften der Röntgenstrahlung angeben und exemplarisch Anwendungsbeispiele erläutern.

### Mögliche Kontexte

Funktionsprinzip von Nachtsichtgeräten, Spektrofotometer, Absorptions- und Emissionsspektroskopie, Lumineszenz, Fluoreszenz, Spektren in der Astronomie, Lasertechnik, Solarzellen, moderne Lichtquellen, Fotosynthese, Röntgenspektroskopie

## 4. Kurshalbjahr: Radioaktivität, Atomkerne (Leistungskurs)

### Inhalte

#### Radioaktive Strahlung

- Entstehung, Arten, Eigenschaften, stochastischer Charakter von Kernzerfällen
- Zerfallsgleichungen
- Zerfallsgesetz und Halbwertszeit
- biologische Wirkungen radioaktiver Strahlung und Strahlenschutzmaßnahmen

#### Atomkerne

- Streuexperiment von RUTHERFORD
- Kernbindungsenergie und Massendefekt
- Kernspaltung und Kernfusion

#### Experimente

- Nachweis radioaktiver Strahlung mit dem GEIGER-MÜLLER-Zählrohr
- Bestimmung der Zerfallskonstante eines radioaktiven Isotops
- Durchdringungsvermögen und Ablenkung radioaktiver Strahlung

### Kompetenzerwerb im Themenfeld

Die Schülerinnen und Schüler können

- den Aufbau eines GEIGER-MÜLLER-Zählrohrs beschreiben und seine prinzipielle physikalische Wirkungsweise erklären,
- das Streuexperiment von RUTHERFORD erklären,
- ein Modell vom Aufbau von Atomkernen aus Nukleonen entwickeln,
- Entstehung und Eigenschaften radioaktiver Strahlung erläutern,
- das Zerfallsgesetz zur Bestimmung von Halbwertszeiten bzw. Aktivitäten sowie zur Altersbestimmung anwenden,
- die Gewinnung von Kernenergie mithilfe der Kernkräfte und Kernbindungsenergien erklären,
- mithilfe der Gleichung  $E = m \cdot c^2$  Kernbindungsenergien berechnen,
- Energie- und Impulsbilanzen bei Kernreaktionen aufstellen,
- Strahlenbelastungen des Menschen durch natürliche und künstliche Strahlung vergleichen,
- biologische Wirkungen ionisierender Strahlung beschreiben und Strahlenschutzmaßnahmen erläutern,
- die Funktionsweise eines Kernreaktors erläutern,
- Möglichkeiten zur Nutzung der Kernenergie beschreiben und die Auswirkungen der technischen Realisierungen auch unter Einbeziehung ökologischer Aspekte bewerten.

### Mögliche Kontexte

Kernkraftwerk und Fusionskraftwerk, Diagnostik und Therapie in der Medizin

Der Unterricht in den vier Kurshalbjahren kann durch weitere Themen ergänzt werden. Über Auswahl, Umfang und Tiefe der Wahlthemen entscheidet die Fachkonferenz.

**Weitere mögliche Themen:**

- Raumfahrt
- Physik der Erde, z. B. Magnetfeld der Erde, Gezeiten, Erdbeben
- Bereitstellung von Energie in der Zukunft
- Leitungsvorgänge in Halbleitern
- Strahlungsphysik
- Elementarteilchenphysik
- Thermodynamik
- Relativitätstheorie
- nichtlineare Physik, Chaos
- eigene Vorschläge



