

## Fachcurriculum Physik JRG G9

Hier werden zu den verbindlichen Themen und Inhalten der Fachanforderungen Physik Schwerpunktsetzungen angegeben. Besonders **wichtige Themen sind fettgedruckt**, weniger wichtige Themen sind (eingeklammert), aber trotzdem verbindlich.

Die Klassenstufen der Themen sind im Stoffverteilungsplan festgelegt. Innerhalb eines Jahrgangs der Unter- und Mittelstufe ist die Reihenfolge der Themen nicht festgelegt.

### Inhaltsverzeichnis

7.1 Qualitativer Energiebegriff.....	2
7.2 Temperatur.....	2
7.3 Wärmetransport.....	2
7.4 Magnetismus.....	3
7.5 Ausbreitung des Lichts.....	3
7.6 Reflexion an ebenen Flächen.....	4
7.7 Einfache elektrische Stromkreise.....	4
8.1 <b>Medienkonzept Handeln: Tabellenkalkulation nutzen</b> .....	5
8.2 Geschwindigkeit.....	5
8.3 Statische Kräfte.....	5
8.4 Dichte und Druck.....	6
9.1 Stromstärke und Spannung (wenn möglich Elektromotor).....	7
9.2 Lichtbrechung und optische Abbildungen.....	7
9.3 Farben.....	8
9.4 Beschleunigte Bewegungen.....	8
10.1 <b>Medienkonzept Handeln: digitale Modelle nutzen</b> .....	10
z.B. Leifi oder PHET.....	10
10.2 Elektromotor und Generator, Induktion, Transformator, Überlandleitung.....	10
10.3 Quantitativer Energiebegriff.....	10
10.4 Herausforderungen der Energieversorgung.....	11
10.5 Elementarteilchen.....	11
10.6 Radioaktiver Zerfall.....	11
10.7 Kernenergie.....	12
EJ.1.1 Kinematik.....	13
EJ.1.2 Dynamik.....	13
EJ.1.3 Teilcheneigenschaften der Materie.....	13
eingebunden in EJ.1.1 und EJ.1.2.....	13
EJ.2.1 Kreisbewegung, Gravitation.....	14
EJ.2.2 Schwingungen und Wellen.....	14
EJ2.2 Welleneigenschaften des Lichts.....	15
Q1.1.1 Homogenes elektrisches Feld.....	16
Q1.1.2 Teilcheneigenschaften der Materie.....	17
Q1.1.3 Coulomb-Feld.....	17
Q1.1.4 Bewegungen in Magnetfeldern.....	17
Q1.1.5 Elektrodynamik.....	18
Q1.2.1 Welleneigenschaften des Lichts.....	18
Q1.2.2 Spektren.....	18
Q2.1.1 Teilcheneigenschaften des Lichts.....	19
Q2.1.2 Welleneigenschaften der Materie.....	19
Q2.1.3 Quantenobjekte.....	19
Q2.1.4 Quantenphysikalisches Atommodell.....	20
Q2.2. Mögliche Vertiefungsthemen oder Kontexte.....	20

## 7.1 Qualitativer Energiebegriff

*Behandlung gerne zusammen mit den folgenden Themen, vor allem 7.2 und 7.3.*

### Die Schüler:innen<sup>1</sup> ...

· ordnen Alltagsbeispielen darin auftretende Energieformen zu. · beschreiben und analysieren Vorgänge, in denen Energie umgewandelt wird. · nennen Beispiele, an denen deutlich wird, dass bei der Nutzung von Energie nicht die gesamte vorhandene Energie genutzt werden kann. · erklären den Wechsel des Aggregatzustandes mit der Zufuhr oder dem Entzug von Energie.

### Verbindliche Inhalte

- Energieformen:
  - Lageenergie, Spannenergie, Bewegungsenergie, elektrische Energie, chemische Energie, thermische Energie, Strahlungsenergie
- Energieumwandlungen
- Energieerhaltung
- Aggregatzustände

### Vorgaben und Hinweise

Es wird empfohlen, diese Einheit zum qualitativen Energiebegriff zu Beginn des Physikunterrichts durchzuführen, um frühzeitig tragfähige Vorstellungen zu verankern, denn die Schüler:innen kommen in der Regel schon mit einem rudimentären, aber teils sehr unterschiedlichen Verständnis des Energiebegriffs an das Gymnasium. Auf die besondere Rolle der **Sonne als Energiequelle** ist einzugehen.

## 7.2 Temperatur

### Die Schüler:innen ...

· messen Temperaturen. · stellen Temperaturverläufe in Diagrammen dar. · erklären das Verhalten von Stoffen bei verschiedenen Temperaturen mit einem einfachen Teilchenmodell. · wenden die erworbenen Kenntnisse auf thermische Phänomene in der Alltagswelt an.

### Verbindliche Inhalte

- Celsius-Skala
- Ausdehnung von Stoffen
- Flüssigkeitsthermometer
- Aggregatzustände
- Einfaches Teilchenmodell
- Kelvinskala

**Vorgaben und Hinweise** Die Ausdehnung von Stoffen soll qualitativ beschrieben werden. Mit einem einfachen Teilchenmodell lassen sich thermische Phänomene schon früh zum Beispiel in Rollenspielen „begreifen“.

## 7.3 Wärmetransport

### Die Schüler:innen ...

· beschreiben den Zusammenhang zwischen Wärme und Temperatur. · erkennen den Temperaturunterschied als Ursache für die Wärmeleitung. · unterscheiden die

---

<sup>1</sup> Wir verwenden durchgehend die genderneutrale Form.

verschiedenen Arten, thermische Energie zu transportieren. · übertragen ihr Wissen über die Wärmetransporte auf die Wärmedämmung bei Häusern und Lebewesen.

#### **Verbindliche Inhalte**

- Wärme als thermische Energie
- Wärmeleitung
- Wärmemitführung (Konvektion)
- Wärmestrahlung

**Vorgaben und Hinweise** Ein erster Hinweis auf den Treibhauseffekt, der im Zusammenhang mit den Herausforderungen der Energieversorgung betrachtet wird, sollte bereits an dieser Stelle erfolgen.

Die quantitative Analyse von Wärmetransporten kann im Zusammenhang mit dem Thema Herausforderungen der Energieversorgung behandelt werden.

## **7.4 Magnetismus**

#### **Die Schüler:innen ...**

· untersuchen Grundphänomene des Magnetismus und führen diese auf Wechselwirkungen zurück. · erläutern Grundphänomene des Magnetismus mithilfe von Modellen. · beschreiben die Struktur unterschiedlicher Magnetfelder.

#### **Verbindliche Inhalte**

- magnetische Pole, Anziehung, Abstoßung
- Magnetisierbarkeit
- Elementarmagnetmodell
- Magnetfeldlinien von Stabmagnet und Hufeisenmagnet
- Magnetfeld der Erde
- Kompass

**Vorgaben und Hinweise** Magnetische Pole sind an geeigneter Stelle von elektrischen Polen abzugrenzen. Auch Elektromagnete können bereits im Einführungsunterricht genutzt werden, ohne dass dabei auf ihre Funktionsweise eingegangen wird.

## **7.5 Ausbreitung des Lichts**

#### **Die Schüler:innen ...**

· erklären, warum Gegenstände gesehen oder nicht gesehen werden können. · beschreiben den Sehvorgang. · deuten Lichtstrahlen als ein Modell zur Ausbreitung von Licht. · erklären die Entstehung von Schatten. · konstruieren Schattenbilder. · treffen qualitative Voraussagen über die Größe von Schatten. · wenden die erworbenen Kenntnisse auf optische Phänomene im Sonnensystem an. · konstruieren Strahlengänge an Blenden. · treffen qualitative Vorhersagen über Bildeigenschaften bei der Abbildung an Blenden.

#### **Verbindliche Inhalte**

- Lichtquellen und beleuchtete Gegenstände
- Lichtdurchlässigkeit
- Lichtstrahlen / Lichtbündel
- Schatten, Halbschatten, Kernschatten

- Finsternisse, Mondphasen, Jahreszeiten
- Bildentstehung und Bildeigenschaften bei Abbildungen mithilfe einer Blende

**Vorgaben und Hinweise** Streuung und Absorption sollen nur phänomenologisch an beleuchteten Gegenständen behandelt werden. Es bietet sich an, Jahreszeiten fachübergreifend mit dem Fach Geographie zu unterrichten. Die Abbildungen an Blenden (Lochkamera) oder Aspekte davon können auch im Kontext optischer Abbildungen behandelt werden.

## 7.6 Reflexion an ebenen Flächen

### Die Schüler:innen ...

- wenden das Reflexionsgesetz bei der Konstruktion von Spiegelbildern an.
- beschreiben und erklären mögliche Anwendungen von Spiegeln.
- analysieren Spiegelungen in Natur und Technik.

### Verbindliche Inhalte

- Reflexionsgesetz
- Umkehrbarkeit des Lichtweges
- Eigenschaften von Spiegelbildern

**Vorgaben und Hinweise** Wölb- und Hohlspiegel sind nicht verbindlich zu unterrichten, können aber zur Vertiefung genutzt werden. Es bietet sich an, Aspekte wie Symmetrie und Winkel fachübergreifend mit dem Fach Mathematik zu unterrichten.

## 7.7 Einfache elektrische Stromkreise

### Die Schüler:innen ...

- berücksichtigen die Gefahren beim Umgang mit elektrischem Strom.
- untersuchen die Leitfähigkeit von Stoffen.
- beschreiben die Funktion der Elemente eines elektrischen Stromkreises.
- bauen Schaltungen nach vorgegebenen Schaltplänen auf beziehungsweise zeichnen Schaltpläne zu einem vorgegebenen Aufbau.
- erklären die Knotenregel qualitativ mithilfe von Analogien.
- entwickeln und erproben Schaltungen zu Situationen aus dem Alltag.
- unterscheiden zwischen dem Transport von Elektrizität und von Energie.

### Verbindliche Inhalte

- elektrische Sicherheit
- Leiter, Isolatoren
- Schaltzeichen und Schaltpläne
- Reihen- und Parallelschaltung
- Und- und Oder-Schaltung mit Schaltern
- Elektrizitäts- und Energietransport
- Knotenregel

**Vorgaben und Hinweise** Die Wechselschaltung kann zur Differenzierung verwendet werden. Elektrizitäts- und Energietransport sollten schon früh unterschieden werden. Die Knotenregel ist bei der Einführung zum elektrischen Stromkreis nur argumentativ zu behandeln. Eine Abschätzung der Stromstärke sollte zunächst nur qualitativ erfolgen, zum Beispiel über die Helligkeit von gleichen Glühlampen.

## **8.1 Medienkonzept Handeln: Tabellenkalkulation nutzen**

*z.B. beim Thema Geschwindigkeit*

## **8.2 Geschwindigkeit**

### **Die Schüler:innen ...**

· bestimmen Geschwindigkeiten, indem sie Strecke und Zeit messen. · vergleichen Geschwindigkeitsangaben miteinander. · bestimmen mithilfe der Durchschnittsgeschwindigkeit zurückgelegte Wege. · analysieren Bewegungsabläufe anhand von Daten in verschiedenen Darstellungsformen. · wechseln situationsgerecht zwischen verschiedenen Darstellungsformen.

### **Verbindliche Inhalte**

- Geschwindigkeit und ihre Einheiten
- Geschwindigkeit als gerichtete Größe
- Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit
- Schall- und Lichtgeschwindigkeit
- Darstellungsformen von Bewegungen:  
Formel, Zeit-Weg-Diagramm, Wertetabelle, Text

**Vorgaben und Hinweise** Der Begriff der Momentangeschwindigkeit soll ohne exakte mathematische Herleitung eingeführt werden.

## **8.3 Statische Kräfte**

### **Die Schüler:innen ...**

· planen Experimente zur Messung von Kräften mit Federn. · berechnen Gewichtskräfte aus Masse und Ortsfaktor. · berücksichtigen situativ die Richtung und den Betrag einer Kraft. · skizzieren das Zusammenspiel von mehreren Kräften, die auf einen Körper wirken. · beschreiben Beispiele, anhand derer das Wechselwirkungsprinzip deutlich wird.

### **Verbindliche Inhalte**

- Kraft als gerichtete Größe
- Hooke'sches Gesetz
- Masse und Gewichtskraft
- Kräfteaddition
- Wechselwirkungsprinzip

**Vorgaben und Hinweise** Ein Kräftegleichgewicht liegt vor, wenn die (vektorielle) Summe aller Kräfte, die auf einen Körper wirken, Null ergibt. Dies entspricht nicht dem Wechselwirkungsprinzip (Actio gleich Reactio).

## 8.4 Dichte und Druck

### Die Schüler:innen ...

· beschreiben den Zusammenhang zwischen Masse, Dichte und Volumen. · bestimmen Massen und Volumina und berechnen damit Dichten. · schätzen Massen mithilfe von Volumen und Dichte ab. · überprüfen experimentell das Verhalten von Körpern in ruhenden Flüssigkeiten. · erklären Phänomene und Experimente mit Hilfe des Drucks. · erklären die Entstehung des Schweredrucks in der Atmosphäre und in Flüssigkeiten.

### Verbindliche Inhalte

· Masse, Dichte, Volumen  
· Vergleich der (mittleren) Dichten von Körpern und Flüssigkeiten  
· Druck

**Vorgaben und Hinweise** Bei diesem Thema bietet sich anstelle einer fachlichen Strukturierung eine Kontextorientierung (Schwimmen, Schweben und Sinken) in besonderem Maße an. Eine Behandlung des Drucks, die über statische Situationen hinausgeht, ist nicht verbindlich vorgesehen.

## 9.1 Stromstärke und Spannung (wenn möglich Elektromotor)

### Die Schüler:innen ...

· beschreiben, dass elektrische Ströme einen Antrieb benötigen und durch Widerstände gehemmt werden. · messen Stromstärke und Spannung. · berechnen Spannung und Stromstärke in elektrischen Stromkreisen. · beurteilen die Gefahren beim Umgang mit elektrischem Strom. · erklären den elektrischen Strom als Transport von elektrischen Ladungen. · beschreiben das Verhalten von Schaltungen mithilfe von Stromstärke, Spannung und Widerstand. · erläutern die Knoten- und Maschenregel.(· erklären die Funktion von technischen Geräten mit Hilfe des Elektromagnetismus. )

### Verbindliche Inhalte

· elektrische Stromstärke  
· elektrische Spannung  
· elektrische Ladung  
· Knoten- und Maschenregel  
· Ohm'sches Gesetz  
· Drähte als Widerstände  
· Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen  
(· Elektromotor)

**Vorgaben und Hinweise** Zur Vorbereitung des Ladungsbegriffs ist zum Beispiel ein Zugang über die Elektrostatik oder über Elektronenröhren möglich. Analogien und Modelle zur Erläuterung der Knoten- und Maschenregel können hilfreich sein. Die Berechnung komplexer Widerstandsnetze ist nicht gefordert. Aufgrund ihrer hohen Verbreitung sollten auch Schaltungen mit Leuchtdioden untersucht werden, wobei die Erklärung der Vorgänge im Innern der Dioden nicht erwartet wird. Falls Zeit ist, sollte der Elektromotor als weiteres elektrisch betriebenes Gerät behandelt werden, um das Thema Elektromagnetismus in Klasse 10 zu entlasten.

## 9.2 Lichtbrechung und optische Abbildungen

### Die Schüler:innen ...

· beschreiben das Verhalten von Lichtstrahlen an Grenzflächen. · analysieren und erklären Brechungsphänomene in der Natur. · konstruieren den Verlauf von Lichtstrahlen an Grenzflächen. · untersuchen verschiedene Linsentypen und bestimmen deren optische Eigenschaften. · analysieren den Einfluss der Brennweite auf das Bild. · konstruieren optische Abbildungen mithilfe ausgezeichneter Lichtstrahlen. · untersuchen und erklären die Beziehung zwischen Größen und Abständen bei der Linsenabbildung. · beschreiben und erklären die Bildentstehung im menschlichen Auge. · beschreiben und erklären die Nutzung und die Funktionsweise optischer Geräte zur Erhaltung und Erweiterung der menschlichen Wahrnehmung.

### Verbindliche Inhalte

· Brechung und Reflexion an Grenzflächen  
· Totalreflexion  
· sammelnde und zerstreue Eigenschaften von Linsen  
· Brennweite von Sammellinsen  
· Einfluss der Brennweite auf das reelle Bild  
· Beziehung zwischen Größen und Abständen bei der Linsenabbildung

- Auge, Sehfehler
- Lupe (virtuelles Bild)
- Mikroskop oder Fernglas

**Vorgaben und Hinweise** Es ist nicht vorgesehen, die Formel des Brechungsgesetzes zu behandeln. Zur Konstruktion von Lichtstrahlen genügt es, Daten zur Abhängigkeit des Brechungswinkels vom Einfallswinkel zu verwenden. Es sollten auch Phänomene betrachtet werden, bei denen Brechung und (Mehrfach-) Reflexion gemeinsam auftreten. Die Linsengleichung und das Abbildungsgesetz können behandelt werden; auf umfängliche Rechnungen soll jedoch verzichtet werden. Es empfiehlt sich, die Themen Auge und Mikroskop in Abstimmung mit dem Fach Biologie zu unterrichten. Die Behandlung von optischen Täuschungen ist eine mögliche Ergänzung.

## 9.3 Farben

### Die Schüler:innen ...

- deuten die Zerlegung weißen Lichts mit Hilfe von Spektralfarben.
- interpretieren die Entstehung eines Regenbogens als Spektralzerlegung des Sonnenlichts.
- erläutern das Zustandekommen unterschiedlicher Farben durch die Addition von Grundfarben.
- erläutern die Farbigkeit von Gegenständen mit der Absorption bestimmter Farben.

### Verbindliche Inhalte

- spektrale Zerlegung des Lichts
- Grundfarben, Mischung von Farben: Farbaddition
- Absorption bestimmter Farben: Farbsubtraktion

**Vorgaben und Hinweise** Bei der Zerlegung des Lichts soll auf die Grenzen des sichtbaren Spektrums (ultraviolett, infrarot) kurz eingegangen werden. Es ist sinnvoll, die **Farbaddition am Beispiel von Displays** und die **Farbsubtraktion am Beispiel der Farben von Kleidungsstücken** zu behandeln. Weitere Eigenschaften wie Sättigung, Helligkeit, Farbton können thematisiert werden.

## 9.4 Beschleunigte Bewegungen

### Die Schüler:innen ...

- beschreiben Beschleunigungsvorgänge aus dem Alltag.
- erstellen und analysieren Zeit-Weg- und Zeit-Geschwindigkeits-Diagramme.
- führen Geschwindigkeitsänderungen auf das Wirken von Kräften zurück.
- wenden das Trägheitsprinzip zur Beschreibung und Erklärung einfacher Alltagssituationen an.
- erklären die Abnahme der Geschwindigkeit von Fahrzeugen mit Reibungskräften.

### Verbindliche Inhalte

- gleichförmige und beschleunigte Bewegungen
- Trägheitsprinzip
- Kraft als Ursache für Geschwindigkeitsänderung
- Reibungskräfte

### Vorgaben und Hinweise

Es ist in dieser Unterrichtseinheit zu beachten, dass eine quantitative Analyse beschleunigter Bewegungen der Sekundarstufe II vorbehalten ist. Der Schwerpunkt

liegt somit auf der qualitativen Analyse und Interpretation von beschleunigten Bewegungen sowie auf der Kraft als Ursache solcher Bewegungen.

## **10.1 Medienkonzept Handeln: digitale Modelle nutzen** *z.B. Leifi oder PHET*

## **10.2 Elektromotor und Generator, Induktion, Transformator, Überlandleitung**

### **Die Schüler:innen ...**

· erklären Phänomene mit Hilfe der Induktion. · berechnen Energie und Leistung in elektrischen Stromkreisen. · erläutern Energieumwandlungen mit Hilfe des Elektromagnetismus. · erklären die Funktion von technischen Geräten mit Hilfe des Elektromagnetismus. · beschreiben Voraussetzungen für die Bereitstellung und Nutzung elektrischer Energie im Haushalt.

### **Verbindliche Inhalte**

- Induktion
- Lautsprecher und Mikrofon
- Elektromotor und Generator
- elektrische Energie und Leistung
- **Transformator, Hochspannungsleitung** (= Überlandleitung)

**Vorgaben und Hinweise** Eine mathematische Beschreibung des Induktionsgesetzes ist nicht gefordert. Auf die Behandlung der Drei-Finger-Regel und der Lorentzkraft kann verzichtet werden. Das Kennenlernen des Schrittmotors als Grundlage vieler technischer Anwendungen bietet sich an.

## **10.3 Quantitativer Energiebegriff**

### **Die Schüler:innen ...**

analysieren im Sachzusammenhang vorhandene Energieformen und deren Umwandlung. · beschreiben Möglichkeiten des Energietransports. · berücksichtigen in ihren Analysen und Rechnungen den Energieerhaltungssatz. · unterscheiden zwischen Energie und Leistung. · berechnen Energie, Leistung und beteiligte Größen wie zum Beispiel Geschwindigkeit, Höhe, Masse, elektrische Spannung, Stromstärke, Temperatur und Zeit.

### **Verbindliche Inhalte**

- Energieformen: potentielle, kinetische, elektrische, thermische Energie
- Energietransport
- Energieerhaltung
- Energieentwertung
- Leistung

### **Vorgaben und Hinweise**

Es ist nicht intendiert, die aufgeführten Inhalte als zusammenhängende Einheit zu unterrichten, vielmehr wird empfohlen, die Inhalte im Rahmen der anderen Sachgebiete zu nutzen, um einen vernetzten Energiebegriff im Sinne eines Basiskonzepts aufzubauen.

## 10.4 Herausforderungen der Energieversorgung

### Die Schüler:innen ...

- vergleichen und bewerten unterschiedliche Arten der Energieversorgung.
- berücksichtigen bei Energieumwandlungen den Wirkungsgrad.
- beschreiben die Prozesse bei der Umwandlung von solarer Energie in technischen Anlagen.
- analysieren die Probleme beim Transport und der Speicherung von Energie.
- entwickeln Verhaltensregeln und Maßnahmen zum verantwortungsbewussten Umgang mit Energie.
- beschreiben die Mechanismen, die zum Treibhauseffekt führen.

### Verbindliche Inhalte

- Energieversorgung: Umwandlung, Transport und Speicherung von Energie
- Probleme der Energieversorgung: Treibhauseffekt, Gewinnung, Transport und Speicherung nutzbarer Energie
- Ansätze zur Problemlösung: verantwortungsvoller Umgang mit Energie und Nutzung regenerativer Energien

### Vorgaben und Hinweise

Bei diesem Thema bietet sich anstelle einer fachlichen Strukturierung eine Kontextorientierung in besonderem Maße an.

## 10.5 Elementarteilchen

### Die Schüler:innen ...

- vergleichen die Eigenschaften von Elementarteilchen.
- erläutern den Aufbau von Atomkernen.
- unterscheiden zwischen Elementen und Isotopen.

### Verbindliche Inhalte

- Proton, Neutron und Elektron
- Kernladungszahl, Massenzahl, Isotope

### Vorgaben und Hinweise

Grundlegende Kenntnisse über den Aufbau der Atome werden im Chemieunterricht vermittelt. Der Physikunterricht konzentriert sich daher auf die Untersuchung von Atomkernen. Für das Verständnis der Vorgänge im Atomkern sind Kenntnisse über Elementarteilchen von grundlegender Bedeutung. Ein kurzer Einblick in das Standardmodell anhand der stabilen Elementarteilchen soll im Unterricht gegeben werden.

## 10.6 Radioaktiver Zerfall

### Die Schüler:innen ...

- beschreiben Verfahren zum Nachweis radioaktiver Strahlung.
- nennen Möglichkeiten der Abschirmung radioaktiver Strahlung.
- analysieren Zerfallsreihen radioaktiver Kerne.
- führen (Modell-)Versuche zum radioaktiven Zerfall durch.
- berechnen mit Hilfe des Zerfallsgesetzes Anteile von zerfallenen Kernen.
- bewerten die Lagerung radioaktiver Abfälle hinsichtlich Abschirmung und Dauer.

### Verbindliche Inhalte

- $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Zerfall
- Aktivität

- Halbwertszeit
- Zerfallsgesetz
- Nachweis und Messung radioaktiver Strahlung
- Nullrate
- Abschirmung

**Vorgaben und Hinweise** Zerfallsprozesse und Halbwertszeiten lassen sich mit Hilfe von Modellen (zum Beispiel **Würfel**) darstellen. Es wird eine Absprache mit dem Fach Mathematik hinsichtlich der Einführung von Exponentialfunktionen empfohlen.

## 10.7 Kernenergie

### Die Schüler:innen ...

- beschreiben und analysieren Kernreaktionen. · verwenden Energiebilanzen zur Beschreibung von Kernreaktionen. · vergleichen Kernkraftwerke mit konventionellen Kraftwerken. · bewerten Chancen und Risiken der Nutzung von Kernenergie. · nennen die Folgen radioaktiver Strahlung. · nennen Anwendungen in Medizin und Umwelt.

### Verbindliche Inhalte

- Kernspaltung und Kettenreaktionen bei Kernkraftwerken und Kernwaffen
- Energiebilanzen bei Kernreaktionen
- Kernfusion in Fusionsreaktoren und in der Sonne
- Radioaktivität in Umwelt und Medizin

**Vorgaben und Hinweise** Die technische Umsetzung im Kernkraftwerk beziehungsweise Fusionsreaktor ist nur soweit zu behandeln, dass ein Vergleich mit konventionellen Kraftwerken möglich wird.

## EJ.1.1 Kinematik

### Die Schüler:innen ...

· analysieren Bewegungen auch anhand von Bild- oder Videomaterial. · identifizieren gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen als Spezialfälle allgemeiner Bewegungen. · bestimmen Strecken, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen auch mit Methoden der Differenzial- und Integralrechnung. · führen komplexere Bewegungen auf die Überlagerung von einfachen Bewegungen zurück. · führen eine quantitative Analyse des waagerechten Wurfes durch. · wenden den Energieerhaltungssatz zur quantitativen Beschreibung von Bewegungen an.

### Verbindliche Inhalte

· Ort, Zeit, Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit, Beschleunigung  
· gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung  
· freier Fall  
· waagerechter Wurf  
· Energieerhaltung

**Vorgaben und Hinweise** Eine eigene Unterrichtseinheit zur Wiederholung der gleichförmigen Bewegung ist nicht vorgesehen. Der mathematische Zusammenhang zwischen einer Größe und ihrer zeitlichen Änderungsrate soll basierend auf dem Kenntnisstand der Schüler:innen zur Differential- und Integralrechnung im Verlauf der Oberstufe zunehmend an Relevanz gewinnen.

## EJ.1.2 Dynamik

### Die Schüler:innen ...

· beschreiben und berechnen Kräfte als Ursache von Bewegungsänderungen. · nutzen ihr Wissen über den vektoriellen Charakter der Kraft zur Kräfteaddition und Kräftezerlegung. · unterscheiden zwischen realen und idealisierten Bewegungen. · sagen reale Bewegungen mithilfe iterativer Verfahren voraus. · erläutern den Impulserhaltungssatz. · wenden den Impulserhaltungssatz zur quantitativen Beschreibung von elastischen und unelastischen Stößen an.

### Verbindliche Inhalte

· Masse, Kraft, Beschleunigung  
· Trägheitsprinzip  
· Reibungskraft  
· Impuls  
· Impulserhaltung

**Vorgaben und Hinweise** Die Integration der Kinematik in die Dynamik von Anfang an kann sinnvoll sein, zum Beispiel indem der Einfluss von Kräften auf Bewegungen als Ursache einer Beschleunigung früh mit behandelt wird.

## EJ.1.3 Teilcheneigenschaften der Materie

eingebunden in EJ.1.1 und EJ.1.2

## EJ.2.1 Kreisbewegung, Gravitation

bzw. Bewegungen in radialsymmetrischen Feldern

### Die Schüler:innen ...

- beschreiben die Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung. · berechnen Bahn- und Winkelgeschwindigkeiten bei Kreisbewegungen. · erläutern die auftretenden Kräfte bei Kreisbewegungen. · erklären Drehbewegungen unter Nutzung der Drehimpulserhaltung.
- nennen das Gravitationsgesetz (und vergleichen es mit dem Coulomb'schen Gesetz.) · analysieren und berechnen Kreisbewegungen im Gravitations- (und im elektrischen) Feld. (· führen Rechnungen zur Bestimmung von Fluchtgeschwindigkeit und Ionisationsenergie mittels Energiebilanzen durch.)

### Verbindliche Inhalte

- Bahn- und Winkelgeschwindigkeit
- Zentripetalkraft
- Drehimpuls und Drehimpulserhaltung
- Gravitationsgesetz  
(· Coulomb'sches Gesetz)
- Energieaustausch im radialsymmetrischen Feld:  
Fluchtgeschwindigkeit, (Ionisationsenergie)

**Vorgaben und Hinweise** Es ist keine umfassende Unterrichtseinheit zum Drehimpuls vorgesehen. Die Behandlung des Drehimpulses ist auch im Zusammenhang mit den Quantenzahlen möglich.

## EJ.2.2 Schwingungen und Wellen

### Die Schüler:innen ...

- beschreiben Schwingungen und Wellen mit Hilfe ihrer charakteristischen Größen. · stellen Schwingungen und Wellen mit Hilfe von Sinusfunktionen graphisch dar. · ermitteln aus der Schwingungsgleichung die charakteristischen Größen. · erklären die Ausbreitung und Reflexion von Wellen mit Hilfe von gekoppelten Oszillatoren.

### Verbindliche Inhalte

- charakteristische Größen: Schwingungsdauer, Frequenz, Wellenlänge, Amplitude, Elongation, Ausbreitungsgeschwindigkeit
- Faden- und Federpendel
- Schwingungsgleichung
- Longitudinal- und Transversalwellen
- stehende Wellen

**Vorgaben und Hinweise** Mechanische Wellen sind nur insoweit zu behandeln, als es zum Verständnis der optischen Wellen nötig ist. Dies kann sowohl vorgeschaltet als auch integriert geschehen. Beispiele aus der Akustik stellen eine sinnvolle Ergänzung dar.

## **EJ2.2 Welleneigenschaften des Lichts**

### **Die Schüler:innen ...**

· untersuchen Interferenzphänomene experimentell. · erklären mithilfe des Huygens'schen Prinzips die Entstehung von Interferenzmustern. · berechnen die Lage von Maxima und Minima bei Interferenzphänomenen. · erläutern die Voraussetzungen für Interferenz unter Berücksichtigung von Kohärenz. · untersuchen Polarisationsphänomene experimentell.

### **Verbindliche Inhalte**

· Beugung, Huygens'sches Prinzip  
· Interferenzphänomene: Doppelspalt, Gitter, Einfachspalt, dünne Schichten  
· Kohärenz  
· Polarisation

**Vorgaben und Hinweise** Auf grundlegendem Niveau sind der Einfachspalt und dünne Schichten nur phänomenologisch zu betrachten.

## Q1.1.1 Homogenes elektrisches Feld

### Die Schüler:innen ...

- interpretieren Experimente zum Nachweis elektrischer Ladungen. · beschreiben die Kräfte zwischen und innerhalb von geladenen Körpern.

### Verbindliche Inhalte

- elektrische **Ladung**
- geladene Körper
- Influenz
- dielektrische Polarisierung
- Kräfte zwischen Ladungen
- Abschirmung elektrischer Felder

### Die Schüler:innen ...

- erläutern den Zusammenhang von Kraft und elektrischer Feldstärke. · beschreiben den Zusammenhang von potentieller Energie einer Ladung und dem Potential im elektrischen Feld. · skizzieren elektrische Felder mittels Feld- und Äquipotentiallinien. · berechnen Kapazität und gespeicherte elektrische Energie eines Plattenkondensators.

### Verbindliche Inhalte

- elektrische **Feldstärke**
- Potential, Spannung und potentielle Energie
- Feldlinien, Äquipotentiallinien
- Eigenschaften des Plattenkondensators:
  - Kapazität, gespeicherte Ladungsmenge, gespeicherte Energie

**Vorgaben und Hinweise** Als Vertiefung bieten sich die Auf- und Entladevorgänge eines Kondensators sowie die Bedeutung kapazitiver Bauelemente in Stromkreisen an.

**Die Schüler:innen ...** · analysieren die Bewegung geladener Teilchen im homogenen elektrischen Feld. · berechnen die Geschwindigkeit von beschleunigten Ladungen mit Hilfe des Energiesatzes. · vergleichen die Bewegungen im homogenen elektrischen Feld mit denen im Gravitationsfeld. · erläutern technische Anwendungen, in denen Ladungen beschleunigt beziehungsweise abgelenkt werden.

### Verbindliche Inhalte

- **Bewegung** im homogenen elektrischen Feld
- Beschleunigung und Ablenkung von Ladungen

**Vorgaben und Hinweise** Es sollte die Analogie zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung und dem waagrechten Wurf aus der Mechanik hergestellt werden. Im Zusammenhang mit der Beschleunigung von Ladungen bietet es sich an, auf die Grenzen der klassischen Physik bei höheren Geschwindigkeiten hinzuweisen.

## Q1.1.2 Teilcheneigenschaften der Materie

### Die Schüler:innen ...

- erläutern Experimente zur Bestimmung der Ladung und der Masse des Elektrons und werten sie aus.

### Verbindliche Inhalte

- Millikanversuch
- Elementarladung
- $e/m$ -Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr
- Masse des Elektrons

**Vorgaben und Hinweise** Die Experimente können sinnvoll mit dem Thema homogene Felder verknüpft werden.

## Q1.1.3 Coulomb-Feld

bzw. Bewegungen in radialsymmetrischen Feldern

### Die Schüler:innen ...

- nennen das Coulomb'sche Gesetz und vergleichen es mit dem Gravitationsgesetz.
- analysieren und berechnen Kreisbewegungen im (Gravitations- und im) elektrischen Feld.

### Verbindliche Inhalte

- Coulomb'sches Gesetz

## Q1.1.4 Bewegungen in Magnetfeldern

### Die Schüler:innen ...

- stellen das Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters und einer stromdurchflossenen Spule dar.
- beschreiben und berechnen die Kräfte auf elektrische Leiter und bewegte Ladungen im Magnetfeld.
- erläutern den Zusammenhang zwischen Kraft und magnetischer Feldstärke.
- erklären den Halleffekt zur Messung der magnetischen Feldstärke.
- analysieren die Bewegung geladener Teilchen in homogenen Magnetfeldern.
- erläutern technische Anwendungen, in denen Ladungen in Magnetfeldern abgelenkt werden.

### Verbindliche Inhalte

- magnetische Feldstärke
- Lorentzkraft
- homogenes Magnetfeld
- Nachweis von Magnetfeldern
- Halleffekt
- Bewegungen von Ladungen in homogenen Magnetfeldern
- Anwendung elektrischer und magnetischer Felder:  
Fadenstrahlrohr, Kreisbeschleuniger, Massenspektrometer

## Q1.1.5 Elektrodynamik

### Die Schüler:innen ...

- erläutern das Induktionsgesetz. · analysieren technische Anwendungen der Induktion. · berechnen die magnetische Feldstärke um einen Leiter und in einer langen Spule. · berechnen die Induktivität einer Spule. · erläutern das zeitliche Verhalten einer Spule im Stromkreis.

### Verbindliche Inhalte

- Magnetfeld einer Spule
- Induktionsgesetz
- Wirbelströme
- Induktivität einer Spule
- Selbstinduktion
- Anwendungen der Induktion

### Vorgaben und Hinweise

Ein Ausblick auf die Maxwell-Gleichungen bietet sich an dieser Stelle ebenso an wie die Analyse der physikalischen Vorgänge von Wechselstromkreisen.

## Q1.2.1 Welleneigenschaften des Lichts

Siehe „EJ2.2 Welleneigenschaften des Lichts“

## Q1.2.2 Spektren

### Die Schüler:innen ...

- nutzen Spektren, um Eigenschaften der aussendenden Quelle zu bestimmen.
- erklären Wellenphänomene des Lichts, indem sie Analogien zu mechanischen oder akustischen Phänomenen nutzen.

### Verbindliche Inhalte

- Farben und Töne
- elektromagnetisches Spektrum
- diskrete und kontinuierliche Spektren
- Emissions- und Absorptionsspektren
- Dopplereffekt

**Vorgaben und Hinweise** Über die akustische Unschärferelation kann das Verständnis für die Heisenberg'sche Unschärferelation vorbereitet werden.

## Q2.1.1 Teilcheneigenschaften des Lichts

### Die Schüler:innen ...

· erläutern die experimentellen Befunde zum Photoeffekt. · erklären den Photoeffekt mit den Teilcheneigenschaften des Lichts. · interpretieren die Entstehung der Röntgenbremsstrahlung. · beschreiben das Verhalten von Licht mithilfe von Photoneigenschaften.

### Verbindliche Inhalte

- Photoeffekt
- Röntgenstrahlung
- Eigenschaften von Photonen: Energie, Masse, Impuls

## Q2.1.2 Welleneigenschaften der Materie

### Die Schüler:innen ...

· werten Experimente zu den Welleneigenschaften von Elektronen aus. · beschreiben, dass Quantenobjekte stets Wellen- und Teilcheneigenschaften aufweisen, sich diese aber nicht unabhängig voneinander beobachten lassen. · verwenden den linearen Potentialtopf als einfaches Atommodell zur Bestimmung quantisierter Energieniveaus.

### Verbindliche Inhalte

- Materiewellen
- De-Broglie-Wellenlänge
- Bragg-Reflexion
- Unschärferelation
- linearer Potentialtopf

## Q2.1.3 Quantenobjekte

### Die Schüler:innen ...

· beschreiben Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Verhaltens von klassischen Wellen, klassischen Teilchen und Quantenobjekten am Doppelspalt. · erläutern, dass sich der scheinbare Widerspruch des Welle-Teilchen-Dualismus durch eine Wahrscheinlichkeitsinterpretation beheben lässt. · treffen Vorhersagen über das Verhalten von Quantenobjekten mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen.

### Verbindliche Inhalte

- Eigenschaften von Quantenobjekten
- Doppelspalt-Experimente und Simulationen mit Licht, einzelnen Photonen und Elektronen

### Vorgaben und Hinweise

Die beobachteten Phänomene in Experimenten zur Quantenphysik können durch grundlegende Wesenszüge beschrieben werden, welche Quantenobjekte von klassischen Objekten besonders augenfällig unterscheiden. Das betrifft beispielsweise die Quantelung, das statistische Verhalten, die Fähigkeit zur Interferenz, die Eindeutigkeit von Messergebnissen und die Komplementarität.

## Q2.1.4 Quantenphysikalisches Atommodell

### Die Schüler:innen ...

· erläutern Grenzen des Bohr'schen Atommodells. · erklären die Emission und Absorption von Licht mit Hilfe eines Energiestufenmodells. · erläutern die Entstehung von Linienspektren. · berechnen Linienspektren mit Hilfe von vorgegebenen Energieniveaus. · erklären die Bedeutung eines Orbitals. · stellen den Aufbau des Periodensystems mit Hilfe der Quantenzahlen dar.

### Verbindliche Inhalte

- Grenzen des Bohr'schen Atommodells
- Linienspektren
- Energieniveaus des Wasserstoffatoms
- Orbitale des Wasserstoffatoms
- Quantenzahlen
- Pauli-Prinzip
- Aufbau des Periodensystems

### Vorgaben und Hinweise

Viele der anschaulichen klassischen Vorstellungen vom Aufbau der Materie sind im Bereich der Atome nicht mehr anwendbar: Deshalb ist das Bohr'sche Modell auch im Sinne eines Energiestufenmodells zu behandeln. Ziel des Unterrichts ist ein grundlegendes Verständnis einer quantenmechanischen Beschreibung eines Atoms. Grundsätzlich ist im Bereich der Atomphysik eine Absprache mit der Fachschaft Chemie zu empfehlen. Die Behandlung der Schrödinger-Gleichung ist nicht verbindlich vorgesehen, stellt aber eine mögliche Vertiefung dar.

### Ionisationsenergie

bzw. Bewegungen in radialsymmetrischen Feldern

### Die Schüler:innen ...

· führen Rechnungen zur Bestimmung von (Fluchtgeschwindigkeit und) Ionisationsenergie mittels Energiebilanzen durch.

### Verbindliche Inhalte

- Energieaustausch im radialsymmetrischen Feld: (Fluchtgeschwindigkeit, Ionisationsenergie)

## Q2.2. Mögliche Vertiefungsthemen oder Kontexte

Vertiefung von Themen der modernen Physik:

### Q2.2.1 Astronomie

### Q2.2.2 Astrophysik

### Q2.2.3 Relativitätstheorie

### Q2.2.4 Kernphysik

### Q2.2.5 Elementarteilchenphysik

### Q2.2.6 Festkörperphysik

### Q2.2.7 Thermodynamik