



RICARDA-HUCH-SCHULE
Gymnasium der Landeshauptstadt Kiel

Schulinternes Fachcurriculum

Physik

Beschluss der Fachkonferenz vom 29. Oktober 2019

Leistungen und ihre Bewertung

Leistungsbewertung wird verstanden als Beurteilung und Dokumentation der individuellen Lernentwicklung und des jeweils erreichten Leistungsstandes. Sie berücksichtigt sowohl die Ergebnisse als auch die Prozesse schulischen Lernens und Arbeitens.

Unterrichtsbeiträge

Unterrichtsbeiträge umfassen alle Leistungen, die sich auf die Mitarbeit und Mitgestaltung im Unterricht und im unterrichtlichen Kontext beziehen.

Im Laufe der Jahrgänge verändert sich die Gewichtung der verschiedenen Aspekte der Unterrichtsbeiträge. Zu Veranschaulichung soll die folgende Tabelle dienen:

	Klassen 7/8	Klassen 9/10	Oberstufe
Beiträge im Unterrichtsgespräch	XX	XX	XX
Beiträge im Gruppengespräch	X	XX	XXX
Erledigung von Einzel- und Gruppenaufgaben	XXX	XXX	XXX
Ergebnispräsentationen	XX	XX	XX
Eigenständige Auswertung von Experimenten	X	XX	XXX
Eigenständiges Experimentieren	XX	XX	XX
Referate	X	XX	XX
Ggf. Tests (max. 20 min)	XX	X	XX
Heftführung	XX	X	
Hausaufgaben	XX	XX	XX

Dabei bedeuten: X weniger wichtig
 XX wichtig
 XXX besonders wichtig

Bei allen Punkten werden berücksichtigt:

- Antworten in vollständigen Sätzen
- Benutzung von Fachsprache
- Bezug zur Aufgabenstellung
- Verständlichkeit der Aussagen
- Korrektheit der Ergebnisse
- Komplexität des Beitrages
- Plausibilität der Lösung
- Argumentationsfähigkeit
- Abstraktions- und Analysefähigkeit
- Transferfähigkeit
- Selbstständigkeit
- Selbstkritik
- Kreativität

Ergänzendes zu Tests

Tests sind ein Teil der Unterrichtsbeiträge und damit keine schriftlichen Leistungen (wie Klassenarbeiten), sie gehen dementsprechend in die Bewertung der Unterrichtsbeiträge mit ein. Innerhalb eines Schuljahres werden in der Regel zwischen zwei und vier Tests geschrieben, sie dienen zur Wiederholung eines Themengebiets, das zuvor einige Wochen unterrichtet wurde. Die Benotung von Tests orientiert sich grundsätzlich an dem unten aufgeführten Bewertungsschlüssel. In begründeten Fällen liegt eine Abweichung von diesem Raster im Ermessen der jeweiligen Lehrkraft.

Note	1	2	3	4	5	6
Anteil erreichter Punkte	≥90%	≥80%	≥65%	≥50%	≥25%	< 25%

Klausuren

Der Bewertungsschlüssel von Klausuren in der Oberstufe entspricht dem für das Abitur festgelegten Benotungsraster. Auch hier besteht die Möglichkeit, im Einzelfall von diesem Raster abzuweichen. Im erhöhten Anforderungsniveau sind die Aufgaben im Verlaufe der Oberstufe sukzessive an das Abiturniveau anzuheben.

Punkte	15	14	13	12	11	10	9	8
Anteil erreichter Punkte	> 95%	> 90%	> 85%	> 80%	> 75%	> 70%	> 65%	> 60%
Punkte	7	6	5	4	3	2	1	0
Anteil erreichter Punkte	> 55%	> 50%	> 45%	> 40%	> 33%	> 26%	> 19%	≤ 19 %

Alternative Leistungsnachweise in der Sek II

Neben Klassenarbeiten können auch alle weiteren nach dem Lehrplan möglichen Unterrichtsbeiträge als alternative Leistungsnachweise herangezogen werden.

Beispiele für alternative Leistungsnachweise sind unter anderem: Arbeitsmappen, Präsentationen, Vorträge, Referate, Portfolios, Protokolle, Projektarbeit oder Medienproduktionen. Je nach Unterrichtsgestaltung und Einbindung des Unterrichtsbeitrages in den Lernkontext legt die Lehrkraft individuell formale und inhaltliche Anforderungen für den alternativen Leistungsnachweis fest.

Reihenfolge, Zeitpunkt und Dauer der Unterrichtseinheiten

Sekundarstufe I

Jahrgang [G8]	Themen
7	<ul style="list-style-type: none"> • Energie: Qualitativer Energiebegriff (ca. 8 Stunden) • Magnetismus: Permanentmagnetismus (ca. 10 Stunden) • Elektrizitätslehre: Einfache elektrische Stromkreise (ca. 12 Stunden) • Wärme: Temperatur und Wärmetransport (ca. 16 Stunden) • Optik: Ausbreitung des Lichts und Reflexion an ebenen Flächen (ca. 14 Stunden)
8 [7]	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanik: Geschwindigkeit (ca. 12 Stunden) • Mechanik: Statische Kräfte (ca. 16 Stunden) • Optik: Lichtbrechung und optische Abbildungen (ca. 16 Stunden) • Magnetismus: Elektromagnetismus I (ca. 16 Stunden)
9 [8]	<ul style="list-style-type: none"> • Optik: Farben (ca. 4 Stunden) • Elektrizitätslehre: Stromstärke und Spannung (ca. 30 Stunden) • Mechanik: Beschleunigte Bewegungen (ca. 10 Stunden) • Mechanik: Dichte und Druck (ca. 16 Stunden)
10 [9]	<ul style="list-style-type: none"> • Magnetismus: Elektromagnetismus II (ca. 8 Stunden) • Atom- und Kernphysik: Elementarteilchen (ca. 6 Stunden) • Atom- und Kernphysik: Radioaktiver Zerfall (ca. 16 Stunden) • Atom- und Kernphysik: Kernenergie (ca. 10 Stunden) • Energie: Quantitativer Energiebegriff, Herausforderungen der Energieversorgung (ca. 20 Stunden)

Sekundarstufe II

Jahrgang	Themen
Einführungs- phase	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanik: Kinematik und Dynamik (ca. 45 Stunden) • Felder: Homogenes elektrisches Feld und Bestimmung der Elementarladung (ca. 45 Stunden)
Qualifikations- phase I	<ul style="list-style-type: none"> • Felder: Bewegung in radialsymmetrischen Feldern (ca. 20 Stunden) • Felder: Bewegungen in Magnetfeldern und e/m-Bestimmung (ca. 25 Stunden) • Felder: Elektrodynamik (ca. 20 Stunden) • Wellen: Schwingungen und Wellen (ca. 20 Stunden) • Wellen: Welleneigenschaften des Lichts (ca. 25 Stunden)
Qualifikations- phase II	<ul style="list-style-type: none"> • Wellen: Spektren (ca. 5 Stunden) • Quanten: Teilcheneigenschaften des Lichts (ca. 20 Stunden) • Wellen: Welleneigenschaften der Materie (ca. 10 Stunden) • Quanten: Quantenobjekte (ca. 10 Stunden) • Quanten: Quantenphysikalisches Atommodell (ca. 20 Stunden)

Sekundarstufe I

Energie: Qualitativer Energiebegriff

Aspekte	Vereinbarung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Energie, Energieform, Energieumwandlung, System, Komponenten des Systems, abnehmen, zunehmen, umwandeln, transportieren, speichern • Bewegungsenergie, Lageenergie, elektrische Energie, chemische Energie, thermische Energie, Strahlungsenergie, Spannenergie, Kernenergie
Prozessbezogene Kompetenzen	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Benennen Systeme und ihre Komponenten (Modellbildung). • Verknüpfen die Zunahme von Energie in einem System mit gleichzeitiger Abnahme von Energie eines anderen Systems (und umgekehrt). • Führen Experimente zur halbquantitativen Bestimmung der Energieformen durch. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreiben Energie und Energieumwandlungen. • Beschreiben Energietransportketten mit Flussdiagrammen. • Beschreiben Energieumwandlungen mithilfe von Kreisdiagrammen. <p>Bewertung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreiben, dass Energieumwandlungen immer mit „Verlusten“ einhergehen. • Beschreiben politische und wirtschaftliche Auswirkungen von begrenzten Energieressourcen.
Zentrale Experimente	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung von Energieumwandlung in Spielzeug • Experimentelle Untersuchung von Energieformen (Fahrbahn, Pendel)
Fächerübergreifendes Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Biologie: Energieumwandlungen von Menschen, Tieren, Winterschlaf • Geographie: Energieressourcen Kohle, Gas
Themenübergreifendes Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Anhand des Themas Energie wird im Anfangsunterricht ein Überblick über die zu behandelnden Sachgebiete der Physik gegeben und somit das Fach Physik vorgestellt.

Magnetismus: Permanentmagnetismus

Aspekte	Vereinbarung
<p style="text-align: center;">Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pole: Nord- und Südpol • Anziehung / Abstoßung • Kompass • Magnetfeld (-Linien) • Magnetisierbarkeit und Entmagnetisierung • Elementarmagnete
<p style="text-align: center;">Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fertigen Versuchsbeschreibungen und Zeichnungen der Experimente an. • Führen Experimente zur Abstoßung und Anziehung durch. • Führen Experimente zur Magnetisierbarkeit und Entmagnetisierung durch. • Führen Experimente mit dem Kompass durch. • Nutzen Eisenfeilspäne oder Magnetfeldtafeln und den Kompass zur Visualisierung des Magnetfeldes. • Nutzen das Feldlinienmodell zur Veranschaulichung und Erklärung von Magnetfeldern. • Nutzen das Elementarmagnetmodell zur Veranschaulichung und Erklärung von Magnetisierbarkeit und Entmagnetisierung. • Formulieren eigene Überlegungen und Fragestellungen. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreiben Beobachtungen, Modelle und Analogien.
<p style="text-align: center;">Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Anziehung und Abstoßung von Stabmagneten • Anziehung ferromagnetischer Stoffe • Magnetisieren und Entmagnetisieren bspw. einer Büroklammer • Zerteilen eines magnetisierten Gegenstandes (z.B. Büroklammer) • Visualisierung des Magnetfeldes eines Stabmagneten und eines Hufeisenmagnets mithilfe von Eisenfeilspänen, Magnetfeldplatten oder Zeichenkompassen

Elektrizitätslehre: Einfache elektrische Stromkreise

Aspekte	Vereinbarung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Kabel, Schalter, Glühlampe, Batterie, Netzgerät, Verbraucher • elektrischer Strom, offener/geschlossener Stromkreis, Reihenschaltung, Parallelschaltung, UND-/ODER-Schaltung • Elektrizität, Elektrizitätstransport, Energieumwandlung, Energietransport, Leiter, Nichtleiter, Isolator, Fließen, Strömen • Schaltplan, Schaltzeichen, Kurzschluss, Sicherung • Wärmewirkung des elektrischen Stroms, Lichtwirkung
Prozessbezogene Kompetenzen	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fertigen Versuchsbeschreibungen und Zeichnungen der Experimente an. • Planen Schülerexperimente und führen diese durch. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fertigen Protokolle an. • Lesen und zeichnen Schaltpläne. • Beschreiben Beobachtungen und Modelle zum Elektrizitäts- und Energietransport. <p>Bewertung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bewerten Sicherheitsmaßnahmen im Umgang mit Elektrizität.
Zentrale Experimente	<ul style="list-style-type: none"> • einfache Schaltungen in Schülerexperimenten mit Batterie oder Netzgerät, Kabel, Glühlampen und (selbst gebauten) Schaltern • Schaltungen mithilfe der Experimentierkästen
Mögliche Projekte	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstbau von Schaltern für besondere Situationen

Wärme: Temperatur und Wärmetransport

Aspekte	Vereinbarung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturskalen, Eichung und Kalibrierung • Thermometer • Temperatur • thermische Energie • Ausdehnung durch Wärme, das Bimetall • Siedepunkt und Schmelzpunkt • Aggregatzustände (schmelzen, erstarren, verdampfen, kondensieren) • Teilchenmodell • Wärmetransportarten: Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung
Prozessbezogene Kompetenzen	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Führen Experimente zur Kalibrierung eines Thermometers, zur thermischen Energie, zur Ausdehnung durch Wärme, zum Transport von Wärme und zu den Aggregatzuständen durch. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stellen ihre Ergebnisse von Temperaturverläufen in Diagrammen dar. • Beschreiben ihre Beobachtungen unter Verwendung von Modellen zur Teilchenbewegung bei Aggregatzustandsänderungen.
Zentrale Experimente	<ul style="list-style-type: none"> • Kalibrierung eines Thermometers • Erhitzen von Wasser unterschiedlicher Mengen mit dem Tauchsieder • Schmelzen von Eis und Sieden von Wasser • Erhitzen von Zylindern unterschiedlicher Materialien: Messung der Längenausdehnung und der unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeit • Sichtbarmachung der Konvektion mit Teelicht und Papierspirale, Fühlbarmachung der Wärmestrahlung mit einer Wärmelampe
Fächerübergreifendes Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Biologie: Treibhauseffekt, Wärmedämmung bei Tieren
Mögliche Projekte	<ul style="list-style-type: none"> • Entwurf einer optimalen Hausdämmung / Thermosflasche • Rollenspiel zur Begreifung thermischer Phänomene mithilfe des Teilchenmodells

Optik: Ausbreitung des Lichts und Reflexion an ebenen Flächen

Aspekte	Vereinbarung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Lichtquellen und beleuchtete Gegenstände • Absorption und Streuung • Geradlinige Lichtausbreitung • Schattenarten (Halb- und Kernschatten) • Mondphasen • Sonnen- und Mondfinsternis • (Loch-)Blende • Reflexion
Formeln	<ul style="list-style-type: none"> • Reflexionsgesetz • Strahlensatz $\frac{B}{G} = \frac{b}{g}$
Prozessbezogene Kompetenzen	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Führen Experimente zur Schattenbildung und Reflexion durch. • Konstruieren den beobachteten Verlauf von Lichtstrahlen. • Beschreiben ihre Beobachtungen unter Verwendung von Modellen zur Ausbreitung von Lichtstrahlen.
Zentrale Experimente	<ul style="list-style-type: none"> • Sichtbarmachung des Laserlichtes mit der Nebelmaschine oder Kreidestaub • Streuung und Absorption mit hellen und dunklen Gegenständen • Schattenarten und Schattengröße mit z.B. Mekeruphy-Versuch (Optik 2+, S. 6-8) • Reflexion mit z.B. Mekeruphy-Versuch (Optik 1, S. 8)
Fächerübergreifendes Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Geographie: Jahreszeiten
Mögliche Projekte	<ul style="list-style-type: none"> • Bau einer Lochkamera • Bau eines Pyramidenstumpfs aus Folie für dreidimensionale Spiegelungen

Mechanik: Geschwindigkeit

Aspekte	Vereinbarung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Bewegungsformen (geradlinig, Schwingung, Kreisbewegung) • Bewegungsarten (gleichförmig, ungleichförmig) • Geschwindigkeit – eine Größe mit Betrag und Richtung • Einheiten der Geschwindigkeit: $\frac{m}{s}$ und $\frac{km}{h}$ • Wegabschnitt Δs und Zeitabschnitt Δt (Zeitspanne); • Momentangeschwindigkeit, Durchschnittsgeschwindigkeit • Tachometer • Schall- und Lichtgeschwindigkeit • Darstellungsformen von Bewegungen: Diagramm, Formel, Tabelle, Text
Formeln	<ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$; • Strecke: $s = v \cdot t$
Prozessbezogene Kompetenzen	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestimmen experimentell Geschwindigkeiten, indem sie Strecke und Zeit messen. • Erstellen und analysieren Messtabellen (auch mittels Tabellenkalkulation). • Rechnen Geschwindigkeitsangaben um. • Vergleichen Geschwindigkeitsangaben miteinander. • Planen und führen Experimente zur Aufnahme von Bewegungsvorgängen durch. • Lernen den Umgang mit Messungenauigkeiten kennen (Methode). • Bestimmen mithilfe der Durchschnittsgeschwindigkeit zurückgelegte Wege und benötigte Zeiten. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analysieren Bewegungsabläufe anhand von Daten in verschiedenen Darstellungsformen. • Wechseln situationsgerecht zwischen verschiedenen Darstellungsformen. • Übertragen der Messwerte in ein Diagramm und Auswertung mit Ausgleichsgerade. • Beschreiben reale Situationen anhand von t-s-Diagrammen (und umgekehrt).
Zentrale Experimente	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung von Bewegungen bei Spielzeug, Fahrrad, Läufer, ... • Messung der Schallgeschwindigkeit

Mechanik: Statische Kräfte

Aspekte	Vereinbarung
<p style="text-align: center;">Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kraftarten (oft nach deren Herkunft bezeichnet), z.B. Maschinenkraft, Muskelkraft, Gewichtskraft, Reibungskraft, ... • Kraft als Wechselwirkung zwischen Körpern • Kraft F (als Grundgröße eingeführt) Krafteinheit 1N (Newton) • Kraft als Größe mit Betrag und Richtung • Angriffspunkt, Kraftpfeile, Kräfteparallelogramm • Hooke'sches Gesetz (elastische Verformung bei Federn) • Kräfteaddition, Kräftegleichgewicht, • Wechselwirkungsprinzip (actio gleich reactio), Rückstoß • Kraftwandler: Schiefe Ebene, Hebel, Seil, Rolle, Flaschenzug
<p style="text-align: center;">Formel</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hooke'sches Gesetz: $F = D \cdot \Delta l$ mit D: Federhärte, Δl: Feder-Verlängerung • Gewichtskraft $F_G = m \cdot g$; (Ortsfaktor $g \approx 9,81\text{N/kg}$) • Hebelgesetz • Schiefe Ebene: $F_G \cdot h = F_S \cdot s$
<p style="text-align: center;">Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verstehen Kräfte als Ursache für Bewegungsänderungen oder Verformung von Körpern. • Berücksichtigen in ihren Analysen Richtung und Betrag einer Kraft. • Berechnen Gewichtskräfte aus Masse und Ortsfaktor (auf der Erde und anderen Planeten). • Beschreiben, dass eine Kraftverringerung mit einer Wegverlängerung gekoppelt ist. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planen Experimente zur Messung von Kräften mit Federn. • Skizzieren das Zusammenwirken mehrerer Kräfte auf einen Körper (Kräfteparallelogramm). • Beschreiben Beispiele, anhand derer das Wechselwirkungsprinzip deutlich wird. • Fassen Wechselwirkungen zwischen Körpern oder die Veränderung an Körpern als Wirkung einer Kraft auf. • Unterscheiden die Masse als Eigenschaft des Körpers von der Gewichtskraft. • Beschreiben die Wirkungsweisen und Gesetzmäßigkeiten von Kraftwandlern an Beispielen. <p>Bewertung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analysieren Zusammenhänge bei Kraftwandlern.
<p style="text-align: center;">Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung der elastischen Verformung bei Federn und Gummibändern • Experimente mit Hebeln • Experimente mit Seil und Rollen, schiefe Ebene (mekruphy 2)
<p style="text-align: center;">Fächerübergreifendes Arbeiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Biologie: Kraftwandler (Hebel) beim Menschen und Tier

Optik: Lichtbrechung, optische Abbildungen und Farben

Aspekte	Vereinbarung
<p style="text-align: center;">Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Brechung und Reflexion an Grenzflächen • Totalreflexion, Glasfaserkabel, Endoskop • Linsenformen (Konvex- und Konkavlinsen) • Brennweite und der Einfluss der Brennweite auf das Bild • Beziehung zwischen Größe und Abstand bei der Linsenabbildung • Konstruktion optischer Abbildungen • Aufbau des Auges und die Sehfehler • Lupe als Beispiel für ein virtuelles Bild • Mikroskop und/oder Fernglas und/oder Fernrohr • Spektrale Zerlegung des Lichts • Grundfarben, Farbaddition • Absorption von Farben, Farbsubtraktion
<p style="text-align: center;">Formeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abbildungsgesetz: $\frac{B}{G} = \frac{b}{g}$ • Linsengleichung: $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$ (oder andere Möglichkeit)
<p style="text-align: center;">Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Können Brechung und Reflexion an Grenzflächen beschreiben, die dazugehörigen Winkel graphisch ermitteln und den Verlauf von Lichtstrahlen konstruieren. • Identifizieren Brechungseigenschaften als Ursache für die Eigenschaften der verschiedenen Linsenformen. • Unterscheiden die verschiedenen Abbildungen in Abhängigkeit von der Brennweite und können die Beziehung zwischen Größe und Abstand bei Linsenabbildungen beschreiben. • Können optische Abbildungen geometrisch konstruieren. • Können die Funktionsweise des menschlichen Auges und ausgewählter optischer Geräte beschreiben. • Erkennen die Abhängigkeit des Brechungswinkels von der Farbe des Lichts (Dispersion) • Erkennen den Unterschied zwischen Spektral- und Mischfarbe • Beschreiben, wie sich das gesamte Farbspektrum additiv und subtraktiv aus den drei Grundfarben erzeugen lässt.
<p style="text-align: center;">Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Viele Mekeruphy-Versuche (Optik 1, ab Seite 18 und Optik 2)
<p style="text-align: center;">Fächer-übergreifendes Arbeiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Funktion von Auge und Mikroskop (Absprache mit Biologie)
<p style="text-align: center;">Mögliche Projekte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sammlung von Sehfehlern • Experimentelle Behebung von Sehfehlern

Elektrizitätslehre: Elektromagnetismus I

Aspekte	Vereinbarung
<p style="text-align: center;">Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wirkung des elektrischen Stroms: Licht, Wärme, Magnet • Magnetische Wirkung des elektrischen Stroms: Oersted-Versuch • Elektromagnet • Strom und Stromstärke, • Magnetfeld (ohne Pole), konzentrische Feldlinien • Elektr. Stromrichtung, Magnetfeldrichtung, Linke-Hand-Regel. • Elektrische Klingel, Relais. • Elektromotor
<p style="text-align: center;">Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchen experimentell die magnetische Wirkung des elektrischen Stroms. • Untersuchen die Abhängigkeit von Magnetfeld und Stromstärke. • Messen Stromstärke (Umgang mit dem Messgerät). • Planen Schülerexperimente und führen diese durch. • Beschreiben die Zunahme der Wirkung elektrischen Stroms mit der Zunahme der Stromstärke. • Beschreiben Beobachtungen und Modelle zum Elektrizitätstransport. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreiben und erklären die Funktion elektrischer Geräte mit Hilfe des Elektromagnetismus. • Beschreiben den Aufbau und die Funktion der Teile beim Elektromotor. <p>Bewertung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bewerten Sicherheitsmaßnahmen im Umgang mit Elektrizität.
<p style="text-align: center;">Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Magnetfeld bei stromdurchflossenen Leitern und Spulen
<p style="text-align: center;">Mögliche Projekte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bau eines Elektromagneten • Bau eines Elektromotors

Elektrizitätslehre: Stromstärke und Spannung

Aspekte	Vereinbarung
<ul style="list-style-type: none"> Inhalt 	<ul style="list-style-type: none"> Elektrostatik: Elektrische Ladung Q, Abstoßung, Anziehung Elektrische Stromstärke I, elektrische Spannung U als Antrieb für den elektrischen Strom Elektrische Sicherheit in Abhängigkeit von der Spannung Elektrischer Widerstand, Ohm'sches Gesetz und dessen Gültigkeit (optional Heißleiter und Kaltleiter), Drähte als Widerstände Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen Knoten- und Maschenregel Elektrische Leistung, elektrische Energie
<p style="text-align: center;">Formeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> Elektrische Stromstärke: $I = \frac{Q}{t}$ Elektrischer Widerstand: $R = \frac{U}{I}$ Reihenschaltung von Widerständen: $R_G = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ Parallelschaltung von Widerständen: $\frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$ Kirchhoff'sche Regeln Elektrische Leistung: $P = U \cdot I$ Elektrische Energie: $E = U \cdot I \cdot t = P \cdot t$
<p style="text-align: center;">Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> Benennen die Gesetzmäßigkeiten der Elektrostatik. Beurteilen die Gefahren im Hinblick auf die Spannung Beschreiben, dass elektrische Ströme einen Antrieb benötigen und durch Widerstände gehemmt werden. Planen Schülerexperimente zur Bestimmung des elektrischen Widerstandes und führen diese durch (Messung von U und I) Erlernen den Umgang mit Multimetern. Berechnen Spannung, Stromstärke, Widerstände, Leistung und Energie von Geräten und Stromkreisen Erläutern die Knoten- und Maschenregel <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> Beschreiben und zeichnen mögliche Schaltpläne zur Messung von Stromstärke und Spannung für verschiedene Schaltungen. Beschreiben Modelle zum Elektrizitäts- und Energietransport. Beschreiben Möglichkeiten, durch Verwendung leistungsarmer Verbraucher (z.B. LEDs) den Energieverbrauch zu senken. <p>Bewertung</p> <ul style="list-style-type: none"> Bewerten verschiedene elektrische Schaltungen und Verbraucher im Hinblick auf Strom, Leistung und Energie.
<p style="text-align: center;">Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> Messung von Strom und Spannung bei verschiedenen Schaltungen in Schülerexperimenten mit Hilfe der Experimentierkästen und den Multimetern. Im Hinblick auf die Aktualität sollte auch eine Schaltung mit einer LED untersucht werden.
<p style="text-align: center;">Mögliche Projekte</p>	<ul style="list-style-type: none"> Untersuchung von Einsparmöglichkeiten beim häuslichen elektrischen Energiebedarf. Wie lange dauert es, bis sich der Kauf

	<p>einer LED als Ersatz für eine herkömmliche Glühlampe oder der Kauf eines besser isolierten Kühl- oder Gefrierschranks amortisiert hat? Ähnliche Fragestellungen ergeben sich automatisch.</p>
--	--

Mechanik: Beschleunigte Bewegungen

Aspekte	Vereinbarung
<p style="text-align: center;">Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gleichförmige und beschleunigte Bewegungen • Kräfte als Ursache für Geschwindigkeitsänderungen • Trägheitsprinzip • Reibungskräfte und Energieentwertung • Kinetische Energie (qualitativ)
<p style="text-align: center;">Formeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ • Formeln für beschleunigte Bewegungen erst in der Oberstufe
<p style="text-align: center;">Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreiben Beschleunigungsvorgänge aus dem Alltag. • Erstellen und analysieren Zeit-Weg-Diagramme und Zeit-Geschwindigkeits-Diagramme. • Führen Geschwindigkeitsänderungen auf das Wirken von Kräften zurück. • Wenden das Trägheitsprinzip zur Beschreibung und Erklärung von einfachen Alltagssituationen an. • Erklären die Abnahme der Geschwindigkeiten von Fahrzeugen mit Reibungskräften. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analysieren (näherungsweise) ideale beschleunigte Bewegungsabläufe anhand von experimentellen Daten. • Erläutern und erklären (sich gegenseitig) Phänomene, die auf dem Trägheitsprinzip beruhen. • Analysieren reale Bewegungsabläufe mit Reibung. • Benennen die Masse und die Geschwindigkeit als zentrale Größen für die Veränderung der Bewegungsenergie.
<p style="text-align: center;">Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mekruphy-Versuche zur gleichförmigen und beschleunigten Bewegung • Experimente zur Trägheit (Gewicht mit 2 Bindfäden, Münze auf Bierdeckel, Tischtuch wegziehen, ...)

Mechanik: Dichte und Druck

Aspekte	Vereinbarung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Körper: Masse, Volumen, Dichte und mittlere Dichte • Verdrängung, Überlaufgefäß, Auftrieb • Archimedisches Gesetz; Schwimmen, Schweben, Sinken • Komprimierbar, nicht komprimierbar • Druck: Auflagedruck, Schweredruck (Teilchenmodell) • Druckeinheiten: 1 Pa (Pascal), 1 bar • Manometer, Barometer • Luftdruck, Blutdruck • Überdruck, Unterdruck, Vakuum • Hydrostatisches Paradoxon, verbundene (kommunizierende) Gefäße, hydraulische Anlagen
Formeln	<ul style="list-style-type: none"> • Dichte: $\rho = \frac{m}{V}$ • Druck: $p = \frac{F}{A} = \rho \cdot g \cdot h$
Prozessbezogene Kompetenzen	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreiben den Zusammenhang zwischen Masse, Dichte und Volumen. • Führen Messungen von Massen und Volumina durch und berechnen Dichten von festen bzw. flüssigen Körpern und Luft. • Schätzen Massen mithilfe von Volumen und Dichte ab. • Überprüfen experimentell das Verhalten von Körpern in ruhenden Flüssigkeiten. • Erkennen und beschreiben Druckdifferenzen als Antrieb von Strömungen in Flüssigkeiten und Gasen (Luft). <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erklären die Entstehung des Schweredrucks in Flüssigkeiten und der Atmosphäre. • Erklären Phänomene und Experimente mit Hilfe des Drucks. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreiben den Zustand einer Flüssigkeit oder eines Gases durch den Begriff Druck als „Gepresstsein“. • Beschreiben ihre Beobachtungen unter Verwendung des Teilchenmodells.
Zentrale Experimente	<ul style="list-style-type: none"> • Dichtebestimmung, Volumenbestimmung unregelmäßiger Körper • Vakuumpumpe • Auftrieb in Flüssigkeit und Luft • Allseitige Druckausbreitung
Fächerübergreifendes und kontextorientiertes Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Schweben, Schwimmen, Sinken • Biologie. Fische (Schwimmlase)
Mögliche Projekte	<ul style="list-style-type: none"> • Bau von cartesischen Tauchern

Magnetismus: Elektromagnetismus II (Induktion und Transformator)

Aspekte	Vereinbarung
<p style="text-align: center;">Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Induktion • Generatorprinzip • Transformator • Transport elektrischer Energie (Hochspannungsleitung) • Europaweite Verbundnetze (Vorteile und Risiken)
<p style="text-align: center;">Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreiben und erklären Phänomene mit Hilfe der Induktion. • Erkennen das Generatorprinzip als beste technische Umsetzung zur Erzeugung elektrischer Energie. • Beschreiben die unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten von Transformatoren (Hochspannung und Hochstrom) und unterscheiden zwischen idealem und realem Transformator. • Beschreiben und erklären die Voraussetzungen für die Bereitstellung und Nutzung elektrischer Energie im Haushalt. • Können Maßnahmen zur Vermeidung von Energieverlusten beim Energietransport diskutieren. • Verstehen das Zustandekommen eines “Blackouts“.
<p style="text-align: center;">Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grundversuch zur Induktion (Spule und Magnet) • Generatormodell • Experimente zu den Transformatorgesetzen • Hörnerelektroden und glühender Nagel • Hochspannungsmodell
<p style="text-align: center;">Mögliche Projekte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lenz’sche Regel, Selbstinduktion • Magnet im Fallrohr

Atom- und Kernphysik: Elementarteilchen und radioaktiver Zerfall

Aspekte	Vereinbarung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Elementarteilchen (Proton, Neutron, Elektron) • Atomkern und -hülle • Kernladungs- und Ordnungszahl • Massenzahl • Isotope • Nuklide • α-, β- und γ-Zerfall • α-, β- und γ-Strahlung • Radioaktivität • Halbwertszeit • Nullrate • Geiger-Müller-Zählrohr • Abschirmung • Karlsruher Nuklidkarte
Formeln	<ul style="list-style-type: none"> • Zerfallsgesetz • Lambert-Beer'sches Gesetz • Umrechnungen: Becquerel und Sievert
Prozessbezogene Kompetenzen	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Führen die unten genannten Experimente zur Messung der Radioaktivität durch. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erläutern den Aufbau von Atomkernen. • Beschreiben und analysieren Prozesse beim radioaktiven Zerfall. • Beschreiben Verfahren zum Nachweis und zur Abschirmung radioaktiver Strahlung. <p>Bewertung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Benennen Risiken und Sicherheitsmaßnahmen im Umgang mit radioaktiver Strahlung. • Bewerten die Lagerung radioaktiver Abfälle hinsichtlich Abschirmung und Dauer.
Zentrale Experimente	<ul style="list-style-type: none"> • Messung der Radioaktivität unter Berücksichtigung der Nullrate • Bestimmung der Halbwertszeit (Simulation und Experiment) • Nachweis des Lambert-Beer'schen Gesetzes (Abschirmung)
Fächer-übergreifendes Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Mathematik: Exponentialfunktion • Chemie: Aufbau der Atome

Atom- und Kernphysik: Kernenergie

Aspekte	Vereinbarung
<p style="text-align: center;">Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kernspaltung und -fusion • Spaltprodukte • Kettenreaktion • Kernkraft(werk) • Kernwaffen • Energiebilanzen • Reaktor • Steuerstäbe
<p style="text-align: center;">Formeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Äquivalenz von Masse und Energie $E = mc^2$
<p style="text-align: center;">Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreiben und analysieren Vorgänge bei Kernfusion und -spaltung. • Beschreiben und analysieren Kernreaktionen. • Erstellen eine Präsentation aus Fachtexten, beispielsweise <ul style="list-style-type: none"> ○ Kernenergie und Masse: Universum A2, S. 212; Metzler S. 502f ○ Kernspaltung – Kettenreaktion: Universum A2, S. 214; Metzler S. 517 ○ Kernkraftwerk: Universum A2, S. 215; Metzler S. 520f ○ Kernfusion: Universum A2, S. 216; Metzler S. 524 <p>Bewertung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bewerten Chancen und Risiken der Nutzung von Kernenergie. • Vergleichen Kernkraftwerke mit konventionellen Kraftwerken.
<p style="text-align: center;">Fächer- übergreifendes Arbeiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Biologie: Medizinische Anwendungen und Folgen • Chemie: Aufbau der Atome

Energie: Quantitativer Energiebegriff und Herausforderungen der Energieversorgung

Aspekte	Vereinbarung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Energietransport, -umwandlung und -speicherung • Entwertung • Wirkungsgrad • Treibhauseffekt • Konventionelle Energieträger • Solarenergie
Formeln	<ul style="list-style-type: none"> • Potentielle Energie: $E = mgh$ • Kinetische Energie: $E = \frac{1}{2}mv^2$ • Spannenergie: $E = \frac{1}{2}Ds^2$ • Leistung: $P = \frac{E}{t}$ • Elektrische Leistung: $P = U \cdot I$ • Energieerhaltungssatz (Berücksichtigung des Wirkungsgrads)
Prozessbezogene Kompetenzen	<p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analysieren die Probleme beim Transport und der Speicherung von Energie. • Beschreiben die Prozesse bei der Umwandlung von solarer Energie. <p>Bewertung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwickeln Verhaltensregeln und Maßnahmen zum verantwortungsbewussten Umgang mit Energie. • Vergleichen und bewerten unterschiedliche Arten der Energieversorgung.
Zentrale Experimente	<ul style="list-style-type: none"> • Energieumwandlung bei Pendelversuchen • Modellversuch einer Hochspannungsleitung • Wärmeverluste bei elektrischen Leitungen • Versuche der Mechanik zur Verdeutlich der Leistung
Fächerübergreifendes Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Geographie: Nachhaltigkeit • Biologie: Treibhauseffekt • Wirtschaft/Politik: Energiewende
Außerschulische Lernorte	<ul style="list-style-type: none"> • Energielabor in der Kieler Forschungswerkstatt

Sekundarstufe II

Mechanik: Kinematik und Dynamik

Aspekte	Vereinbarung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Ort, Zeit, Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Gewichtskraft • gleichförmige Bewegung, gleichmäßig beschleunigte Bewegung • freier Fall, waagerechter Wurf, Erdbeschleunigung • Newton'sche Axiome • Haftreibungskraft, Gleitreibungskraft, Rollreibungskraft, Normalkraft, Haftreibungskoeffizient, Gleitreibungskoeffizient, Rollreibungskoeffizient • Impuls, Impulserhaltung, elastischer Stoß, unelastischer Stoß • mechanische Energie, Lageenergie, kinetische Energie, Spannenergie einer Feder, Energieerhaltung, Leistung • Vektor, Skalar
Formeln	<ul style="list-style-type: none"> • Durchschnittsgeschwindigkeit: $\bar{v} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ • Momentangeschwindigkeit: $v = \frac{ds}{dt} = \dot{s}$ • Beschleunigung: $a = \frac{dv}{dt} = \dot{v} = \ddot{s}$ • gleichförmige Bewegung: <ul style="list-style-type: none"> ○ $s(t) = v \cdot t + s_0$ ○ $v(t) = \text{konstant}$ ○ $a(t) = 0$ • gleichmäßig beschleunigte Bewegung: <ul style="list-style-type: none"> ○ $s(t) = \frac{1}{2}a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0$ ○ $v(t) = a \cdot t + v_0$ ○ $a(t) = \text{konstant}$ • 2. Newton'sches Axiom: $F = m \cdot a$ • Haftreibung: $F_{HR} \leq \mu_{HR} \cdot F_N$ • Gleitreibung: $F_{GR} = \mu_{GR} \cdot F_N$ • Rollreibung: $F_{RR} = \mu_{RR} \cdot F_N$ • Impuls: $p = m \cdot v$ • Impulserhaltung: $p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2$ • elastischer Stoß: <ul style="list-style-type: none"> ○ $v'_1 = \frac{m_1 v_1 + m_2 (2v_2 - v_1)}{m_1 + m_2}$ ○ $v'_2 = \frac{m_2 v_2 + m_1 (2v_1 - v_2)}{m_1 + m_2}$ • unelastischer Stoß: $v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$ • Mechanische Energie bei konstanter Kraft: $E = F \cdot s$ • Lageenergie: $E_{Lage} = m \cdot g \cdot h$ • Kinetische Energie: $E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ • Spannenergie einer Feder: $E_{Feder} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$

	<ul style="list-style-type: none"> Leistung: $P = \frac{E}{t}$
Prozessbezogene Kompetenzen	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> Bestimmen Geschwindigkeiten aus t-s-Diagrammen. Bestimmen Beschleunigungen aus t-v-Diagrammen. Interpretieren Messwerte und zeichnen Ausgleichsgeraden/-kurven. Bewerten Messgenauigkeit. Führen eine Videoanalyse durch, z.B. mit VianaNet Idealisieren aus Messdaten Zeit-Orts- und Zeit-Geschwindigkeitsgesetze. Werten Experimente zum waagerechten Wurf und freien Fall quantitativ aus. Idealisieren aus Messdaten das 2. Newton'sche Axiom. Formulieren auf der Grundlage von Experimenten den Energieerhaltungssatz. Formulieren auf Grundlage der Ergebnisse einer Simulation den Impulserhaltungssatz. Analysieren die Steigung von Graphen zur Beschreibung von Bewegungsabläufen. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> Stellen Daten aus Bewegungsmessungen mittels Tabellen, Graphen und Funktionen dar.
Zentrale Experimente	<ul style="list-style-type: none"> Gleichförmige Bewegung: Fahrbahnversuch z.B. Mekruphy (Mechanik 3, S. 9-12) oder Cassy, Versuch mit ferngesteuerten Autos. Gleichmäßig beschleunigte Bewegung: Fahrbahnversuch z.B. Mekruphy (Mechanik 3, S. 16-20 ggf. mit Auswertung per Videoanalyse) oder Cassy. 2. Newton'sches Axiom: Fahrbahnversuch z.B. Mekruphy (Mechanik 3, S. 24-27 ggf. mit Auswertung per Videoanalyse) oder Cassy. Freier Fall: z.B. Mekruphy-Versuch (Mechanik 3, S. 21-23), Cassy oder Videoanalyse eines fallenden Körpers. Waagerechter Wurf: Videoanalyse. Die Reibungskraft: z.B. Mekruphy-Versuch (Mechanik 2, S. 12-15). Impuls: Simulation, z.B. http://www.walter-fendt.de/html5/phde/collision_de.htm Energie: z.B. Mekruphy-Versuche (Mechanik 3, S. 34-35 und S. 36-37).
Mögliche Projekte	<ul style="list-style-type: none"> Videoanalyse einer alltagsnahen, zweidimensionalen Bewegung Erstellung eines physikalischen Aufsatzes oder einer Präsentation

Felder: Homogenes elektrisches Feld und Bestimmung der Elementarladung

Aspekte	Vereinbarung
<p>Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • elektrische Ladung, Influenz, dielektrische Polarisaton, Dielektrikum • elektrische Feldstärke, Feldlinie, Kraft, Faraday-Käfig, homogenes elektrisches Feld, inhomogenes elektrisches Feld, felderzeugende Ladung, Flächenladungsdichte, elektrische Feldkonstante • Potentielle Energie, Potential, Spannung, Äquipotentiallinie • Kondensator, Kapazität C, gespeicherte Ladungsmenge, gespeicherte Energie • Kathodenstrahlröhre, Kathode, Anode, Elektron • Millikanversuch, Elementarladung
<p>Formeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Feldstärke: • $\mathcal{E} = \frac{F}{q}$ • $\mathcal{E} = \frac{U}{d}$ (Plattenkondensator) • $\frac{Q}{A} = \epsilon_0 \mathcal{E}$ • Potentielle Energie: $E = \mathcal{E}qd$ • Potential: $\varphi_{0i} = \frac{E_{0i}}{q}$ • Spannung: $U_{21} = \varphi_{02} - \varphi_{01}$ • Kapazität: $C = \frac{Q}{U}$ • Energie eines Kondensators: $E = \frac{1}{2} CU^2$
<p>Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nutzen den waagerechten Wurf als Analogie zur Ablenkung in der Kathodenstrahlröhre. • Führen mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durch. • Beschreiben den waagerechten Wurf als Analogie zur Ablenkung in der Kathodenstrahlröhre. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erfassen und strukturieren Informationen aus zunehmend komplexeren Texten und Darstellungen, z.B. Metzler Kap. 5.2.3. • Beschreiben den waagerechten Wurf als Analogie zur Ablenkung in der Kathodenstrahlröhre
<p>Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Feldlinienbild: Grießkörner in Rizinusöl • Messung der Kraft F auf eine Probeladung q im elektrischen Feld der Ladung Q • Millikanversuch, ggf. als Simulation
<p>Themenübergreifendes Arbeiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analogiebetrachtung zwischen dem waagerechten Wurf und der Ablenkung des Elektronenstrahls in der Kathodenstrahlröhre

Felder: Bewegungen in radialsymmetrischen Feldern

Aspekte	Vereinbarung
<p>Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Coulomb'sches Gesetz, felderzeugende Ladung, Probeladung, Coulomb-Kraft, elektrische Feldstärke, elektrische Feldkonstante, Radialfeld • Gravitationsgesetz, Gravitationskonstante, Masse • Fluchtgeschwindigkeit • Zentripetalkraft • Bahngeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit, Umlaufzeit • Drehimpuls, Trägheitsmoment, Drehimpulserhaltung • Drehmoment, Winkelbeschleunigung, Rotationsenergie • Gleichmäßig beschleunigte Rotationsbewegung
<p>Formeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Coulomb'sches Gesetz: $F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2}$ • elektrische Feldstärke: $\mathcal{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$ • Gravitationsgesetz: $F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ • Zentripetalkraft: $F_R = m\omega^2 r = \frac{mv^2}{r}$ • Bahngeschwindigkeit: $v = \frac{2\pi r}{T}$ • Winkelgeschwindigkeit: $\omega = \frac{\phi}{t} = \frac{2\pi}{T}$ • Trägheitsmoment: <ul style="list-style-type: none"> ○ $J = \frac{1}{2} mR^2$ (Vollzylinder) ○ $J = mR^2$ (Hohlzylinder) ○ $J = \frac{2}{5} mR^2$ (Vollkugel) ○ Rotationsenergie $E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} J\omega^2$, $E_{\text{kin}} = E_{\text{rot}} + E_{\text{trans}}$ • Drehmoment $M = rF$ (Hebelarm mal senkrecht ansetzende Kraft) • Gleichmäßig beschleunigte Rotationsbewegung • $\phi = \frac{1}{2} \alpha t^2$, $\omega = \alpha t$, $\alpha = \text{konstant}$ • Analogie: 2. Axiom Newton $M = J\alpha$ • Drehimpuls: $L = J\omega$
<p>Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulieren Hypothesen zum Coulomb'schen Gesetz und Gravitationsgesetz. • Vergleichen Ergebnisse mit den zuvor gestellten Hypothesen zum Coulomb'schen Gesetz und zum Gravitationsgesetz. • Verwenden das Coulomb'sche Gesetz in Analogie zum Gravitationsgesetz. • Formulieren Hypothesen zur Zentripetalkraft. • Planen aufbauend auf den Hypothesen zur Zentripetalkraft ein Experiment. • Vergleichen Ergebnisse mit den zuvor aufgestellten Hypothesen zur Zentripetalkraft. • Erkennen das Trägheitsmoment der Rotation als Entsprechung der Masse bei der Translation.

	<ul style="list-style-type: none"> • Verwenden Analogien zwischen Translations- und Rotationsbewegung. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dokumentieren und präsentieren die Prüfung der Hypothesen zum Coulomb'schen Gesetz und zum Gravitationsgesetz. • Beschreiben das Coulomb'sche Gesetz als Analogie zum Gravitationsgesetz. • Dokumentieren und präsentieren die Prüfung der Hypothesen zur Zentripetalkraft.
<p style="text-align: center;">Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Messung der Kraft auf eine Probeladung im elektrischen Feld der Ladung • Simulation zum Gravitationsgesetz, z.B. http://www.leifiphysik.de/mechanik/gravitationsgesetz-und-feld/versuche/schwerkraftlabor-simulation-von-phet • Zentrifuge • Rollgeschwindigkeiten von Vollzylinder und Hohlzylinder

Felder: Bewegungen in Magnetfeldern

Aspekte	Vereinbarung
<p>Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Feldlinien, magnetische Feldstärke B, Linke-Hand-Regel • Spule, stromdurchflossener Leiter • Lorentzkraft, Stromstärke, Ladung, Elementarladung, Geschwindigkeit v, Drei-Finger-Regel der linken Hand • Hall-Sonde • Hall-Effekt, Hall-Spannung, Hall-Konstante • Zentripetalkraft, Winkelgeschwindigkeit, Masse • Anode, Kathode, Ion, Elektron, Massenspektrometer, Fadenstrahlrohr, Kreisbeschleuniger
<p>Formeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lorentzkraft: $F_L = q \cdot v \cdot B$ • Kraft auf stromdurchflossenen Leiter: $F = B \cdot I \cdot l$ • Hall-Spannung: $U_H = R_H \cdot \frac{I}{d} \cdot B$ • Hall-Konstante: $R_H = \frac{1}{n \cdot e}$ • Zentripetalkraft: $F_R = m\omega^2 r = \frac{mv^2}{r}$ • Kraft im elektrischen Feld: $F = \epsilon \cdot q$ • Elektrische Feldstärke im homogenen elektrischen Feld: $\epsilon = \frac{U}{d}$
<p>Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwickeln aus der Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter die Lorentzkraft. • Bilden Kräftegleichgewicht zum Hall-Effekt und leiten Formel für die Hall-Spannung her. • Erkennen die Lorentzkraft als Zentripetalkraft aus der Beobachtung am Fadenstrahlrohr und dem Massenspektrometer. • Bilden Kräftegleichgewichte beim Geschwindigkeitsfilter des Massenspektrometers und leiten Formel für die Geschwindigkeit her.
<p>Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld • Braun'sche Röhre: Ablenkung des Elektronenstrahls im Magnetfeld • Magnetfeld einer langen Spule • Fadenstrahlrohr • Gekreuztes E- und B-Feld

Felder: Elektrodynamik

Aspekte	Vereinbarung
<p>Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permeabilität, ferromagnetische Stoffe, Remanenz • Magnetischer Fluss • Induktion, Induktionsgesetz • Lenz'sche Rege • Thomson'scher Ring • Wirbelströme • Induktivität einer Spule, Selbstinduktion • Energie und Energiedichte eines Magnetfelds
<p>Formeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Magnetfeld eines Leiters $B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$ • Magnetfeld einer Spule $B = \mu_0 \mu_r \frac{In}{l}$ • Induktionsgesetz $U_{\text{ind}} = -nA_n \dot{B}$ (A_n konstant), $U_{\text{ind}} = -n\dot{A}_n B$ (B konstant), $U_{\text{ind}} = -n\dot{\Phi}$ (allgemein) • Induktivität einer Spule $L = \mu_0 \mu_r \frac{n^2 A}{l}$ • Selbstinduzierte Spannung $U_{\text{ind}} = -\mu_0 \mu_r \frac{n^2 A}{l} \dot{I}$ • Energie des Magnetfelds einer Spule $E_{\text{mag}} = \frac{1}{2} LI^2$
<p>Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erkennen die Funktionsweise von Elektromagneten. • Erkennen die Abhängigkeit der Größe einer induzierten Spannung von der Änderungsrate anderer Größen. • Wenden das Induktionsgesetz für einfache Beispiele an. • Stellen Hypothesen zur Selbstinduktion auf und überprüfen diese. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Präsentieren Anwendungen der elektromagnetischen Induktion.
<p>Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Messung der magnetischen Feldstärke unterschiedlicher Spulen ohne/mit Materie mithilfe der Hallsonde • Zeitabhängige Messung der Induktionsspannung mit Hufeisenmagnet und Spule (CASSY), auch mit einer drehenden Spule • Zeitabhängige Messung von U und I an einer Spule beim Ein- und Ausschaltvorgang

Wellen: Schwingungen und Wellen

Aspekte	Vereinbarung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Oszillator, Schwingungsdauer T, Frequenz f, Amplitude \hat{y}, Elongation $y(t)$, Kreisfrequenz ω, Phasenwinkel φ • harmonische Schwingung, ungedämpfte Schwingung, gedämpfte Schwingung, Dämpfungskonstante δ • Gewichtskraft F_G, rücktreibende Kraft F_r • Fadenpendel, Fadenlänge l • Federpendel, Federkonstante D, Hooke'sches Gesetz • Schwingungsgleichung, Differentialgleichung • Eigenfrequenz f_0, erzwungene Schwingung, Erregerfrequenz f_e, Resonanz, Resonanzfrequenz f_R • Longitudinalwelle, Transversalwelle • Wellenlänge λ, Ausbreitungsgeschwindigkeit c • Wellengleichung • Huygen'sches Prinzip, Wellenfront, Wellennormale • Interferenz, konstruktive Interferenz, destruktive Interferenz, Reflexion, Reflexion am festen Ende, Reflexion am losen Ende, Brechung, Beugung, stehende Welle, Schwingungsbauch, Schwingungsknoten • Doppler-Effekt
Formeln	<ul style="list-style-type: none"> • Schwingungsdauer: $T = \frac{t}{n}$ • Frequenz: $f = \frac{n}{t} = \frac{1}{T}$ • Kreisfrequenz: $\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2 \cdot \pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f$ • Schwingungsgleichung: $y(t) = \hat{y} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ • Schwingungsdauer des Fadenpendels: $T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ • Schwingungsdauer des Federpendels: $T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m}{D}}$ • Hooke'sches Gesetz: $F = D \cdot s$ • Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle: $c = \lambda \cdot f$ • Wellengleichung $y(x, t) = \hat{y} \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$
Prozessbezogene Kompetenzen	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Idealisieren aus den Messdaten der Videoanalyse die Sinusfunktion • Ermitteln aus t-y-Diagrammen charakteristische Größen einer Schwingung. • Ermitteln aus der Schwingungsgleichung charakteristische Größen einer Schwingung. • Beschreiben Idealisierungen beim Fadenpendel. • Leiten Differentialgleichungen beim Faden- und Federpendel her. • Messen charakteristische Größen einer Welle.
Zentrale Experimente	<ul style="list-style-type: none"> • Fadenpendel: z.B. Mekruphy-Versuch (Mechanik 3, S. 31) • Federpendel: z.B. Mekruphy-Versuch (Mechanik 3, S- 38-40, S. 41-43)

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• Videoanalyse des Feder- oder Fadenpendels.• Projektion einer Kreisbewegung: z.B. Plattenspieler und Transparentschild• Resonanz: z.B. Resonanz eines schwingenden Wagens, akustische Resonanz einer Stimmgabel, Resonanz in der Simulation https://phet.colorado.edu/de/simulation/legacy/resonance• Wellenwanne: Brechung, Beugung, Interferenz, Doppler-Effekt• Simulation einer Seilwelle: https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_de.html• Simulation einer stehenden Welle: https://www.leifiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/versuche/stehende-welle-simulation• Messung von Wellengrößen an der Wellenwanne |
|--|--|

Wellen: Welleneigenschaften des Lichts

Aspekte	Vereinbarung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Huygens'sches Prinzip, Beugung • Interferenz, konstruktive Interferenz, destruktive Interferenz, Hauptmaximum, Nebenmaximum, Minimum • Doppelspalt, Vielfachspalt, Gitter, Einfachspalt, dünne Schichten, Glimmerblatt • Gangunterschied Δs, Wellenlänge λ, Ordnung n, Winkelweite α_n, Spaltabstand d, Gitterkonstante g, Spaltbreite b, Abstand zwischen Spalt und Schirm e, Abstand zwischen Spalt und Maximum l, Abstand zum 0. Maximum a • Brechungsindex n, Lichtgeschwindigkeit c • Kohärenz
Formeln	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruktive Interferenz: $\Delta s = n \cdot \lambda$ • Destruktive Interferenz: $\Delta s = (2 \cdot n - 1) \cdot \lambda$ • Doppelspalt: $\sin(\alpha) = \frac{\Delta s}{d}$ und $\sin(\alpha) = \frac{a}{l} \approx \frac{a}{e}$ • Gitter: $\sin(\alpha) = \frac{\Delta s}{g}$ und $\sin(\alpha) = \frac{a}{\sqrt{e^2 + a^2}}$ • Einfachspalt: <ul style="list-style-type: none"> ○ Minima n-ter Ordnung: $n \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha_n$ ○ Maxima n-ter Ordnung: $\frac{(2 \cdot n + 1) \cdot \lambda}{2} = d \cdot \sin \alpha_n$
Prozessbezogene Kompetenzen	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Führen mathematische Umformung aus Trigonometrie und den Bedingungen für konstruktive und destruktive Interferenz zur Bestimmung der Lage der Maxima und Minima beim Doppelspaltversuch durch. • Nutzen Laserpointer sachgerecht unter Berücksichtigung der Sicherheitshinweise. • Planen Experimente zur Wellenlängenbestimmung am Gitter und zur Bestimmung des Spurabstandes einer CD unter Berücksichtigung des Messfehlers. • Interpretieren und bewerten Ergebnisse der Wellenlängenbestimmung am Gitter hinsichtlich der Genauigkeit. • Interpretieren und bewerten Ergebnisse der Bestimmung des Spurabstandes einer CD hinsichtlich der Genauigkeit. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beobachten und beschreiben Welleneigenschaften des Lichts anhand des Doppelspaltexperimentes. • Dokumentieren und präsentieren mathematische Umformungen aus Trigonometrie und den Bedingungen für konstruktive und destruktive Interferenz zur Bestimmung der Lage der Maxima und Minima beim Doppelspaltversuch.
Zentrale Experimente	<ul style="list-style-type: none"> • Beugung und Interferenz am Doppelspalt: z.B. Mekruphy (Optik 2, S. 39f.); mögliche Variation mit Laserpointern als Lichtquellen. • Simulation des Doppelspaltes: https://www.leifiphysik.de/optik/beugung-und-

interferenz/doppelspalt.

- Beugung und Interferenz am Gitter: z.B. Mekruphy (Optik 2, S. 41 f.); mögliche Variation mit Laserpointern als Lichtquellen.
- Simulation des Vielfachspaltes und des Gitters:
<https://www.leifiphysik.de/optik/beugung-und-interferenz/vielfachspalt-und-gitter>.
- Wellenlängenbestimmung am Gitter: z.B. Mekruphy (Optik 2, S. 43f.); mögliche Variation mit Laserpointern als Lichtquellen.
- Beugung und Interferenz am Einfachspalt: z.B. Demonstrationsexperiment.
- Interferenz an dünnen Schichten: z.B. Interferenz am Glimmerblatt als Demonstrationsexperiment oder Interferenz an einer Seifenblasenhaut.
- Bestimmung des Spurbabstandes einer CD

Wellen: Spektren

Aspekte	Vereinbarung
<p>Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetisches Spektrum, Infrarot (IR)-Strahlung, sichtbares Licht, Ultraviolett (UV)-Strahlung, Röntgenstrahlung, Gammastrahlung • Farbe, Wellenlänge • Diskretes Spektrum, Spektrallinien, Linienspektrum, Kontinuierliches Spektrum • Emissionsspektrum, Absorptionsspektrum, Fraunhofer'sche Linien
<p>Formeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> • $1\text{cm} > \lambda_{\text{IR}} > 780\text{nm}$ • $780\text{nm} > \lambda_{\text{sichtbaresLicht}} > 360\text{nm}$ • $360\text{nm} > \lambda_{\text{UV}} > 3\text{nm}$ • $3\text{nm} > \lambda_{\text{Röntgen}} > 3 \cdot 10^{-14}\text{m}$ • $10^{-10}\text{m} > \lambda_{\text{Gamma}} > 10^{-15}\text{m}$
<p>Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulieren auf der Grundlage des Photoeffektes Quantelung der Energiebeträge. • Formulieren auf Grundlage des Compton-Effekts die Teilcheneigenschaften des Lichts. • Formulieren auf Grundlage der h-Bestimmung (Mekruphy-Versuch mit Leuchtdioden) Proportionalität zwischen Energie und Frequenz. • Werten h-Bestimmung (Mekruphy-Versuch mit Leuchtdioden) quantitativ aus, indem sie Austrittsenergie, Grenzfrequenz und Planck'sches Wirkungsquantum h ermitteln. • Führen mathematische Umformung aus Trigonometrie und der Bedingung für konstruktive Interferenz zur Herleitung der Bragg-Gleichung durch. • Nutzen Energieerhaltung zur Erklärung der kurzwelligen Grenze. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beobachten und beschreiben den Photoeffekt. • Erfassen und strukturieren Informationen zu Einsteins Erklärung des Photoeffekts (z.B. Metzler S. 376).
<p>Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Flammenfärbung (z.B. Li, Cu, Na, Sr) • Spektralzerlegung des Lichtes einer Glühlampe und einer Energiesparlampe (z.B. Spektalkamera) • Fraunhofer'sche Linien, Vergleich mit dem Emissionsspektrum von Wasserstoff.

Quanten: Teilcheneigenschaften des Lichts

Aspekte	Vereinbarung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Photoeffekt, Photoelektron, Austrittsenergie E_A, Elektroskop, Potentielle Energie E_{Pot}, • Photon, Quantenobjekt • Intensität, Wellenlänge λ, Frequenz f, Energie E • Planck'sches Wirkungsquantum h • Röntgenstrahlung, Anode, Kathode, glühelektrischer Effekt, Heizspannung, Anodenspannung U_A • Bragg-Reflexion, konstruktive Interferenz, Netzebenenabstand d, Glanzwinkel ϑ • Bremsstrahlung, kurzwellige Grenze λ_{min} • Compton-Effekt, elastischer Stoß, Masse m, Impuls p
Formeln	<ul style="list-style-type: none"> • h-Bestimmung: <ul style="list-style-type: none"> ○ $E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$ ○ Übertragene Energie: $E = E_{Kin} + E_A$ ○ Potentielle Energie: $E_{Pot} = e \cdot U$ • Bremsstrahlung: $E = e \cdot U_A = h \cdot f_{max} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{min}}$ • Bragg-Gleichung: $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin\vartheta$ • Impuls eines Photons: $p_{Ph} = m_{Ph} \cdot c = \frac{h \cdot f}{c}$ • Masse eines Photons: $m_{Ph} = \frac{E}{c^2} = \frac{h \cdot f}{c^2}$
Prozessbezogene Kompetenzen	<p>Kommunikation:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tauschen sich anhand der Simulation über Wesenszüge der Quantenobjekte unter Verwendung der Fachsprache (Wesenszüge, statistisches Verhalten, Fähigkeit zur Interferenz, Eindeutigkeit von Messergebnissen, Komplementarität, Quantenobjekt, Ort) aus. • Sammeln und ordnen anhand der Simulation Argumente zu den Wesenszügen der Quantenobjekte. • Gehen in der Diskussion über Wesenszüge der Quantenobjekte auf Argumente Anderer ein und ordnen diese ein.
Zentrale Experimente	<ul style="list-style-type: none"> • Photoeffekt mit Elektroskop: <ul style="list-style-type: none"> ○ positive und negative Ladungen ○ Veränderung der Intensität durch Veränderung des Abstandes der Quecksilberdampf Lampe ○ Glasplatte als UV-Filter • h-Bestimmung: Mekeruphy-Versuch mit Leuchtdioden • Auswertung eines Röntgenemissionsspektrums, z.B. https://www.leifiphysik.de/atomphysik/roentgenstrahlung/versuche/roentgen-emissionsspektrum • Compton-Effekt

Wellen: Welleneigenschaften der Materie

Aspekte	Vereinbarung
<p>Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • De-Broglie-Wellenlänge λ, Frequenz f, Planck'sches Wirkungsquantum h, Impuls p, kinetische Energie E_{Kin}, potentielle Energie E_{Pot}, • Heisenberg'sche Unschärferelation, Ortsunschärfe Δx, Impulsunschärfe Δp, Energieunschärfe ΔE, Zeitunschärfe Δt • Welle-Teilchen-Dualismus, Welleneigenschaften, klassische Welle Teilcheneigenschaften, klassisches Teilchen, Quantenobjekt
<p>Formeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> • De-Broglie-Wellenlänge: $\lambda = \frac{h}{p}$ • Kinetische Energie: $E_{\text{Kin}} = 0,5m \cdot v^2 = 0,5 \frac{p^2}{m}$ • Potentielle Energie: $E_{\text{Pot}} = e \cdot U$ • Impuls: $p = m \cdot v$ • Heisenberg'sche Unschärferelation: <ul style="list-style-type: none"> ○ $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$ ○ $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$
<p>Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulieren auf Grundlage der Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre und dem Doppelspaltexperiment mit Elektronen Welleneigenschaften der Elektronen. • Beschreiben mithilfe des Einfachspaltes und den Welleneigenschaften der Elektronen den funktionalen Zusammenhang zwischen Ortsunschärfe und Impulsunschärfe. <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beobachten und beschreiben anhand der Elektronenbeugungsröhre und des Doppelspaltexperimentes mit Elektronen Welleneigenschaften der Elektronen. • Erfassen und strukturieren Informationen zu Wellen- und Teilcheneigenschaften von Photonen und Elektronen aus Fachtext (z.B. Metzler S. 395). • Verknüpfen neue Informationen zu Quantenobjekten mit vorhandenem Wissen zu Wellen- und Teilcheneigenschaften von Photonen und Elektronen.
<p>Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elektronenbeugungsröhre • Doppelspaltversuch mit Elektronen, z.B. Simulation: S:\Schulsoftware\Physik\Doppelspalt • Elektronen am Einfachspalt zur Herleitung der Heisenberg'schen Unschärferelation

Quanten: Quantenobjekte

Aspekte	Vereinbarung
<p style="text-align: center;">Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Quantenobjekt, klassische Welle, klassisches Teilchen, Elektron, Photon • Doppelspalt • Wesenszüge von Quantenobjekten, statistisches Verhalten, Fähigkeit zur Interferenz, Eindeutigkeit von Messergebnissen, Komplementarität • Wellenfunktion Ψ, Antreffwahrscheinlichkeit w, Volumenelement ΔV
<p style="text-align: center;">Formeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Antreffwahrscheinlichkeit: $w = \Psi ^2 \cdot \Delta V$
<p style="text-align: center;">Prozessbezogene Kompetenzen</p>	<p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tauschen sich anhand der Simulation über Wesenszüge der Quantenobjekte unter Verwendung der Fachsprache (Wesenszüge, statistisches Verhalten, Fähigkeit zur Interferenz, Eindeutigkeit von Messergebnissen, Komplementarität, Quantenobjekt, Ort) aus. • Sammeln und ordnen anhand von Simulationen Argumente zu den Wesenszügen der Quantenobjekte. • Gehen in der Diskussion über Wesenszüge der Quantenobjekte auf Argumente Anderer ein und ordnen diese ein.
<p style="text-align: center;">Zentrale Experimente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Doppelspaltversuch mit Elektronen, z.B. Simulation: S:\Schulsoftware\Physik\Doppelspalt • Durchführung z.B. nach Anleitung von https://www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/ifdn-physik/quantenphysik_piko.pdf: <ul style="list-style-type: none"> ○ Statistisches Verhalten: S. 20f. ○ Fähigkeit zur Interferenz: S. 22-24. ○ Eindeutigkeit von Messergebnissen: S. 26f. ○ Komplementarität: S. 27f.

Quanten: Quantenphysikalisches Atommodell

Aspekte	Vereinbarung
<p>Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • quantenhafte Absorption, quantenhafte Emission • Bohr'sches Atommodell, 1. Bohr'sches Postulat, 2. Bohr'sches Postulat, Bohr'scher Radius • Zentripetalkraft, Coulomb-Kraft, kinetische Energie, potentielle Energie, Gesamtenergie, Diskrete Energiewerte, Energieniveauschema • Spektralserien von Wasserstoff: Lyman, Balmer, Paschen, Brackett und Pfund • Orbital, Aufenthaltswahrscheinlichkeit • Linearer Potentialtopf • Schrödinger-Gleichung • Hauptquantenzahl n, Nebenquantenzahl l, Orientierungsquantenzahl m, Spinquantenzahl s • Pauli-Prinzip • Orbitale • Laser • Übergangsregeln zwischen angeregten Atomzuständen
<p>Formeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Spektralserien von Wasserstoff: $f = C \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ • Balmer-Formel: $f = C \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ • Bohr'sches Atommodell für Wasserstoff: <ul style="list-style-type: none"> ○ 1. Bohr'sches Postulat: $m_e \cdot r_n \cdot v_n = n \cdot \frac{h}{2\pi}$ ○ 2. Bohr'sches Postulat: $h \cdot f = E_m - E_n$ ○ Zentripetalkraft: $F_Z = \frac{m \cdot v^2}{r}$ ○ Coulomb-Kraft: $F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ○ Bahngeschwindigkeit: $v_n = \frac{e^2}{4\pi \cdot h \cdot n}$ ○ Bahnradius: $r_n = \frac{h^2 \cdot \epsilon_0}{\pi \cdot m_e \cdot e^2} \cdot n^2$ ○ Kinetische Energie: $E_{\text{Kin}} = 0,5mv^2$ ○ Potentielle Energie: $E_{\text{pot}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$ ○ Gesamtenergie: $E_n = -\frac{1}{8} \cdot \frac{m_e e^4}{\epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2}$ ○ Energie im Potentialtopf der Länge a: $E_n = \frac{h^2}{8ma^2} n^2$ ○ Schrödinger allgemein: $\frac{i\hbar}{2\pi} \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\vec{r}, t) = \left(\frac{-\hbar^2}{8\pi^2 m} \nabla^2 + V(\vec{r}) \right) \Psi(\vec{r}, t)$ ○ Zeitunabhängig, eindimensional und in Schulschreibweise: $\Psi''(x) + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - E_{\text{pot}}) \Psi(x) = 0$ ○ Für das Wasserstoffatom: $\Psi''(x, y, z) + \frac{8\pi^2 m_e}{h^2} \left(E + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \Psi(x, y, z) = 0$ ○ Quantenzahlen: $n = 1, 2, \dots; l = 0, 1, \dots, (n-1); m = -1, \dots, 0, \dots, 1; s$

	= +/-0,5
Prozessbezogene Kompetenzen	<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wählen Gesetzmäßigkeiten zur Kreisbewegung, Bohr'sche Postulate und Energieerhaltung aus, um das Wasserstoffatom quantitativ zu beschreiben und das Wasserstoffspektrum zu erklären. • Erläutern, dass das Bohr'sche Atommodell die quantenphysikalischen Eigenschaften der Elektronen nicht wiedergibt und dadurch die Komplexität reduziert. • Beschreiben die Grenzen des Bohr'schen Atommodells. • Nutzen das Atommodell des linearen Potentialtopfes zur Erklärung der Quantelung der Energiebeträge. • Nutzen das Modell des Potentialtopfes für Atome und Moleküle zur groben Erklärung chemischer Bindungen und von Farbstoffmolekülen • Vergleichen die unterschiedlichen Formen der Schrödinger-Gleichung • Schließen aus dem analytischen Lösungsansatz der Schrödinger-Gleichung für das Wasserstoffatom auf die Notwendigkeit von Quantenzahlen zur Beschreibung von angeregten Atomzuständen • Nutzen das Pauli-Prinzip zur Erläuterung des Aufbaus des Periodensystems • Nutzen Schreibweisen wie z.B. $1s^2 2s^2 2p^5 3p^1$ (Neon) zur Beschreibung angeregter Atomzustände sowie Übergangsregeln z.B. beim Franck-Hertz-Versuch mit Neon oder beim Helium-Neon-Laser <p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erfassen und strukturieren Informationen zu Orbitalen des Wasserstoffatoms (z.B. Metzler S. 424).
Zentrale Experimente	<ul style="list-style-type: none"> • Franck-Hertz-Versuch • Linienspektren von Gasentladungsröhren, v.a. Balmer-Lampe (z.B. https://www.leifiphysik.de/atomphysik/atomarer-energieaustausch/versuche/linienspektren-von-gasentladungsroehren)