

Grundlegende Gliederung

Eingangsphase	Qualifikationsphase 1	Qualifikationsphase 2
Kinematik	Elektrisches Feld	Quantenphysik der Materie
Dynamik	Magnetisches Feld	Relativitätstheorie
Kreisbewegung	Schwingungen	
Schwingungen und Wellen	Wellen	
	Quantenphysik des Lichts	

Einstiegsphase E

Kinematik

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise, Bemerkungen und Medienkompetenz
Ort, Zeit, Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit [Geschwindigkeit als vektorielle Größe] Bewegungsformen und Bewegungsarten gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung Beschleunigung	SuS analysieren Bewegungen auch anhand von Bild- oder Videomaterial. SuS identifizieren gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen als Spezialfälle allgemeiner Bewegungen. SuS bestimmen Strecken, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen auch mit Methoden der Differenzial- und Integralrechnung. SuS führen komplexere Bewegungen auf die Überlagerung von einfachen Bewegungen zurück.	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 Schülerinnen und Schüler zur Differential- und Integralrechnung im Verlauf der Oberstufe zunehmend an Relevanz gewinnen.
freier Fall [senkrechter Wurf nach oben / unten] waagerechter Wurf [schräger Wurf]	SuS führen eine quantitative Analyse des waagerechten Wurfes durch.	
Energieerhaltung	SuS wenden den Energieerhaltungssatz zur quantitativen Beschreibung von Bewegungen an.	
Impuls Impulserhaltung	Impuls als Stabilität des Bewegungszustandes SuS erläutern den Impulserhaltungssatz.	GEL: Herleitung der Formeln für die Geschwindigkeiten nach dem elastischen Stoß

elastischer und unelastischer Stoß	SuS wenden den Impulserhaltungssatz zur quantitativen Beschreibung von elastischen und unelastischen Stößen an.	
------------------------------------	---	--

Dynamik

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise, Bemerkungen und Medienkompetenz
Masse, Kraft [vektoriell] Beschleunigung mit Newtonschem Grundgesetz der Dynamik Trägheitsprinzip Reibungskraft	SuS beschreiben und berechnen Kräfte als Ursache von Bewegungsänderungen. SuS nutzen ihr Wissen über den vektoriellen Charakter der Kraft zur Kräfteaddition und Kräftezerlegung. SuS unterscheiden zwischen realen und idealisierten Bewegungen. SuS sagen reale Bewegungen mithilfe iterativer Verfahren voraus.	Reibungskräfte an der geneigten Ebene – vektorielle Auswertung
Kraftstoß und Impulsänderung	SuS beschreiben Änderung von Bewegungsabläufen	

Kreisbewegung

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise, Bemerkungen und Medienkompetenz
Bahn- und Winkelgeschwindigkeit Zentripetalkraft Drehimpuls und Drehimpulserhaltung	SuS beschreiben die Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung. SuS berechnen Bahn- und Winkelgeschwindigkeiten bei Kreisbewegungen. SuS erläutern die auftretenden Kräfte bei Kreisbewegungen. SuS erklären Drehbewegungen unter Nutzung der Drehimpulserhaltung.	Es ist keine umfassende Unterrichtseinheit zum Drehimpuls vorgesehen. Die Behandlung des Drehimpulses ist auch im Zusammenhang mit den Quantenzahlen möglich.
Gravitationsgesetz Energieaustausch im radialsymmetrischen Feld: Fluchtgeschwindigkeit, Ionisationsenergie	SuS nennen das Gravitationsgesetz SuS analysieren und berechnen Kreisbewegungen im Gravitationsfeld. SuS führen Rechnungen zur Bestimmung von Fluchtgeschwindigkeit und Ionisationsenergie mittels Energiebilanzen durch	

Schwingungen und Wellen

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise, Bemerkungen und Medienkompetenz
Schwingungen		
charakteristische Größen der Schwingung: Schwingungsdauer, Frequenz, Amplitude und Elongation Geschwindigkeit und Beschleunigung	SuS beschreiben Schwingungen mit Hilfe ihrer charakteristischen Größen. SuS stellen Schwingungen mit Hilfe von Sinusfunktionen graphisch dar.	
Faden- und Federpendel		
Wellen		
charakteristische Größen der Wellen: Frequenz, Wellenlänge, Amplitude, Elongation, Ausbreitungsgeschwindigkeit Longitudinal- und Transversalwellen Farben und Töne elektromagnetisches Spektrum	SuS erklären Wellenphänomene des Lichts, indem sie Analogien zu mechanischen oder akustischen Phänomenen nutzen.	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. Ein Hinweis auf den Grundcharakter des Lichts als Welle und den Zusammenhang von Frequenz und Wellenlänge ist möglich

Qualifikationsphase Q1

Schwingungen und Wellen

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise, Bemerkungen und Medienkompetenz
Schwingungen		
Schwingungsgleichung	SuS stellen Schwingungen mit Hilfe von Sinusfunktionen graphisch dar. SuS ermitteln aus der Schwingungsgleichung die charakteristischen Größen.	
Gedämpfte Schwingung Erzwungene Schwingungen Erreger- und Eigenfrequenz, Resonanz Energiebetrachtungen		Überlagerung von Schwingungen mit Schwebung beim Stimmen von Instrumenten
Wellen		
Wellen Reflektion, Brechung Interferenz stehende Wellen	SuS stellen Wellen mit Hilfe von Sinusfunktionen graphisch dar. SuS erklären die Ausbreitung und Reflexion von Wellen mit Hilfe von gekoppelten Oszillatoren.	Wellengleichung Kundsche Röhre Gitarre Dopplereffekt
Welleneigenschaften des Lichts		

Beugung, Huygens'sches Prinzip	SuS erklären mithilfe des Huygens'schen Prinzips die Entstehung von Interferenzmustern.	
Interferenzphänomene: Doppelspalt, Gitter, Einfachspalt, dünne Schichten Kohärenz	SuS untersuchen Interferenzphänomene experimentell. SuS berechnen die Lage von Maxima und Minima bei Interferenzphänomenen. SuS erläutern die Voraussetzungen für Interferenz unter Berücksichtigung von Kohärenz.	Auf grundlegendem Niveau sind der Einfachspalt und dünne Schichten nur phänomenologisch zu betrachten.
Polarisation	SuS Untersuchen Polarisationsphänomene experimentell.	

Elektrisches Feld

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise, Bemerkungen und Medienkompetenz
elektrische Ladung geladene Körper Influenz dielektrische Polarisation Kräfte zwischen Ladungen Abschirmung elektrischer Felder Coulomb'sches Gesetz Energieaustausch im radialsymmetrischen Feld: Ionisationsenergie	SuS interpretieren Experimente zum Nachweis elektrischer Ladungen. SuS beschreiben die Kräfte zwischen und innerhalb von geladenen Körpern. SuS nennen das Gravitationsgesetz und vergleichen es mit dem Coulomb'schen Gesetz.	
diskrete und kontinuierliche Spektren Emissions- und Absorptionsspektren		
elektrische Feldstärke Potential, Spannung und potentielle Energie Feldlinien, Äquipotentiallinien Eigenschaften des Plattenkondensators: Kapazität, gespeicherte Ladungsmenge, gespeicherte Energie	SuS erläutern den Zusammenhang von Kraft und elektrischer Feldstärke. SuS beschreiben den Zusammenhang von potentieller Energie einer Ladung und dem Potential im elektrischen Feld. SuS skizzieren elektrische Felder mittels Feld- und Äquipotentiallinien. SuS berechnen Kapazität und gespeicherte elektrische Energie eines Plattenkondensators.	Als Vertiefung bieten sich die Auf- und Entladevorgänge eines Kondensators sowie die Bedeutung kapazitiver Bauelemente in Stromkreisen an.
Millikanversuch Elementarladung	SuS erläutern Experimente zur Bestimmung der Ladung und	Die Experimente können sinnvoll mit dem Thema

Masse des Elektrons	der Masse des Elektrons und werten sie aus.	homogene Felder verknüpft werden.
Bewegung im homogenen elektrischen Feld Beschleunigung und Ablenkung von Ladungen	SuS analysieren die Bewegung geladener Teilchen im homogenen elektrischen Feld. SuS berechnen die Geschwindigkeit von beschleunigten Ladungen mit Hilfe des Energiesatzes. SuS vergleichen die Bewegungen im homogenen elektrischen Feld mit denen im Gravitationsfeld. SuS erläutern technische Anwendungen, in denen Ladungen beschleunigt beziehungsweise abgelenkt werden.	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.

Magnetisches Feld

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise, Bemerkungen und Medienkompetenz
magnetische Feldstärke Lorentzkraft homogenes Magnetfeld Nachweis von Magnetfeldern Bewegungen von Ladungen in homogenen Magnetfeldern Anwendung elektrischer und magnetischer Felder: Fadenstrahlrohr, Kreisbeschleuniger, Massenspektrometer Halleffekt	SuS stellen das Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters und einer stromdurchflossenen Spule dar. SuS beschreiben und berechnen die Kräfte auf elektrische Leiter und bewegte Ladungen im Magnetfeld. SuS erläutern den Zusammenhang zwischen Kraft und magnetischer Feldstärke. SuS erklären den Halleffekt zur Messung der magnetischen Feldstärke. SuS analysieren die Bewegung geladener Teilchen in homogenen Magnetfeldern. SuS erläutern technische Anwendungen, in denen Ladungen in Magnetfeldern abgelenkt werden.	
Magnetfeld einer Spule Induktionsgesetz Wirbelströme Selbstinduktion Anwendungen der Induktion Induktivität einer Spule	SuS erläutern das Induktionsgesetz. SuS analysieren technische Anwendungen der Induktion. SuS berechnen die magnetische Feldstärke um einen Leiter und in einer langen Spule. SuS berechnen die Induktivität einer Spule. SuS erläutern das zeitliche Verhalten einer Spule im Stromkreis.	Ein Ausblick auf die Maxwell-Gleichungen bietet sich an dieser Stelle ebenso an wie die Analyse der physikalischen Vorgänge von Wechselstromkreisen.
e/m-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr		

Quantenphysik des Lichts

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise, Bemerkungen und Medienkompetenz
Photoeffekt $E = h \cdot f$ Eigenschaften von Photonen: Energie, Masse, Impuls $E = m \cdot c^2$	SuS erläutern die experimentellen Befunde zum Photoeffekt. SuS erklären den Photoeffekt mit den Teilcheneigenschaften des Lichts. SuS beschreiben das Verhalten von Licht mithilfe von Photoneneigenschaften.	
[Comptoneffekt]	SuS werten den Stoßprozess vektoriell aus	
Linienspektren Energieniveaus des Wasserstoffatoms diskrete und kontinuierliche Spektren Emissions- und Absorptionsspektren		

Qualifikationsphase Q2

Quantenphysik der Materie

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise, Bemerkungen und Medienkompetenz
Röntgenstrahlung Materiewellen De-Broglie-Wellenlänge Bragg-Reflexion Unschärferelation linearer Potentialtopf	SuS interpretieren die Entstehung der Röntgenbremsstrahlung. SuS werten Experimente zu den Welleneigenschaften von Elektronen aus. SuS beschreiben, dass Quantenobjekte stets Wellen- und Teilcheneigenschaften aufweisen, sich diese aber nicht unabhängig voneinander beobachten lassen. SuS verwenden den linearen Potentialtopf als einfaches Atommodell zur Bestimmung quantisierter Energieniveaus.	
Eigenschaften von Quantenobjekten Doppelspalt-Experimente und Simulationen mit Licht, einzelnen Photonen und Elektronen	SuS beschreiben Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Verhaltens von klassischen Wellen, klassischen Teilchen und Quantenobjekten am Doppelspalt. SuS erläutern, dass sich der scheinbare Widerspruch des Welle-Teilchen- Dualismus durch eine Wahrscheinlichkeitsinterpretation beheben lässt. SuS treffen Vorhersagen über das Verhalten von Quantenobjekten mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen.	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.

Quantenphysikalisches Atommodell		
Grenzen des Bohr'schen Atommodells Orbitale des Wasserstoffatoms Quantenzahlen Pauli-Prinzip Aufbau des Periodensystems	SuS erläutern Grenzen des Bohr'schen Atommodells. SuS erklären die Emission und Absorption von Licht mit Hilfe eines Energiestufenmodells. SuS berechnen Linienspektren mit Hilfe von vorgegebenen Energieniveaus. SuS erklären die Bedeutung eines Orbitals. SuS stellen den Aufbau des Periodensystems mit Hilfe der Quantenzahlen dar.	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 Schrödingergleichung ist nicht verbindlich vorgesehen, stellt aber eine mögliche Vertiefung dar.

Medienkompetenzen im Physikunterricht

[illegible]