



# Schulinternes Curriculum Physik

Jahrgänge 12 und 13

Erhöhtes Anforderungsniveau (eA)

Gültig ab: Schuljahr 2023/2024 (im 12. Jg.)



## Schwingungen und Wellen (1. Semester)

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Schülerinnen und Schüler...	
<ul style="list-style-type: none"><li>stellen harmonische Schwingungen grafisch dar.</li><li>beschreiben harmonische Schwingungen mithilfe von Auslenkung, Amplitude, Periodendauer und Frequenz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>verwenden die Zeigerdarstellung oder Sinuskurven zur grafischen Beschreibung.</li><li>ermitteln Werte durch Ablesen an einem registrierenden Messinstrument (Oszilloskop oder geeignetes digitales Werkzeug).</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>geben die Gleichung für die Periodendauer eines Feder-Masse-Pendels an.</li><li><b>nur eA:</b> nennen ein lineares Kraftgesetz als Bedingung für die Entstehung einer mechanischen harmonischen Schwingung.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>untersuchen die zugehörigen Abhängigkeiten experimentell.</li><li>ermitteln geeignete Ausgleichskurven.</li><li>wenden diese Verfahren auf das Fadenpendel an.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li><b>nur eA:</b> beschreiben die Schwingung eines Feder-Masse-Pendels mithilfe von Energieumwandlungen.</li><li><b>nur eA:</b> beschreiben die Bedingung, unter der bei einer erzwungenen Schwingung Resonanz auftritt.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>deuten in diesem Zusammenhang die zugehörigen t-s- und t-v-Diagramme auch bei gedämpften Schwingungen im Spezialfall exponentiell abnehmender Amplitude.</li><li>erläutern das Phänomen Resonanz anhand eines Experiments.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>beschreiben den Aufbau eines elektromagnetischen Schwingkreises.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>beschreiben in Analogie zum Feder-Masse-Pendel die Energieumwandlungen in einem Schwingkreis qualitativ.</li><li>beschreiben ein Experiment zur Erzeugung einer Resonanzkurve.</li><li>ermitteln die Abhängigkeit der Frequenz der Eigenschwingung von der Kapazität experimentell anhand eines Resonanzversuchs.</li><li>nennen die thomsonsche Schwingungsgleichung.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>beschreiben die Ausbreitung harmonischer Wellen.</li><li>beschreiben harmonische Wellen mithilfe von Periodendauer, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge, Frequenz, Amplitude und Phase.</li><li>geben den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Frequenz an.</li><li>beschreiben Reflexion, Brechung und Beugung als Phänomene, die bei der Wellenausbreitung auftreten.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>verwenden Zeigerketten oder Sinuskurven zur grafischen Darstellung.</li><li>wenden die zugehörige Gleichung an.</li><li>begründen diesen Zusammenhang mithilfe der Zeigerdarstellung oder der Sinusfunktion.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>vergleichen longitudinale und transversale Wellen.</li><li>beschreiben Polarisierbarkeit als Unterscheidungsmerkmal zwischen transversalen und longitudinalen Wellen.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>untersuchen experimentell die Winkelabhängigkeit der Intensität des durchgehenden Lichts bei einem Paar von Polarisatoren.</li><li>interpretieren in diesem Zusammenhang das Quadrat der Zeigerlänge bzw. das Quadrat der Amplitude der zugehörigen Sinuskurve als Intensität.</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben und deuten Interferenzphänomene für folgende „Situationen“: <ul style="list-style-type: none"> <li>- stehende Welle,</li> <li>- Michelson-Interferometer,</li> <li>- Doppelspalt und Gitter,</li> <li>- <b>nur eA:</b> Einzelspalt,</li> <li>- <b>nur eA:</b> bei der Bragg-Reflexion.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verwenden die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung zur Beschreibung und Deutung.</li> <li>• erläutern die technische Verwendung des Michelson-Interferometers zum Nachweis kleiner Längenänderungen.</li> <li>• erläutern die Veränderung des Interferenzmusters beim Übergang vom Doppelspalt zum Gitter.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben je ein Experiment zur Bestimmung der Wellenlänge <ul style="list-style-type: none"> <li>- von Ultraschall bei durch Reflexion entstandenen stehenden Wellen,</li> <li>- von weißem und monochromatischem Licht mit einem Gitter (objektiv / <b>nur eA:</b> subjektiv),</li> </ul> </li> <li>- <b>nur eA:</b> mit dem Michelson-Interferometer,</li> <li>- <b>nur eA:</b> von Röntgenstrahlung mit Bragg-Reflexion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• werten entsprechende Experimente aus.</li> <li>• beschreiben die Funktion der zugehörigen optischen Bauteile.</li> <li>• leiten die Gleichung für die Interferenz am Doppelspalt selbstständig und begründet her.</li> <li>• ordnen den Frequenzbereich des sichtbaren Lichts in das Spektrum elektromagnetischer Wellen ein.</li> <li>• wenden ihre Kenntnisse zur Bestimmung des Spurbstandes bei einer CD/DVD an.</li> <li>• erläutern ein Verfahren zur Aufnahme eines Röntgenspektrums.</li> <li>• leiten die Bragg-Gleichung selbstständig und begründet her.</li> </ul>

## Elektrische Felder, Magnetfelder und Induktion (2. Semester)

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Schülerinnen und Schüler...	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben elektrische Felder durch ihre Kraftwirkungen auf geladene Probekörper.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• skizzieren Feldlinienbilder für das homogene Feld, das Feld einer Punktladung und das eines Dipols.</li> <li>• beschreiben die Funktionsweise eines faradayschen Käfigs als Resultat des Superpositionsprinzips.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen die Einheit der Ladung und erläutern die Definition der elektrischen Feldstärke.</li> <li>• <b>nur eA:</b> beschreiben das coulombsche Gesetz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben ein Verfahren zur Bestimmung der elektrischen Feldstärke auf der Grundlage von Kraftmessungen.</li> <li>• werten in diesen Zusammenhängen Messreihen aus.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Zusammenhang zwischen Ladung und elektrischer Stromstärke.</li> <li>• nennen die Definition der elektrischen Spannung als der pro Ladung übertragbaren Energie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die elektrische Spannung auch als Potenzialdifferenz.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Zusammenhang zwischen der Feldstärke in einem Plattenkondensator und der anliegenden Spannung.</li> <li>• geben die Energiebilanz für einen freien geladenen Körper im elektrischen Feld eines Plattenkondensators an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln die Geschwindigkeit eines geladenen Körpers im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators mithilfe dieser Energiebilanz.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den t-I-Zusammenhang (<b>nur eA:</b> und die t-U-Zusammenhänge) beim Aufladevorgang und beim Entladevorgang eines Kondensators mithilfe einer Exponentialfunktion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen selbstständig Experimente zum Auf- und Entladevorgang hinsichtlich Stromstärke und Spannung durch.</li> <li>• ermitteln aus den Messdaten den zugehörigen t-I- bzw. t-U-Zusammenhang.</li> <li>• überprüfen den Zusammenhang zwischen der Halbwertszeit und dem Produkt aus R und C.</li> <li>• begründen die Auswahl einer exponentiellen Regression auf der Grundlage der Messdaten.</li> <li>• ermitteln die geflossene Ladung mithilfe von t-I-Diagrammen.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen die Definition der Kapazität eines Kondensators.</li> <li>• nennen die Gleichung für die Energie des elektrischen Feldes eines Plattenkondensators.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• planen ein Experiment zur Bestimmung der Kapazität eines Kondensators und führen es durch.</li> <li>• beschreiben eine Einsatzmöglichkeit von Kondensatoren in technischen Systemen.</li> <li>• berechnen die Kapazität eines Plattenkondensators aus seinen geometrischen Abmessungen.</li> <li>• beschreiben qualitativ den Einfluss eines Dielektrikums auf die Kapazität.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben magnetische Felder durch ihre Wirkung auf Kompassnadeln.</li> <li>• ermitteln Richtung (Dreifingerregel) und Betrag der Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im homogenen Magnetfeld.</li> <li>• nennen die Definition der magnetischen Flussdichte B (Feldstärke B ) in Analogie zur elektrischen Feldstärke E.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln die Richtung von magnetischen Feldern mit Kompassnadeln.</li> <li>• erläutern ein Experiment zur Bestimmung von B mithilfe einer Stromwaage.</li> <li>• begründen die Definition mithilfe geeigneter Messdaten.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Bewegung von freien Elektronen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- unter Einfluss der Lorentzkraft,</li> <li>- unter Einfluss der Kraft im homogenen elektrischen Querfeld,</li> <li>- im Wien-Filter.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• begründen den prinzipiellen Verlauf der Bahnkurven.</li> <li>• übertragen ihre Kenntnisse auf andere geladene Teilchen.</li> <li>• leiten vorstrukturiert die Gleichung für die Bahnkurve im homogenen elektrischen Querfeld her.</li> <li>• leiten die zugehörige Gleichung für die Geschwindigkeit her.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nur eA:</b> beschreiben das physikalische Prinzip zur Bestimmung der spezifischen Ladung von Elektronen mithilfe des Fadenstrahlrohres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten dazu die Gleichung für die spezifische Ladung des Elektrons her und bestimmen die Elektronenmasse.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben ein Experiment zur Messung von B mit einer Hallsonde.</li> <li>• <b>nur eA:</b> erläutern die Entstehung der Hallspannung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen selbstständig Experimente zur Messung von B mit einer Hallsonde durch.</li> <li>• berechnen die magnetische Flussdichte B (Feldstärke B ) im Inneren einer schlanken Spule.</li> <li>• skizzieren Magnetfeldlinienbilder für einen geraden Leiter und eine Spule.</li> <li>• leiten die Gleichung für die Hallspannung in Abhängigkeit von der Driftgeschwindigkeit anhand einer geeigneten Skizze her.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Erzeugung einer Induktionsspannung qualitativ mithilfe des magnetischen Flusses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen einfache qualitative Experimente zur Erzeugung einer Induktionsspannung durch.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nur eA:</b> wenden das Induktionsgesetz in differenzieller Form auf vorgegebene lineare und sinusförmige Verläufe von <math>\Phi</math> an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• begründen den Verlauf von t-U-Diagrammen für lineare und sinusförmige Änderungen von <math>\Phi</math>.</li> <li>• werten geeignete Versuche bzw. Diagramme zur Überprüfung des Induktionsgesetzes aus.</li> <li>• stellen technische Bezüge hinsichtlich der Erzeugung von Wechselspannung dar.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nur eA:</b> beschreiben Spulen als Energiespeicher in Analogie zu Kondensatoren.</li> <li>• <b>nur eA:</b> nennen die Gleichung für die Energie des magnetischen Feldes einer Spule.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern in diesem Zusammenhang die Vorgänge beim Ein- und Ausschalten von Spulen durch Selbstinduktion.</li> <li>• definieren die Induktivität als Bauteileigenschaft aus einer Energiebetrachtung.</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Quantenobjekte und Atomhülle (3. Semester)

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Schülerinnen und Schüler...	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben ein Doppelspaltexperiment zur Interferenz von Quantenobjekten mit Ruhemasse (z. B. kalte Neutronen, Fullerene).</li> <li>• ermitteln die Wellenlänge bei Quantenobjekten mit Ruhemasse mithilfe der de-Broglie-Gleichung.</li> <li>• <b>nur eA:</b> nennen in diesem Zusammenhang die Definition des Impulses.</li> <li>• beschreiben das Experiment mit der Elektronenbeugungsröhre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• deuten das Interferenzmuster stochastisch.</li> <li>• verwenden zur Deutung der Interferenzmuster die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung.</li> <li>• beschreiben den Zusammenhang zwischen der Nachweiswahrscheinlichkeit für ein einzelnes Quantenobjekt und dem Quadrat der resultierenden Zeigerlänge bzw. der Amplitude der resultierenden Sinuskurve.</li> <li>• bestätigen durch Auswertung von Messwerten die Anti-proportionalität zwischen Wellenlänge und Geschwindigkeit.</li> <li>• deuten die Beobachtungen mithilfe optischer Analogieversuche an Transmissionsgittern.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• übertragen die stochastische Deutung von Interferenzmustern auf Doppelspaltexperimente mit einzelnen Photonen und Elektronen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben und deuten die entstehenden Interferenzmuster bei geringer und hoher Intensität.</li> <li>• erläutern die Koinzidenzmethode zum Nachweis einzelner Photonen.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nur eA:</b> beschreiben den Aufbau eines Mach-Zehnder-Interferometers.</li> <li>• <b>nur eA:</b> interpretieren ein Experiment mit dem Mach-Zehnder-Interferometer mit einzelnen Quantenobjekten unter den Gesichtspunkten Komplementarität und Nichtlokalität.</li> <li>• <b>nur eA:</b> beschreiben ein Experiment mit dem Mach-Zehnder-Interferometer analog zu einem delayed-choice-Experiment.</li> <li>• <b>nur eA:</b> erläutern die Begriffe Zustand, Präparation und Superposition am Beispiel eines Experimentes mit polarisiertem Licht.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Begriffe Komplementarität und Nichtlokalität mithilfe der Beobachtungen am Mach-Zehnder-Interferometer mit einzelnen Quantenobjekten.</li> <li>• erläutern an diesem Beispiel die Begriffe Nichtlokalität und Kausalität.</li> <li>• erläutern eine Anwendung der Quantenphysik.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nur eA:</b> erläutern Unbestimmtheit in der Form: die Streuungen der Werte zweier komplementärer Größen können nicht beide beliebig klein sein.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• veranschaulichen das Konzept der Unbestimmtheit an einem Beispiel.</li> <li>• vergleichen das Erlernte mit der Lehrbuch-Notierung der Unbestimmtheitsrelation für Ort und Impuls.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die experimentelle Bestimmung der planckschen Konstante <math>h</math> mit LEDs in ihrer Funktion als Energiewandler.</li> <li>• <b>nur eA:</b> beschreiben ein Experiment zur Bestimmung der Energie der Photoelektronen beim äußeren lichtelektrischen Effekt mit der Vakuum-Fotозelle.</li> <li>• <b>nur eA:</b> erläutern die Entstehung des Röntgenbremsspektrums als Energieübertragung von Elektronen auf Photonen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• deuten das zugehörige Experiment mithilfe des Photonenmodells.</li> <li>• überprüfen durch Auswertung von Messwerten die Hypothese der Proportionalität zwischen Energie des Photons und der Frequenz.</li> <li>• wenden ihre Kenntnisse über das Photonenmodell des Lichtes auf diese Situation an.</li> <li>• deuten das zugehörige f-E-Diagramm.</li> <li>• ermitteln aus Röntgenbremsspektren einen Wert für die plancksche Konstante <math>h</math>.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Quantisierung der Gesamtenergie von Elektronen in der Atomhülle.</li> <li>• nennen die Gleichung für die Gesamtenergie eines Elektrons in diesem Modell.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden dazu das Modell vom eindimensionalen Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden an.</li> <li>• leiten die Gleichung für die Gesamtenergie eines Elektrons in diesem Modell her.</li> <li>• beschreiben die Aussagekraft und die Grenzen dieses Modells auch unter Berücksichtigung der Unbestimmtheitsrelation.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern quantenhafte Emission anhand von Experimenten zu Linienspektren bei Licht ...</li> <li>• <b>nur eA:</b> ... und Röntgenstrahlung.</li> <li>• erläutern einen Versuch zur Resonanzabsorption.</li> <li>• beschreiben einen Franck-Hertz-Versuch.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären diese Beobachtungen durch die Annahme diskreter Energieniveaus in der Atomhülle.</li> <li>• beschreiben Wellenlängen-Intensitäts-Spektren von Licht.</li> <li>• stellen einen Zusammenhang zwischen den Leuchterscheinungen in einer mit Neon gefüllten Franck-Hertz-Röhre und der Franck-Hertz-Kennlinie dar.</li> <li>• ermitteln eine Anregungsenergie anhand einer Franck-Hertz-Kennlinie.</li> <li>• nennen Unterschiede zwischen einer Anregung mit Photonen und einer Anregung mit Elektronen.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären den Zusammenhang zwischen Spektrallinien und Energieniveauschemata.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Vorgänge der Fluoreszenz an einem einfachen Energieniveauschema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• benutzen vorgelegte Energieniveauschemata zur Berechnung der Wellenlänge von Spektrallinien und ordnen gemessenen Wellenlängen Energieübergänge zu.</li> <li>• erklären ein charakteristisches Röntgenspektrum auf der Grundlage dieser Kenntnisse.</li> <li>• berechnen die Energieniveaus von Wasserstoff und von wasserstoffähnlichen Atomen mit der Balmer-Formel.</li> <li>• erläutern und bewerten die Bedeutung der Fluoreszenz in Leuchtstoffen an den Beispielen Leuchtstoffröhre und „weiße“ LED.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Orbitale des Wasserstoffatoms bis <math>n = 2</math>.</li> <li>• <b>nur eA:</b> beschreiben die „Orbitale“ bis <math>n = 2</math> in einem dreidimensionalen Potenzialtopf.</li> <li>• <b>nur eA:</b> nennen das Pauliprinzip.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen einen Zusammenhang zwischen Orbitalen und Nachweiswahrscheinlichkeiten für Elektronen anschaulich her.</li> <li>• erläutern Gemeinsamkeiten zwischen den Orbitalen des Wasserstoffatoms und denen des dreidimensionalen Potenzialtopfs.</li> <li>• bestimmen die maximale Anzahl der Elektronen im dreidimensionalen Potenzialtopf bis <math>n = 2</math>.</li> </ul>

## Atomkern (4. Semester)

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Schülerinnen und Schüler...	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern das grundlegende Funktionsprinzip eines Geiger-Müller-Zählrohrs als Messgerät für Zählraten.</li> <li>• erläutern das Zerfallsgesetz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Zerfallsvorgänge grafisch dar und werten sie unter Verwendung der Eigenschaften einer Exponentialfunktion zur Basis <math>e</math> aus.</li> <li>• übertragen dieses Vorgehen auf andere Abklingvorgänge.</li> <li>• beurteilen Gültigkeitsgrenzen der mathematischen Beschreibung aufgrund der stochastischen Natur der Strahlung.</li> <li>• modellieren einen radioaktiven Zerfall mit dem Differenzenverfahren unter Einsatz einer Tabellenkalkulation oder eines Modellbildungssystems.</li> <li>• wenden dieses Verfahren auf einen Mutter-Tochter-Zerfall an.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Zerfallsreihen anhand einer Nuklidkarte auf.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln aus einer Nuklidkarte die kennzeichnenden Größen eines Nuklids und die von ihm emittierte Strahlungsart.</li> <li>• beschreiben grundlegende Eigenschaften von Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern das grundlegende Funktionsprinzip eines Halbleiterdetektors für die Energiemessung von Kernstrahlung.</li> <li>• interpretieren ein Alpha-Spektrum auf der Basis der zugehörigen Zerfallsreihe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die in Energiespektren verwendete Darstellungsform (Energie-Häufigkeits-Diagramm).</li> <li>• wenden in diesem Zusammenhang die Nuklidkarte an.</li> <li>• erläutern die Bedeutung der Bragg-Kurve in der Strahlentherapie.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nur eA:</b> beschreiben die Quantisierung der Gesamtenergie von Nukleonen im eindimensionalen Potenzialtopf.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• schätzen die Größenordnung der Energie bei Kernprozessen mithilfe des Potenzialtopfmodells ab.</li> </ul>