

## Schulcurriculum für das Fach Physik - Qualifikationsphase

### basierend auf dem Kerncurriculum für das Gymnasium – gymnasiale Oberstufe Physik

Der Arbeitsplan für die Qualifikationsphase ab dem Schuljahr 2023/2024 basiert auf den Seiten 30 bis 46 des KC's von 2022. Ergänzungen sind im Hinblick auf die vorhandenen Möglichkeiten der Sammlung erfolgt.

(Fachkonferenz Physik vom 21.02.2024)

#### Fachbuch

Impulse Physik, Qualifikationsphase, Gymnasium Niedersachsen, Klett (2023).

ISBN 978-3-12-773062-3

#### Kursthemen (02.06.2010)

Kurshalbjahr	Thema	Themenbereich aus KC
Q1 1. HJ	Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern	Elektrizität
Q1 2. HJ	Schwingungen und Wellen, Licht	Schwingungen und Wellen; Quantenobjekte
Q2 1. HJ	Licht und Atomhülle	Quantenobjekte; Atomhülle
Q2 2. HJ	Kernphysik	Atomkern

**Elektrizität**

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<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>• 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. <i>Versuch: Elektrolytischer Trog</i></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 diesem Zusammenhang Messreihen angeleitet aus.</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. <i>Versuch: Elektrofeldmeter, el. Kraftwaage</i></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 Potentialdifferenz.</li> </ul>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<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 angeleitet die Geschwindigkeit eines geladenen Körpers im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators mithilfe dieser Energiebilanz. <i>Versuch: Plattenkondensator mit Stoppuhr und großer Kapazität</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln die Geschwindigkeit eines geladenen Körpers im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators mithilfe dieser Energiebilanz. <i>Versuch: Plattenkondensator mit Stoppuhr und großer Kapazität</i></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den <math>t</math>-<math>I</math>-Zusammenhang (<b>nur eA</b>: und die <math>t</math>-<math>U</math>-Zusammenhänge) beim Aufladevorgang und beim Entladevorgang eines Kondensators mithilfe einer Exponentialfunktion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen angeleitet Experimente zum Aufladevorgang durch.</li> <li>• ermitteln aus den Messdaten den zugehörigen <math>t</math>-<math>I</math>-Zusammenhang.</li> <li>• beschreiben qualitativ den Einfluss von <math>R</math> und <math>C</math> auf diesen Zusammenhang.</li> <li>• begründen die Auswahl einer exponentiellen Regression auf der Grundlage der Messdaten.</li> <li>• ermitteln die geflossene Ladung mithilfe von <math>t</math>-<math>I</math>-Diagrammen. <i>Versuch: Messreihen von Kondensatoren mit kleinen Kapazitäten, Cassy</i></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 <math>t</math>-<math>I</math>- bzw. <math>t</math>-<math>U</math>-Zusammenhang.</li> <li>• überprüfen den Zusammenhang zwischen der Halbwertszeit und dem Produkt aus <math>R</math> und <math>C</math>.</li> <li>• begründen die Auswahl einer exponentiellen Regression auf der Grundlage der Messdaten.</li> <li>• ermitteln die geflossene Ladung mithilfe von <math>t</math>-<math>I</math>-Diagrammen. <i>Versuch: Messreihen von Kondensatoren mit kleinen Kapazitäten, Cassy</i></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>• führen ein Experiment zur Bestimmung der Kapazität eines Kondensators durch.</li><li>• beschreiben eine Einsatzmöglichkeit von Kondensatoren in technischen Systemen.</li><li>• berechnen die Kapazität eines Plattenkondensators aus seinen geometrischen Abmessungen.</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>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<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 <math>B</math> (Feldstärke <math>B</math>) in Analogie zur elektrischen Feldstärke <math>E</math>.</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 <math>B</math> mithilfe einer Stromwaage.</li> <li>• begründen die Definition mithilfe geeigneter Messdaten.</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 <math>B</math> 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 die zugehörige Gleichung für die Geschwindigkeit angeleitet her.</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>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben ein Experiment zur Messung von <math>B</math> mit einer Hallsonde.</li> <li>• <b>nur eA:</b> erläutern die Entstehung der Hallspannung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen Experimente zur Messung von <math>B</math> bei Spulen mit einer Hallsonde durch.</li> <li>• beschreiben qualitativ die Abhängigkeit von <math>B</math> von <math>I</math>, <math>n</math>, <math>l</math> und <math>\mu_r</math>.</li> <li>• skizzieren Magnetfeldlinienbilder für einen geraden Leiter und eine Spule.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen selbstständig Experimente zur Messung von <math>B</math> mit einer Hallsonde durch.</li> <li>• berechnen die magnetische Flussdichte <math>B</math> (Feldstärke <math>B</math>) 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>• führen einfache qualitative Experimente zur Erzeugung einer Induktionsspannung durch.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nur gA:</b> nennen den Zusammenhang zwischen Induktionsspannung und einer linearen zeitlichen Änderung des magnetischen Flusses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• werten geeignete Versuche bzw. Diagramme zur Überprüfung des Induktionsgesetzes für den Fall linearer Änderungen von <math>A</math> bzw. <math>B</math> aus.</li> <li>• beschreiben ein Beispiel für eine technische Anwendung der Induktion.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nur eA:</b> wenden das Induktionsgesetz in differentieller 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 <math>t</math>-<math>U</math>-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>

**Schwingungen und Wellen**

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<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>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>bestätigen die zugehörigen Abhängigkeiten experimentell. <i>Versuch: Federpendel</i></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. <i>Versuch: Feder- und Fadenpendel</i></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 <math>t</math>-<math>s</math>- und <math>t</math>-<math>v</math>-Diagramme auch bei gedämpften Schwingungen im Spezialfall exponentiell abnehmender Amplitude.</li> <li>erläutern das Phänomen Resonanz anhand eines Experiments.</li> </ul>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Aufbau eines elektromagnetischen Schwingkreises. (auch GA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln Amplitude, Periodendauer bzw. Frequenz aus vorgelegten Messdaten.</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> <p style="color: blue;"><i>Versuch: Resonanzfrequenz im Serienschwingkreis</i></p>
<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> </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>• überprüfen die Polarisierbarkeit bei einem Experiment mit Licht. <i>Versuch: Wie schwingt Licht?</i></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• untersuchen experimentell die Winkelabhängigkeit der Intensität des durchgehenden Lichts bei einem Paar von Polarisatoren. <i>Versuch: Wie schwingt Licht?</i></li><li>• interpretieren in diesem Zusammenhang das Quadrat der Zeigerlänge bzw. das Quadrat der Amplitude der zugehörigen Sinuskurve als Intensität.</li></ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<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 der aus dem Unterricht bekannten Situationen.</li> <li>• erläutern die technische Verwendung des Michelson-Interferometers zum Nachweis kleiner Längenänderungen.</li> </ul> <p><i>Demoversuch: Michelson-Interferometer</i></p>	<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> <p><i>Demoversuch: Michelson-Interferometer</i></p>
<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 angeleitet aus.</li> </ul> <p><i>Versuch: Michelson-Interferometer mit Ultraschall</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Funktion der zugehörigen optischen Bauteile auf der Grundlage einer vorgegebenen Skizze.</li> <li>• leiten die Gleichung für die Interferenz am Doppelspalt vorstrukturiert und begründet her.</li> <li>• ordnen den Frequenzbereich des sichtbaren Lichts in das Spektrum elektromagnetischer Wellen ein.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• werten entsprechende Experimente aus.</li> </ul> <p><i>Versuch: Michelson-Interferometer mit Ultraschall</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <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>

Quantenobjekte

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<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>• bestätigen durch angeleitete Auswertung von Messwerten die Antiproportionalität zwischen Wellenlänge und Geschwindigkeit.</li> <li>• deuten die Beobachtungen mithilfe optischer Analogieversuche an Transmissionsgittern.</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 Antiproportionalität 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 den Begriff Komplementarität mithilfe der Beobachtungen an einem Doppelspaltexperiment.</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>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<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>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<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 angeleitete Auswertung von Messwerten die Hypothese der Proportionalität zwischen Energie des Photons und der Frequenz.</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 <math>f</math>-<math>E</math>-Diagramm.</li> <li>• ermitteln aus Röntgenbremsspektren einen Wert für die plancksche Konstante <math>h</math>.</li> </ul> <p><i>Versuch: Gegenfeldmethode</i></p>

Atomhülle

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<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>• beschreiben die Aussagekraft und die Grenzen dieses Modells.</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>• deuten die Abnahme der Stromstärke und die Leuchterscheinungen in einer mit Neon gefüllten Franck-Hertz-Röhre als Folge von Anregungen von Atomen durch Elektronenstöße.</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>

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären den Zusammenhang zwischen Spektrallinien und Energieniveauschemata.</li> <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>• berechnen die Energieniveaus von Wasserstoff mit der Balmerformel.</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>• 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 Balmerformel.</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> </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

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<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 aus.</li> </ul> <p><i>eA/gA: Schülerexperimente zum Abstandsgesetz und zum Absorptionsverhalten, zur Ablenkung im Magnetfeld, zur Nullrate, zur Halbwertszeit</i></p>	<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 <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>- und <math>\gamma</math>-Strahlung.</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 <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>- und <math>\gamma</math>-Strahlung.</li> </ul>



Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern das grundlegende Funktionsprinzip eines Halbleiterdetektors für die Energiemessung von Kernstrahlung.</li> <li>• interpretieren ein <math>\alpha</math>-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> </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>

