

# Johannes-Kepler-Gymnasium

## Fachbereich Physik

### Physik Oberstufe: Schuleigener Lehrplan

Gültig für den aktuellen Jahrgang 12 (Schuljahr 2018/2019)

#### Literaturangaben:

Ohne weitere Angaben beziehen sich alle Seitenzahlen auf das eingeführte Lehrbuch Dorn-Bader Physik G8 11/12 10748-9

#### Themenbereich Elektrizität

Inhaltsbezogene Kompetenzen laut KC-GO	Prozessbezogene Kompetenzen	Stichworte zum Unterrichtsgang	Bemerkungen
beschreiben elektrische Felder durch ihre Kraftwirkungen auf geladene Probekörper.	skizzieren Feldlinienbilder für typische Fälle. beschreiben die Bedeutung elektrischer Felder für eine technische Anwendung (z. B. die Kopiertechnik)	Erzeugen einer hohen Feldstärke mithilfe des Bandgenerators, oder Hochspannungsnetzteil, Bewegung von Watteflocken längs der Feldlinien. S. 12 Feldlinienbilder mit Grießkörnern oder von Bärlappsamen (Projektor) S. 12 Anwendung: Laserdrucker S 38	
nennen die Einheit der Ladung und erläutern die Definition der elektrischen Feldstärke. Beschreiben ein Verfahren zur Bestimmung der elektrischen Feldstärke auf der Grundlage von Kraftmessung.	werten in diesem Zusammenhang Messreihen aus erläutern mithilfe einer Analogiebetrachtung, dass $g$ als Gravitationsfeldstärke aufgefasst werden kann.	Kraft zwischen zwei geladenen Kugeln S. 15 Nachweis der Proportionalität von $F$ und $q$ S. 15  S. 17, 23	Analogiebetrachtung ist erst dann sinnvoll, wenn das homogene Feld des Plattenkondensators bekannt ist.

<p>beschreiben den Zusammenhang zwischen Ladung und elektrischer Stromstärke.</p> <p>nennen die Definition der elektrischen Spannung mithilfe der pro Ladung übertragbaren Energie.</p> <p>beschreiben den Zusammenhang zwischen der Feldstärke in einem Plattenkondensator und der anliegenden Spannung.</p> <p>geben die Energiebilanz für einen freien geladenen Körper im elektrischen Feld eines Plattenkondensators an.</p>	<p>ziehen Analogiebetrachtungen zur Erläuterung dieses Zusammenhangs heran.</p> <p>bestimmen angeleitet die Geschwindigkeit eines geladenen Körpers im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators mithilfe von Energiebilanzen.</p>	<p>Transport von Ladungen mittels eines Löffels und Darstellung der transportierten Ladung mittels Glimmlampe und/oder Messverstärker. S. 10,11</p> <p>S. 20</p> <p>S. 21</p> <p>Braunsche Röhre S. 26,27</p>	
<p>Beschreiben den Entladevorgang eines Kondensators mithilfe einer Exponentialfunktion</p>	<p>führen selbstständig Experimente zum Entladevorgang durch.</p> <p>ermitteln aus den Messdaten die Parameter des zugehörigen <math>t</math>-<math>I</math>-Zusammenhangs und stellen diesen mit der Exponentialfunktion zur Basis <math>e</math> dar.</p> <p>begründen den exponentiellen Verlauf.</p> <p>ermitteln die geflossene Ladung mithilfe von <math>t</math>-<math>I</math>-Diagrammen.</p>	<p>Schülerexperimentierkasten Magnetismus-Elektronik (Leybold) S. 7 Entladen eines Kondensators</p> <p>Lehrbuch S. 30</p> <p>Regression mithilfe des TI-84</p> <p>Numerische Integration mit dem Taschenrechner</p> <p>Einsatz von Excel (Tabellenkalkulation)</p>	
<p>Nennen die Definition der Kapazität eines Kondensators</p>	<p>planen ein Experiment zur Bestimmung der Kapazität eines Kondensators und führen es durch.</p> <p>erläutern Einsatzmöglichkeiten von Kondensatoren als Energiespeicher in technischen Systemen.</p>	<p>S. 28</p> <p>Fahrradbeleuchtung (Standlicht)</p> <p>Speicherbausteine(DRAM)</p>	

<p>bestimmen die Richtung magnetischer Feldern mit Kompassnadeln.</p> <p>ermitteln Richtung (Dreifingerregel) und Betrag der Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im homogenen Magnetfeld.</p> <p>nennen die Definition der magnetischen Flussdichte <math>B</math> (Feldstärke <math>B</math>) in Analogie zur elektrischen Feldstärke.</p>	<p>skizzieren Magnetfeldlinienbilder für einen geraden Leiter und eine Spule.</p> <p>planen mit vorgegebenen Komponenten ein Experiment zur Bestimmung von <math>B</math> auf der Grundlage einer Kraftmessung.</p> <p>führen ein Experiment zur Bestimmung von <math>B</math> durch und werten es aus</p> <p>begründen die Definition mithilfe dieser Messdaten.</p>	<p>S. 44</p> <p>Schülerexperimentierkasten Magnetismus-Elektronik (Leybold) S. 11 Magnetfeld einer Spule</p> <p>S. 45</p> <p>Stromwaage: Versuch S. 46f</p> <p>S. 47</p>	
<p>beschreiben die Bewegung von freien Elektronen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ unter Einfluss der Lorentzkraft,</li> <li>○ unter Einfluss der Kraft im homogenen <math>E</math>-Feld,</li> <li>○ im Wien-Filter.</li> </ul>	<p>begründen den prinzipiellen Verlauf der Bahnkurven.</p> <p>leiten vorstrukturiert die Gleichung für die Bahnkurve im homogenen elektrischen Feld her.</p>	<p>Lorentzkraft: S 48f</p> <p>Elektronenstrahl-Ablenkungsröhre Perrinröhre</p>	
<p>beschreiben das physikalische Prinzip zur Bestimmung der spezifischen Ladung von Elektronen mithilfe des Fadenstrahlrohres.</p>	<p>leiten dazu die Gleichung für die spezifische Ladung des Elektrons her und bestimmen die Elektronenmasse.</p>	<p>S. 56</p>	
<p>erläutern die Entstehung Hallspannung.</p>	<p>leiten die Gleichung für die Hallspannung unter Verwendung der Ladungsträgerdichte anhand einer geeigneten Skizze her.</p> <p>führen selbstständig Experimente zur Messung von <math>B</math> mit einer Hallsonde durch.</p>	<p>Halleffekt an Silber bzw. Halbleiter Halleffekt S. 48f</p>	

beschreiben die Erzeugung einer Induktionsspannung durch	führen einfache qualitative Experimente zur Erzeugung einer Induktionsspannung durch. erläutern das Prinzip eines dynamischen Mikrofons.	S. 81 Erzeugung eines Dreieckstroms mittels Power-Cassy (Induktionsgerät von Leybold)	
wenden das Induktionsgesetz in differenzieller Form auf lineare und sinusförmige Verläufe an.		Versuch: Rotierende Rechteck-Spule im Feld von Helmholtzspulen	

### Themenbereich Schwingungen und Wellen

Inhaltsbezogene Kompetenzen laut KC-GO	Prozessbezogene Kompetenzen	Stichworte zum Unterrichtsgang	Bemerkungen
stellen harmonische Schwingungen grafisch dar.  beschreiben harmonische Schwingungen mithilfe von Amplitude, Periodendauer und Frequenz.	verwenden die Zeigerdarstellung oder Sinuskurven zur grafischen Beschreibung.  haben Erfahrungen im selbstständigen Umgang mit einem registrierenden Messinstrument (z.B. Oszilloskop / Interface).	Aufzeichnung der Sinusschwingung mit Cassy.  Zeigerdarstellung der Sinuskurve mit Geo-Programm 94-96	
Geben die Gleichung für die Periodendauer eines Feder-Masse-Pendels an.	untersuchen die zugehörigen Abhängigkeiten experimentell.  ermitteln geeignete Ausgleichskurven.  übertragen diese Verfahren auf andere harmonische Oszillatoren.	Untersuchung $T^2 \sim m$ und $T^2 \sim 1/D$ und Auswertung mit Ti-84  Differenzialgleichung S. 97  Vergleich Fadenpendel mit Schwingkreis S. 103	

<p>beschreiben die Ausbreitung harmonischer Wellen.</p>	<p>erläutern die Entstehung einer harmonischen mechanischen Welle</p> <p>verwenden Sinuskurven zur grafischen Darstellung</p> <p>vergleichen die graphische Darstellung einer sinusförmigen Schwingung mit der graphischen Darstellung einer sinusförmigen Welle</p>	<p>Erzeugung einer harmonischen mechanischen Welle</p> <p>Demonstration an einer mechanischen Wellenmaschine</p> <p>Betrachtung der gekoppelten Pendel</p> <p>Graphische Darstellung einer sinusförmigen Schwingung</p> <p>Graphische Darstellung einer sinusförmigen Welle</p>	<p>Um den Übergang von Schwingungen zu Wellen anschaulich deutlich zu machen, sollten die einzelnen Oszillatoren und der Kopplungsmechanismus sichtbar sein:</p> <p>Daher stehen in diesem Konzept zu Beginn mechanische Wellen im Vordergrund</p>
<p>beschreiben harmonische Wellen mithilfe von Periodendauer, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge, Frequenz, Amplitude und Phase.</p> <p>begründen den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Frequenz</p>	<p>übertragen die zur Beschreibung von Schwingungen notwendigen Begriffe auf die Beschreibung einer harmonischen Welle</p> <p>definieren die Wellenlänge</p> <p>beschreiben die konstante Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle</p>	<p>Verdeutlichung der physikalischen Größen an der mechanischen Wellenmaschine</p> <p>Simulation mit Dynageo oder Java-Applets</p> <p>Messung der Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle an einer Wellenmaschine durch Messung von Weg und Zeit</p>	<p>Messung der Ausbreitungsgeschwindigkeit mit Hilfe von <math>f</math> und <math>\lambda</math> ist an der mechanischen Wellenmaschine ungünstig, da stehende Wellen entstehen</p>
<p>vergleichen longitudinale und transversale Wellen.</p>	<p>beschreiben den Unterschied zwischen Longitudinal- und Transversalwellen</p>	<p>Demonstration von Longitudinal- und Transversalwellen mit Hilfe einer langen Schraubenfeder Metzler S. 127</p> <p>Darstellung von Longitudinal- und Transversalwellen</p> <p>Demonstration der Polarisierbarkeit von Transversalwellen mit Hilfe eines langen Gummiseils</p>	

<p>beschreiben Polarisierbarkeit als Eigenschaft transversaler Wellen.</p>	<p>führen Freihandexperimente mit einem Paar Polarisationsfolien aus</p> <p>stellen Bezüge zwischen dieser Kenntnis und Beobachtungen an einem LC-Display her.</p>	<p>und zwei Paaren von Stativstangen</p> <p>Freihandexperimente mit Polarisationsfolien</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zur Reduzierung von Lichtreflexen an glänzenden Oberflächen</li> <li>- zur Bestimmung der Polarisationsrichtung eines LCD-Displays (z.B. GTR)</li> </ul>	
<p>beschreiben und deuten Interferenzphänomene für die stehende Welle</p>	<p>beschreiben die Reflexion einer Störung am festen bzw. losen Ende</p> <p>erläutern den Phasensprung durch Betrachtung des letzten Oszillators</p> <p>erläutern das Zustandekommen einer stehenden Welle durch Überlagerung zweier gleichartiger gegenläufiger Wellen.</p> <p>verwenden in diesem Zusammenhang den Begriff Interferenz</p> <p>nutzen in diesen Zusammenhängen zunächst die Sinusfunktionen sachgerecht</p> <p>stellen die Welle durch eine Zeigerkette dar.</p> <p>addieren zwei Zeiger vektoriell</p> <p>verwenden die Zeigerdarstellung zur Beschreibung und Deutung.</p> <p>beschreiben die Möglichkeit der Wellenlängenbestimmung an einer stehenden Welle</p>	<p>Demonstration der Reflexion einer Transversalstörung mit Hilfe einer langen Schraubenfeder</p> <p>Demonstration einer stehenden Welle an einer Wellenmaschine oder einem langen Gummiseil</p> <p>Einführung der vektoriellen Addition zweier Zeiger</p>	<p>Bei der Darstellung der Amplitudenaddition für das Zustandkommen einer stehenden Welle wird der große zeichnerische Aufwand deutlich.</p> <p>Die Einführung der Zeigerkette für die Darstellung einer Welle verringert den Aufwand bei der Konstruktion einer stehenden Welle</p>

<p>wenden die Gleichung für den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Frequenz an.</p>	<p>bestimmen die Wellenlänge von unterschiedlichen Wellenarten experimentell</p> <p>berechnen die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle mit Hilfe der Wellenlänge und der Periodendauer bzw. der Frequenz</p>	<p>Arbeiten an Stationen:</p> <p>Wellenlängenbestimmung mit Hilfe stehender Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-für die Welle auf der Wellenmaschine</li> <li>-für die Welle auf dem Gummiseil</li> <li>-für die Schallwelle</li> <li>-für die Ultraschall-Welle</li> <li>-für die cm-Welle</li> </ul>	<p>Die Beobachtungen an der anschaulichen mechanischen Welle werden auf andere Wellenarten übertragen.</p> <p>Die Entstehung der unterschiedlichen Wellenarten wird dabei nicht thematisiert</p>
<p>beschreiben und deuten Interferenzphänomene für Doppelspalt</p>	<p>nennen die Aussagen des Huygensschen Prinzips</p> <p>nennen die ungestörte Durchdringung zweier Elementarwellen</p> <p>deuten die Beobachtungen im Interferenzfeld durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betrachtung der Zeigerketten zwischen den Sendern und dem jeweiligen Betrachtungsort</li> <li>-Betrachtung der Phase des „Oszillators“ am jeweiligen Ort</li> </ul>	<p>Demonstration der Entstehung von Elementarwellen an der Wasserwellenwanne durch einen Tipper und an Öffnungen S. 126</p> <p>Demonstration der ungestörten Durchdringung zweier Elementarwellen</p> <p>Demonstration der Entstehung eines Interferenzfeldes an der Wasserwellenwanne durch zwei Öffnungen (bzw. zwei Tipper)</p>	<p>Bei der Deutung kommt es darauf an, den dynamischen Prozess der fortschreitenden Wellen zu betrachten. Es sollten Formulierungen wie „Wellenberg auf Wellenberg,...“ vermieden werden, da diese nur für einen Zeitpunkt gelten und damit die Sicht auf die zeitlich konstante Phasendifferenz der Wellen am Beobachtungsort verbaut wird.</p>
	<p>beschreiben die Bestimmung der momentanen Auslenkung eines Oszillators / Intensität an einem Ort in einem Interferenzfeld mit zwei punktförmigen Wellenerregern</p> <p>bestimmen dazu die zu jeder Verbindung S-E (Sender-Empfänger) gehörigen Phasenzeiger durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-die Weglängenmessung S-E,</li> <li>- deren Division durch <math>\lambda</math>,</li> <li>- Multiplikation der jeweiligen</li> </ul>	<p>Wie lässt sich die momentane Auslenkung eines Oszillators / Intensität an einem Ort in einem Interferenzfeld mit zwei punktförmigen Wellenerregern bestimmen?</p>	<p>Rückbesinnung auf die Projektion (des Zeigers bei der Konstruktion der Sinuskurve) für den resultierenden Zeigers</p> <p>Addition zweier Zeiger</p>

	Nachkommastellen mit $360^\circ$ bestimmen die Projektion der vektoriell addierten Phasenzeiger		
	erläutern die Bestimmung der Empfangsintensität bei punktförmigem Sender und Empfänger nach Reflexion an einer Wand deuten das Reflexionsgesetz als Konsequenz aus der Addition vieler Zeiger (Cornu-Spirale)	Reflexion einer Elementarwelle an einer Wand  Cornu-Spirale mit Dynageo oder Excel	Addition vieler Zeiger  Umdeutung des Huygensschen Prinzips: Ausbreitung einer Elementarwelle in alle Richtungen bedeutet Betrachtung der Zeigerketten zu allen möglichen Verbindungen zwischen Sender-Spiegel-Empfänger
	deuten die Erhöhung der Empfangsintensität beim geeignet ausgekratzten Spiegel gegenüber dem vollständigen Spiegel.	Demonstrationsversuch zu ausgekratzten Spiegeln mit cm-Wellen  Empfangsintensität beim vollständigen Spiegel an einem Ort mit geringer Intensität bestimmen (außerhalb des Reflexionsgesetzes)  Empfangsintensität beim ausgekratzten (vorher berechneten) Spiegel am selben Ort bestimmen	Bei diesem Versuch sollten die SuS vorher prognostizieren, wie sich die Empfangsintensität nach „Auskratzen“ ändern wird
beschreiben je ein Experiment zur Bestimmung der Wellenlänge von Schall mit zwei Sendern,	werten entsprechende Experimente aus.  berechnen aus Messergebnissen die Wellenlänge des Schalls	Wellenlängenbestimmung in Interferenzfeldern  Experiment: 2 Lautsprecher im (großen) Raum aufstellen und im Raum in der Nähe der Lautsprecher durch Hören Intensitätsminima aufsuchen lassen.  Aus der Wegdifferenz zu den Lautsprechern (Gangunterschied) die Wellenlänge berechnen lassen  oder entsprechende SÜ mit Ultraschall-Sendern	Der Raum sollte wegen der Reflexionen an den Wänden nicht zu klein sein  Es muss auf eine geeignete Frequenz und entsprechenden Abstand der Lautsprecher geachtet werden.



beschreiben und deuten Interferenzphänomene für das Gitter	übertragen das Vorgehen auf Experimente mit anderen Wellenarten. Erläutern die Entstehung der Intensitätsverteilung auf dem Schirm mit der Zeigerdarstellung	Demonstrationsexperiment: Erzeugung eines Gitterspektrums mit Licht	
beschreiben ein Experiment zur Bestimmung der Wellenlänge von Licht mit einem Gitter (subjektiv / objektiv)	leiten die zugehörigen Gleichungen begründet her. werten entsprechende Experimente aus. berechnen aus Messergebnissen die Wellenlänge von Licht	Bestimmung der Wellenlänge von verschieden farbigem Licht  Schülerexperimente: Erzeugung eines Gitterspektrums bei subjektiver und objektiver Betrachtungsweise  z.B. mit dem zum Abitur zugelassenen Schülerexperimentier-Kasten der Fa. Phywe	Hierbei sollte auf eine kurze Erläuterung der Funktion der optischen Elemente (Lichtquelle, Kondensorlinse, Spalt, Abbildungslinse, Gitter) geachtet werden.
	wenden ihre Kenntnisse zur Bestimmung des Spurabstandes bei einer CD an.	CD als Reflexionsgitter  Arbeitsblatt: CD-Spurabstand Bitabstand.doc	
beschreiben und deuten Interferenzphänomene für das Michelson-Interferometer	deuten das Zustandkommen der Intensitätsschwankungen mit der Zeigerdarstellung	Experiment: Michelson-Interferometer mit Mikrowellen, Glasscheibe als Halbdurchlässiger Spiegel, Abtasten des Interferenzfeldes mit Empfangsdiode	Es erscheint sinnvoll, das Interferometer mit Licht erst im Themenbereich „Quantenobjekte“ zu behandeln
beschreiben ein Experiment zur Bestimmung der Wellenlänge von Mikrowellen mit dem Michelson-Interferometer,	berechnen die Weglänge, um die der Spiegel verschoben wurde  erläutern die technische Verwendung des Michelson-Interferometers zum Nachweis kleiner Längenänderungen.	Experiment: Verschiebung des beweglichen Spiegels, dabei Abzählen der zentralen Intensitätswechsel	

beschreiben und deuten Interferenzphänomene für die Bragg-Reflexion	deuten die Interferenzerscheinung als Vielschichtinterferenz mit der Zeigerdarstellung	Experiment: Bragg-Reflexion mit cm-Wellen und z.B. Antennenstäben	
beschreiben ein Experiment zur Bestimmung der Wellenlänge von Röntgenstrahlung mit Bragg-Reflexion.	leiten die Bragg-Gleichung her  berechnen damit die Wellenlänge der Röntgenstrahlung  erläutern ein Verfahren zur Strukturuntersuchung als technische Anwendung der Bragg-Reflexion.	Experiment: Bragg-Reflexion mit „monochromatischer“ Röntgenstrahlung  1 Aufsuchen des Glanzwinkels 2 Darstellung der Intensitätsmaxima mehrerer Ordnungen  Verwendung der Bragg-Gleichung zur Bestimmung von Abständen der Gitterebenen.	Anschließend liefert die Behandlung von Debye-Scherrer-Aufnahmen mit Röntgenstrahlen und Elektronen (s S. 214 f)  den Übergang zur Quantenphysik  Alternative: Hinhören, Photonen detektieren...

### Quantenobjekte

Inhalts-bezogene Kompetenzen laut KC-GO	Prozessbezogene Kompetenzen	Stichworte zum Unterrichtsgang	Bemerkungen
beschreiben das Experiment mit der Elektronenbeugungsröhre und deuten die Beobachtungen als Interferenz-	übertragen Kenntnisse über Interferenz auf verwandte Situationen.  ordnen den Elektronen eine de	Vergleich von Interferenzbildern bei entsprechenden Versuchsbedingungen mit Röntgenstrahlen und Elektronen (s S. 280f)	

<p>erscheinung.</p> <p>erweitern die Zeigerdarstellung für Teilchen</p> <p>bestimmen die Wellenlänge bei Quantenobjekten mit Ruhemasse mithilfe der de-Broglie-Gleichung</p>	<p>Broglie-Wellenlänge zu</p> <p>bestätigen durch angeleitete Auswertung von Messwerten die Antiproportionalität zwischen Wellenlänge und Geschwindigkeit.</p> <p>nutzen die Elektronenbeugung zur h-Bestimmung</p>	<p>Demonstrationsexperiment mit der Elektronenbeugungsröhre</p> <p>Quantitative Untersuchung: Wie hängt der Impuls der Elektronen von deren de Broglie-Wellenlänge ab?</p>	<p>Ggf. muss der Impuls hier neu eingeführt werden.</p>
<p>beschreiben ein Experiment zum äußeren lichtelektrischen Effekt mit der Vakuum-Fotozelle.</p>	<p>deuten diesen Effekt mithilfe des Photonenmodells.</p> <p>stellen die Energiebilanz für den äußeren Fotoeffekt auf</p>	<p>Demonstrationsversuch: Qualitative Untersuchung der Entladung einer Zinkplatte auf einem Elektroskop mit Hilfe von verschiedenem Licht (s. S. 266)</p> <p>Bestimmung der Lichtenergie mit Hilfe einer Vakuumfotozelle S. 266 f.</p>	
<p>erläutern die experimentelle Bestimmung des planckschen Wirkungsquantums mit LED.</p>	<p>haben Erfahrung mit der Durchführung und Dokumentation von Experimenten</p> <p>haben Erfahrung im Umgang mit Experimentiergerät</p> <p>bestimmen den Einfluss von Messunsicherheiten auf das Ergebnis durch Abschätzen</p>	<p>Schülerexperiment (z. B. mit Phywe-Kasten zu Wellen und Quanten)s: Bestimmung des Spektrums verschiedenfarbiger LED. s. S. 271</p> <p>Bestimmung des Zusammenhangs zwischen „Aufleuchtespannung“ und „der“ Frequenz</p>	<p>Hier steht weniger das quantitative Ergebnis als vielmehr die Förderung der experimentellen und auswertenden Kompetenzen im Vordergrund</p>

	<p>übertragen ihre Kenntnisse über das Photonenmodell des Lichtes auf diese Situation.</p> <p>bestätigen durch Auswertung von Messwerten die Proportionalität zwischen Energie des Photons und der Frequenz.</p>	der LED“	
<p>erläutern die Entstehung des Röntgenbremsspektrums als Energieübertragung von Elektronen auf Photonen.</p>	<p>beschreiben einen Versuch zur Erzeugung eines Röntgenspektrums nutzen das Röntgenbremsspektrum zur <math>h</math> - Bestimmung.</p>	<p>Demonstrationsversuch: Aufnahme eines Röntgenbremsspektrums</p> <p>Zuordnung der kurzwelligen Grenze der Röntgenstrahlung zur kinetischen Energie der Elektronen</p>	
<p>erläutern Interferenz bei einzelnen Photonen.</p> <p>interpretieren die jeweiligen Interferenzmuster stochastisch.</p>	<p>recherchieren im Internet den Taylor-Versuch</p> <p>verwenden dazu die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung.</p> <p>deuten die Erscheinungen in den bekannten Interferenzexperimenten durch Argumentation mit einzelnen Photonen bzw. mit Elektronen.</p> <p>erläutern, dass die Nachweiswahrscheinlichkeit für ein einzelnes Quantenobjekt durch das Quadrat der resultierenden Zeigerlänge oder eine andere geeignete Berechnung bestimmt wird.</p>	<p>Erläuterung des historischen Taylor-Experimentes</p> <p>Demonstration einer geeigneten Filmsequenz zum Doppelspaltversuch</p> <p>- mit einzelnen Photonen</p> <p>..\..\Material\01-Das.Reich.der.Quanten.und.Elementarteilchen.avi</p> <p>z.B. bei <a href="http://www.youtube.com">www.youtube</a> „Das.Reich.der.Quanten. und.Elementarteilchen.avi –Teil 1/3</p> <p>- mit Elektronen:</p> <p>z.B.doubleslitelectrons.wmv</p>	<p>Abschätzung des Abstandes der Photonen im Laser, der in der Schule verwendet wird</p> <p>(s. z.B. PdN 1999 8/48 Seite 32)</p> <p>Hinweise auf NUN-CD Didaktik_Photonen.doc</p>

	<p>übertragen ihre Kenntnisse auf die Deutung von Experimenten mit Quantenobjekten größerer Masse z. B. kalte Neutronen).</p>	<p>- mit Fullerenen Interferenz von Makromolekülen (C60).ppt</p>	
	<p>erläutern das Knallertestexperiment erläutern die Phasenverschiebung an reflektierenden Platten</p> <p>erläutern den Begriff Komplementarität mithilfe der Beobachtungen in einem „Welcher-Weg“-Experiment.</p> <p>erläutern das Funktionsprinzip eines Quantenradierers</p>	<p>In der Regel: Demonstration eines Mach-Zehnder-Interferometers S. 204</p> <p>Datenauszug aus Folie 'In der Quantenop...'.shs</p> <p>Phase-bei-Reflexion.geo</p> <p>Michelson.geo</p> <p>z. B. in der Form: „Das Vorliegen von „Welcher-Weg-Information“ und die Beobachtbarkeit eines Interferenzmusters sind komplementär zueinander.“</p> <p>Schülerexperiment: „Doppelloch mit Polarisationsfolien“.</p>	<p>s. S. 276</p> <p>s. S. 277</p>

## Themenbereich: Atomhülle

Inhalts-bezogene Kompetenzen laut KC-GO	Prozessbezogene Kompetenzen	Stichworte zum Unterrichtsgang	Bemerkungen
erläutern die Quantisierung der Gesamtenergie von Elektronen in der Atomhülle.	verwenden dazu das Modell vom eindimensionalen Potenzialtopf. diskutieren die Aussagekraft und die Grenzen dieses Modells.	S. 292 ff	Die Welleneigenschaften der Elektronen erfordern eine stehende Welle wie bei einer schwingenden Luftsäule
erläutern quantenhafte Emission anhand von Experimenten zu Linienspektren bei Licht .. <b>zusätzlich für erhöhtes Anforderungsniveau</b> ... und Röntgenstrahlung. erläutern einen Franck-Hertz-Versuch. erläutern einen Versuch zur Resonanzabsorption.	erklären diese Experimente durch die Annahme diskreter Energieniveaus in der Atomhülle.  bestimmen eine Anregungsenergie anhand einer Franck-Hertz-Kennlinie.	Franck-Hertz-Versuch mit Quecksilber S. 291  Charakteristische Röntgenstrahlung S. 303  Umkehrung D-Linie, Fraunhofersche Linien Resonanzfluoreszenz S. 291	Moseley-Gesetz , dazu ist die Balmerformel erforderlich, die sich auf das Wasserstoff-Atom bezieht und nicht auf den linearen Potenzialtopf (s. unten)
beschreiben die „Orbitale“ bis $n = 2$ in einem dreidimensionalen Kastenpotenzial.	stellen einen Zusammenhang zwischen drei- dimensionalen Orbitalen und eindimensionalen Wahrscheinlichkeitsverteilungen anschaulich her.		
erklären den Zusammenhang zwischen Spektrallinien und Energieniveauschemata.	benutzen vorgelegte Energieniveauschemata zur Berechnung der Wellenlänge von Spektrallinien und ordnen gemessenen Wellenlängen Energieübergänge zu.  ziehen diese Kenntnisse zur Erklärung eines charakteristischen Röntgenspektrums heran.  führen Berechnungen dazu aus.  wenden die Balmerformel an	Erzeugung von Spektren mit Hilfe von Spektralröhren und Balmerröhre.  Subjektive Betrachtung von Spektren.  Moseley-Gesetz S.303.  S. 302	

	erläutern und bewerten die Bedeutung von Leuchtstoffen an den Beispielen Energiespar- lampe und „weiße“ LED.	Fluoreszenz S. 294 ff	
erläutern die Grundlagen der Funktionsweise eines He-Ne-Lasers.	stellen diese unter Verwendung vorgegebener Darstellungen strukturiert und angemessen dar.  beschreiben eine technische Anwendung, die auf der Nutzung eines Lasersystems beruht.	He-Ne-Laser Metzler S. 322  Anwendung des Lasers in der Medizin.  Laserdrucker.	

### Themenbereich: Atomkern

Inhalts-bezogene Kompetenzen laut KC-GO	Prozessbezogene Kompetenzen	Stichworte zum Unterrichtsgang	Bemerkungen
<p>Erläutern das grundlegende Funktionsprinzip eines Geiger- Müller-Zählrohrs als Messgerät für Zählraten.</p> <p>erläutern das Zerfallsgesetz und wenden es auf Abklingprozesse an.</p>	<p>stellen Abklingkurven grafisch dar und werten sie unter Verwendung der Eigenschaften einer Exponentialfunktion zur Basis e aus.</p> <p>beurteilen Gültigkeitsgrenzen der mathematischen Beschreibung aufgrund der stochastischen Natur der Strahlung.</p> <p>erläutern das Prinzip des C-14-Verfahrens zur Altersbestimmung.</p> <p>modellieren einen radioaktiven Zerfall mit dem Differenzenverfahren unter Einsatz einer Tabellenkalkulation oder eines Modellbildungssystems.</p> <p>übertragen dieses Verfahren auf die Entladung eines Kondensators.</p>	<p>Geiger-Müller: S. 362</p> <p>Aufnahme der Zerfallskurve mit dem Isotopengenerator mit Cassy.</p> <p>Poissonverteilung der Strahlung mit Cassy.</p> <p>C-14 Methode: S. 376</p>	<p>Rutherfordstreuung?</p> <p>Je nach Einstellung des Zeitfensters macht sich die Statistik des Zerfalls bemerkbar</p>
stellen Zerfallsreihen anhand einer Nuklidkarte auf.	entnehmen einer Nuklidkarte die kennzeichnenden Größen eines Nuklids.		
erläutern das grundlegende Funktionsprinzip eines Halbleiterdetektors für die Energiemessung von	beschreiben die in Energiespektren verwendete Darstellungsform (Energie-Häufigkeits-Diagramm).	Halbleiter-Detektor: S. 365  Untersuchung mit Hilfe eines Oszillografen (bei Ra-226 sind mehrere Impulshöhen	

<p>Kernstrahlung. interpretieren ein <math>\alpha</math> - Spektrum auf der Basis der zugehörigen Zerfallsreihe.</p>	<p>ziehen die Nuklidkarte zur Interpretation eines Spektrums heran.  erläutern den Einsatz von Radionukliden in der Medizin.</p>	<p>erkennbar.)  <math>\alpha</math>-Spektrum an Ra-226 oder Am-241 mit Rutherfordkammer, Halbleiterdetektor und VKA-Box (Cassy).</p>	
<p>beschreiben die Quantisierung der Gesamtenergie von Nukleonen im eindimensionalen Potenzialtopf.</p>	<p>begründen die Größenordnung der Energie bei Kernprozessen mithilfe des Potenzialtopfmodells.</p>	<p>Potenzialtopfmodell: S. 392 ff</p>	