

Halbjahr	Themenfelder/Inhalte/Umfang	Experimente	Basiskonzepte	Kompetenzen
Q1	<p>1. Gravitationsfeld (4 Wochen)</p> <p>a) Wandel des Weltbildes - Weltbilder in historischer Entwicklung</p> <p>b) Unser Planetensystem</p> <p>c) <i>Die Keplerschen Gesetze</i> - Planetenbewegungen - Kepler-Konstante</p> <p>d) Newtons Mondrechnung</p> <p>e) Das Gravitationsgesetz</p> <p>f) Die Bestimmung der Gravitationskonstanten</p> <p>g) Die Beschreibung von Gravitationsfeldern - Definition Gravitationsfeld - Feldlinienbilder (homogenes Feld, Radialfeld) - Gravitationsfeldstärke</p> <p>h) Die Bewegung von Körpern im Gravitationsfeld - Radialkraft - geostationäre Satelliten - Erfassen von Klimadaten mithilfe von Satelliten - Swing-by-Manöver</p> <p>i) Die kosmischen Geschwindigkeiten</p>	<p>Veranschaulichung von Feldeigenschaften mithilfe von Computersimulationen und Modellexperimenten</p>	<p>Erhaltung und Gleichgewicht Erklärung der Kreisbahnen von Satelliten mithilfe eines Kraftansatzes</p> <p>Mathematisieren und Vorhersagen Berechnung von Umlaufzeit und Kreisbahngeschwindigkeit bzw. Bahnradius von Satelliten</p> <p>Auswertung von Daten mithilfe digitaler Werkzeuge</p>	<p>Die Lernenden ...</p> <p>...reflektieren am Beispiel des Übergangs vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild die Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtungen. (B 8)</p> <p><i>... erklären anhand von Werten für die KEPLER-Konstante den Zusammenhang zwischen Gravitationsgesetz und 3. Keplerschem Gesetz. (E 6)</i></p> <p>... entnehmen aus Feldlinienbildern relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder. (K 3)</p>

Q1	<p><u>2. elektrisches Feld (6 Wochen)</u></p> <p>a) Grundlagen der Elektrizitätslehre</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spannung, Stromstärke <p>b) Elektrische Ladungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kräfte zwischen elektrisch geladenen Körpern - <i>Influenz und Polarisation</i> - <i>Coulombsches Gesetz</i> <p>c) Die Beschreibung elektrischer Felder</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definition elektrisches Feld - Feldlinienbilder (homogenes Feld, Radialfeld, Dipolfeld) - elektrische Feldstärke - elektrische Feldkonstante, Dielektrizitätszahl - <i>Potenzial, Spannung als Potentialdifferenz und potentielle Energie im elektrischen Feld, Äquipotentialflächen</i> - Superposition von Feldern (qualitativ, <i>quantitativ mit Hilfe von Kraftpfeilen</i>) <p>d) Der Kondensator</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kapazität - Feldstärke im Innern eines Plattenkondensators - Abhängigkeit der Kapazität eines Plattenkondensators von der Fläche, vom Plattenabstand und vom Dielektrikum (<i>Deutung der Vorgänge im Dielektrikum</i>) - magnetische Feldkonstante, Permeabilitätszahl - mathematische Beschreibung des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke (<i>und der Spannung</i>) beim Auf- und Entladen von Kondensatoren - Halbwertszeit - Energie geladener Kondensatoren - Anwendungen von Kondensatoren in der Technik, z.B. Defibrillator, Ladungsspeicher in Blitzlampen oder E-Autos, kapazitive Sensoren - <i>Parallel- und Reihenschaltung von Kondensatoren</i> 	<p>Erfassen des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke (<i>und der Spannung</i>) beim Auf- und Entladen eines Kondensators auch mithilfe von Sensoren</p> <p><i>Zusammenhang zwischen Spannung und Ladung eines Kondensators</i></p>	<p>Superposition und Komponenten Beschreibung der Überlagerung von Feldern zweier Punktladungen anhand von Zeichnungen</p> <p><i>Ermittlung von Betrag und Richtung der resultierenden elektrischen Feldstärke</i></p> <p>Mathematisieren und Vorhersagen <i>Bestimmung der Ladung eines Kondensators mithilfe einer Flächenbestimmung aus dem zeitlichen Verlauf der Stromstärke beim Entladen</i></p> <p><i>Ermittlung von Größen aus Messreihen, die in linearisierter Form dargestellt sind</i></p>	<p>Die Lernenden...</p> <p>... bauen Versuchsanordnungen zu Auf- und Entladevorgängen nach Anleitung auf, führen Experimente durch und werten diese aus. (S 4)</p> <p>... modellieren Auf- oder Entladung eines Kondensators mithilfe mathematischer Gleichungen und digitaler Werkzeuge. (E 4)</p> <p>... berücksichtigen Messunsicherheiten, indem sie Mittelwert und Standardabweichung berechnen, und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses, z. B. bei der Bestimmung der Kapazität eines Kondensators aus einer Messreihe. (E 7)</p>
----	--	---	---	---

Q1	<p><u>3. magnetisches Feld (3 Wochen)</u></p> <p>a) Grundlagen des Magnetismus</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definition magnetisches Feld - Feldlinienbilder von Permanentmagneten, geradem Leiter und Spule - Ursache des Erdmagnetfeldes <p>b) Beschreibung magnetischer Felder</p> <ul style="list-style-type: none"> - magnetische Flussdichte - magnetische Flussdichte im Inneren einer langen Spule, Einfluss von Materie auf die Flussdichte - Lorentzkraft - <i>Kräfte zwischen zwei stromdurchflossenen Leitern (qualitativ)</i> <p>→ Gegenüberstellung der Feldeigenschaften von Gravitationsfeldern, elektrischen und magnetischen Feldern</p>	<p>Messung von Flussdichten, z. B. von Elektromagneten, des Erdmagnetfelds mithilfe von Sensoren, gegebenenfalls mit dem Smartphone</p> <p>Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld</p>	<p>Superposition und Komponenten</p> <p><i>Ermittlung der Horizontalkomponente des Erdmagnetfelds aus der Überlagerung mit dem Feld einer Spule</i></p>	<p>Die Lernenden...</p> <p>... stellen Hypothesen zu den Abhängigkeiten der magnetischen Flussdichte in einer Spule auf. (E 2)</p> <p>... erläutern Gültigkeitsbereich und Vorhersagemöglichkeiten des Modells „lange Spule“. (S 2)</p> <p><i>... identifizieren Fragestellungen zu den Widersprüchen innerhalb der klassischen Elektrodynamik. (E 1)</i></p>
----	--	--	--	---

Halbjahr	Themenfelder/Inhalte/Umfang	Experimente	Basiskonzepte	Kompetenzen
Q2	<p>4. Bewegung von geladenen Teilchen in Feldern (4 Wochen)</p> <p>a) Die Braunsche Röhre</p> <ul style="list-style-type: none"> - Glühemission - mathematische Beschreibung der Bewegung geladener Teilchen im homogenen elektrischen Längsfeld - qualitative Beschreibung der Teilchenbahn im homogenen elektrischen Quersfeld - <i>mathematische Beschreibung der Bahnkurven geladener Teilchen im homogenen elektrischen Längs- und Quersfeld</i> - Vakuumlichtgeschwindigkeit c_0 als Obergrenze für Geschwindigkeiten - Ruhemasse - <i>relativistische Massenzunahme</i> <p>b) Der Millikan-Versuch: Die Bestimmung der Elementarladung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schwebefall <p>c) Die Bestimmung der spezifischen Ladung eines Elektrons</p> <ul style="list-style-type: none"> - Berechnung von Kreisbahnen von geladenen Teilchen im homogenen Magnetfeld - <i>Ablenkung von Ladungsträgern in Magnetfeldern für beliebige Eintrittswinkel</i> <p>d) Der Massenspektrograph (Massenspektrometer)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>geladene Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern mit senkrecht aufeinander stehenden Feldstärkevektoren</i> <p>e) Teilchenbeschleuniger</p> <p>f) Der Hall-Effekt</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Hall-Spannung</i> - <i>Hall-Sensoren</i> <p>evtl. f) bzw. g) Polarlichter</p>	<p>Ablenkung von Ladungsträgern in einer Elektronenstrahlröhre durch elektrische und magnetische Felder</p> <p>Bestimmung der spezifischen Ladung</p> <p>Messung von Hall-Spannungen</p>	<p>Superposition und Komponenten Beschreibung der Bewegung eines Ladungsträgers im homogenen elektrischen Quersfeld als Überlagerung einer gleichförmigen und einer beschleunigten Bewegung</p> <p>Erhaltung und Gleichgewicht Herleitung der Gleichung aus einem Energieansatz</p> $v = \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}}$ <p>Entwicklung eines Kraftansatzes für ein schwebendes Öltröpfchen im Millikan-Versuch</p> <p>Berechnung von Größen aus dem Kraftansatz</p> $m \cdot \frac{v^2}{r} = Q \cdot v \cdot B$ <p>Herleitung der Gleichung aus einem Kraft- und Energieansatz</p> $\frac{e}{m_e} = \frac{2 \cdot U}{B^2 \cdot r^2}$ <p><i>Herleitung der Gleichung für den Geschwindigkeitsfilter</i></p> $v = \frac{E}{B}$ <p><i>Herleitung der Gleichung mithilfe eines Kraftansatzes</i></p> $U_H = b \cdot v \cdot B$	<p>Die Lernenden ...</p> <p>... beschreiben die Elektronenbahn im elektrischen Quersfeld kausal korrekt strukturiert. (K 4)</p> <p><i>... erklären mithilfe der relativistischen Massenzunahme experimentelle Daten zu schnell bewegten Elektronen. (E6)</i></p> <p>... reflektieren die Relevanz des Ergebnisses des Millikan-Versuchs hinsichtlich der Bestimmung der Elektronenmasse. (E 9)</p> <p><i>... berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen bei der Interpretation von Messdaten aus dem Millikan-Versuch bei der Bestimmung der Elementarladung. (E 7)</i></p> <p><i>... wenden bekannte mathematische Verfahren zur Beschreibung der Bahnkurven von Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern an. (S 7)</i></p> <p>... entwickeln Handlungsoptionen am Beispiel von Teilchenbeschleunigern unter Berücksichtigung gegebener Bewertungskriterien wie Kosten, Energieaufwand, gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Nutzen. (B 3)</p>

Q2	<p><u>5. elektromagnetische Induktion (5 Wochen)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen der elektromagnetischen Induktion - Das allgemeine Induktionsgesetz - Möglichkeiten der Erzeugung von Induktionsspannungen - Induktionsgesetz unter Verwendung des Differenzenquotienten <i>bzw. in differenzieller Form</i> $U_{\text{ind}} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad U_{\text{ind}} = -N \frac{d\Phi}{dt}$ - Betrachtung der Spezialfälle konstanter wirksamer Fläche und konstanter magnetischer Flussdichte beim Erzeugen von Induktionsspannungen - magnetischer Fluss - Anwendungen in der Technik, z.B. Spule als Sensor, Induktionsschleifen, Fernleitung elektrischer Energie, Schaltnetzteile, induktives Laden, Induktionskochplatten - Die Lenzsche Regel - Wirbelströme - Die Selbstinduktion - qualitative (<i>und mathematische</i>) Beschreibung der Verläufe von Spannung und Stromstärke bei Ein- und Ausschaltvorgängen von Spulen - Spannung bei Selbstinduktion unter Verwendung des Differenzenquotienten <i>bzw. in differenzieller Form</i> $U_{\text{ind}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad U_{\text{ind}} = -L \frac{dI}{dt}$ - Induktivität einer Spule $L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l}$ - Energie einer stromdurchflossenen Spule $E_{\text{mag}} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$ - Der Generator - Erzeugung von Wechselspannung (qualitativ) - <i>mathematische Betrachtung sinusförmiger Wechselspannungen</i> $U_{\text{ind}}(t) = U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$ <p>mit $U_0 = N \cdot B \cdot A \cdot \omega$ <i>- Kreisfrequenz</i></p> - Effektivwerte für Stromstärke und Spannung - Der Transformator - Erzeugen hoher Spannungen und Stromstärken in der Technik 	<p>Nachweis der elektromagnetischen Induktion im bewegten und im ruhenden Leiter</p> <p>Experiment zur Lenzschen Regel</p> <p><i>Aufnahme des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke beim Einschalten einer Spule</i></p> <p>Experiment zur Spannungsübersetzung</p>	<p>Mathematisieren und Vorhersagen Vorhersage von Messergebnissen mithilfe des Induktionsgesetzes</p> <p>Erhaltung und Gleichgewicht Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Lenzscher Regel und Energieerhaltungssatz</p> <p>Superposition und Komponenten Erklärung des Verlaufs der resultierenden Spannung beim Einschalten einer Spule aus der Überlagerung von angelegter Spannung und Induktionsspannung</p> <p><i>Mathematisieren und Vorhersagen</i> <i>Herleitung der Gleichung für eine sinusförmige Wechselspannung aus dem Induktionsgesetz</i></p>	<p>Die Lernenden ...</p> <p>... entnehmen einem $\Phi(t)$-Diagramm relevante Informationen und entwickeln daraus das $U_{\text{ind}}(t)$-Diagramm. (K 3)</p> <p>... prüfen verwendete Quellen zu Alltagskontexten des Themenfeldes hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt. (K 2)</p> <p>... beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art zu Alltagskontexten des Themenfeldes hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz. (B 2)</p> <p>... beurteilen ein technisches Gerät, bei dem sehr große Induktionsspannungen erzeugt werden, hinsichtlich entstehender Risiken. (B 6)</p> <p>... wählen sach- und adressatengerecht einzelne Anwendungen der elektromagnetischen Induktion für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus. (K 5)</p> <p>... <i>ermitteln die Induktivität einer Spule aus Messdaten $I(t)$ beim Einschalten dieser Spule und erklären das verwendete Auswerteverfahren.</i> (S 6)</p>
----	--	---	---	---

<p>Q2</p>	<p><u>6. Schwingungen (5 Wochen)</u></p> <p>a) mechanische Schwingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beschreibung der Schwingung eines mechanischen Oszillators - Kenngrößen einer Schwingung: Auslenkung, Amplitude, Frequenz, Periodendauer, Kreisfrequenz, <i>Phasenverschiebung</i> - Zusammenhang zwischen Frequenz und Periodendauer - Dämpfung einer Schwingung - mechanische Schwingungen im Alltag, z.B. Gefahr durch Resonanzeffekte (Tacoma Bridge), Schwingungsdämpfer an Fahrzeugen und Gebäuden, Schallwahrnehmung, Musikinstrumente, Klangerzeugung - Periodendauer eines Federpendels $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$ <ul style="list-style-type: none"> - Gleichung für die zeitabhängige Auslenkung bei harmonischen Schwingungen $y(t) = y_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ <ul style="list-style-type: none"> - erzwungene Schwingung und Resonanz - <i>lineares Kraftgesetz als Bedingung für die Entstehung einer mechanischen harmonischen Schwingung</i> <p>b) Die Erzeugung gedämpfter elektromagnetischer Schwingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entstehung elektromagnetischer Schwingungen in einem Schwingkreis - zeitliche Verläufe von Spannung und Stromstärke in einem Schwingkreis - Thomsonsche Schwingungsgleichung - Dämpfung im Schwingkreis (qualitativ) <p>c) Vergleich von mechanischer und elektromagnetischer Schwingung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vergleich von mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen unter dem Aspekt der Energieumwandlungen <p>d) <i>Die Erzeugung ungedämpfter elektromagnetischer Schwingungen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Erzeugen von elektromagnetischen Schwingungen mit konstanter Amplitude durch Rückkopplung</i> - <i>Erzwungene elektromagnetische Schwingung und Resonanz</i> 	<p>Abhängigkeit der Eigenfrequenz eines mechanischen harmonischen Oszillators von verschiedenen Parametern</p> <p>Darstellung des zeitlichen Verlaufs von Stromstärke und Spannung in einem Schwingkreis</p> <p>Abhängigkeit der Eigenfrequenz eines Schwingkreises von der Kapazität und der Induktivität</p> <p><i>Aufnahme der Resonanzkurve eines elektromagnetischen Schwingkreises</i></p>	<p>Erhaltung und Gleichgewicht Energiebetrachtungen an gedämpften und an erzwungenen Schwingungen</p> <p><i>Superposition und Komponenten Betrachtung der Kräfte zur Erklärung der Entstehung einer mechanischen Schwingung</i></p> <p><i>Mathematisieren und Vorhersagen Entwicklung der Gleichung</i> $y(t) = y_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ <i>als Lösung des Kraftansatzes</i> $F(t) = -D \cdot y(t)$</p>	<p>Die Lernenden ...</p> <p>... beziehen das Modell der harmonischen Schwingung zurück auf Alltagssituationen und reflektieren seine Generalisierbarkeit. (E 10)</p> <p>... planen geeignete Experimente zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Eigenfrequenz und den Parametern eines harmonischen Oszillators. (E 5)</p> <p>... beurteilen Sicherheitsmaßnahmen zur Schwingungsdämpfung in Alltagssituationen. (B 6)</p> <p><i>... wenden die Methode der zeitlichen Ableitung auf die Gleichung für die harmonische Schwingung an. (S 7)</i></p> <p>... erklären anhand von Lade- und Induktionsvorgängen den Einfluss der Kapazität und der Induktivität auf die Eigenfrequenz eines elektromagnetischen Schwingkreises. (E 6)</p> <p>... nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Entwicklung eigener, innerfachlicher Argumentationen, z.B. zur Beschreibung der Vorgänge in einem Schwingkreis. (K 8)</p> <p><i>... erläutern kausal korrekt strukturiert an einem Blockschaltbild das Rückkopplungsprinzip zur Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen. (K 4)</i></p>
-----------	---	--	---	---

Halbjahr	Themenfelder/Inhalte/Umfang	Experimente	Basiskonzepte	Kompetenzen
Q3	<p>7. Wellen (8 Wochen)</p> <p>a) mechanische Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definition des Begriffs „mechanische Welle“ - Energieübertragung durch Wellen - charakteristische Größen zur Beschreibung einer Welle: Wellenlänge, Lichtgeschwindigkeit - Zusammenhang zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge und Frequenz $c = \lambda \cdot f$ - Wellenphänomene: Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz - stehende Wellen, Wellenlängenbestimmung mittels einer durch Reflexion erzeugten stehenden Welle (Schwingungsknoten, -bauch) - mechanische Wellen im Alltag, z.B. Meereswellen in Küstennähe, Tsunami, Erdbebenwellen - <i>zeitliche und räumliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle, Darstellung durch Funktionsgleichungen</i> $y(t) = y_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$ für $x = \text{konstant}$ und $y(x) = y_0 \cdot \sin(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x)$ für $t = \text{konstant}$ <i>oder durch Funktionsgraphen</i> <p>b) elektromagnetische Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entstehung elektromagnetischer Wellen am Hertzschen Dipol <i>(Dipollänge $l = \frac{\lambda}{2}$)</i> - Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, Ausbreitungsgeschwindigkeit - Wellenphänomene: Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz - Informationsübertragung, Modulation, Antennen und Sendemasten - Polarisierung von Transversalwellen <p>c) Wellenoptik</p> <ul style="list-style-type: none"> - elektromagnetisches Spektrum, Überblick über die verschiedenen Frequenzbereiche - <i>Beugung und Interferenz am Einfachspalt, Bedingung für destruktive Interferenz:</i> $\sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b}$ - Interferenz von monochromatischem Licht am Doppelspalt und Gitter - Bedingungen für konstruktive und destruktive Interferenz an Doppelspalt und Gitter: $\Delta s = k \cdot \lambda$, $\sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b}$ $\Delta s = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$, $\sin \alpha_k = \frac{(2k + 1) \cdot \lambda}{2 \cdot b}$ - Gangunterschied, Gitterkonstante - Farbzerlegung von weißem Licht an einem Gitter - <i>Aufbau und Funktionsweise eines Interferometers</i> - <i>Röntgenbeugung an Kristallgittern, Braggsche Gleichung:</i> $2 \cdot d \cdot \sin \alpha = n \cdot \lambda$ 	<p>Eigenschaften mechanischer Wellen (Reflexion, Beugung und Interferenz z.B. mit Wellenwanne oder Schallwellen)</p> <p>Erzeugung einer stehenden Welle (z. B. Seilwelle) durch Reflexion</p> <p>Ausbreitung elektromagnetischer Wellen (z.B. mit Dezimeterwellensender)</p> <p>Eigenschaften elektromagnetischer Wellen wie Reflexion, Beugung, Interferenz, Polarisation</p> <p>Stehende elektromagnetische Wellen (z.B. Mikrowellensender)</p> <p>Nachweis von polarisiertem und unpolarisiertem Licht (SE Polfilter)</p> <p><i>Interferenz am Einzelspalt (SE, DE Laser)</i></p> <p>Farbzerlegung von weißem Licht an einem Gitter SE</p> <p>Bestimmung der Wellenlänge monochromatischen Lichts durch Interferenz (SE Gitter weißes Licht mit Farbfilter oder Laser)</p>	<p>Superposition und Komponenten Erklärung von Interferenzphänomenen mithilfe der Superposition von Wellen</p> <p><i>Deutung der Abschwächung unpolarisierten Lichts durch einen Polarisationsfilter</i></p> <p>Mathematisieren und Vorhersagen Mathematische Beschreibung der Lage der Maxima und Minima bei der Interferenz am Doppelspalt</p> <p><i>Bestimmung von Netzebenenabständen in Kristallen mithilfe der Braggschen Gleichung</i></p>	<p>Die Lernenden ...</p> <p>... veranschaulichen die Entstehung stehender Wellen in sachgerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge. (K 6)</p> <p>... bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten (z. B. „Handystrahlung“) ein eigenes Urteil. (B 4) <i>bzw. reflektieren Risikoeinschätzungen zur Mobilfunktechnologie hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses. (B 5)</i></p> <p>... präsentieren Eigenschaften und Anwendungen von Frequenzbereichen des elektromagnetischen Spektrums sach- und adressatengerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien. (K 7)</p> <p>... erklären das Messverfahren zur Wellenlängenbestimmung bei der Interferenz am Doppelspalt sowie die Funktion einzelner Komp. des Versuchsaufbaus. (S 5)</p> <p>... modellieren optische Phänomene wie die Interferenz am Doppelspalt mithilfe mathem. Darstellungen, wobei theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aus der Untersuchung des Beugungsbilds aufeinander bezogen werden. (E 4)</p> <p><i>... erklären das Messverfahren zur Bestimmung der Netzebenenabstände in Kristallen m.H. der Bragg-Reflexion sowie die Funktion einzelner Komp. des VA. (S 5)</i></p>

	<p><u>8. Quantenobjekte (6 Wochen)</u></p> <p>a) Der Hallwachs-Effekt</p> <p>b) Die Gegenfeldmethode</p> <ul style="list-style-type: none"> - äußerer lichtelektrischer Effekt, Widerspruch zum Wellenmodell - Einsteinsche Deutung im Photonenmodell des Lichts - Plancksches Wirkungsquantum, Austrittsarbeit, Grenzfrequenz <p>c) Der Nachweis von Photonen</p> <p>d) Energie, Masse und Impuls von Photonen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Impuls von klassischen Teilchen und Photonen <p>e) Interferenz von Quantenobjekten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hypothese von de Broglie, Materiewelle, de-Broglie-Wellenlänge - Elektronenbeugung (qualitativ) - <i>Elektronenbeugung an Kristallgittern (quantitativ)</i> <p>f) Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Taylor-Experiment: stochastische Vorhersagbarkeit der Häufigkeitsverteilung (qualitativ), Aufenthaltswahrscheinlichkeit - Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit - <i>Formel zur Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation</i> $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$ <ul style="list-style-type: none"> - <i>Äquivalenz von Masse und Energie</i> $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$	<p>Fotoeffekt: Einfluss der Intensität und Frequenz des Lichts (UV-Lampe und Zinkplatte)</p> <p>Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums mit der Gegenfeldmethode</p> <p><i>h-Bestimmung mithilfe von LEDs (SE verschiedenfarbige LED's, Wellenlängen aus den Datenblättern der Hersteller)</i></p> <p>Elektronenbeugung (Elektronenbeugungsröhre)</p> <p>Taylor-Experiment, stochastische Vorhersagbarkeit der Häufigkeitsverteilung, Simulation</p> <p><i>Simulation zum Nachweis der Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit</i></p>	<p>Erhaltung und Gleichgewicht Betrachtung der Energieerhaltung beim Fotoeffekt</p> <p><i>Herleitung der Gleichung</i></p> $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m_e \cdot e \cdot U}}$ <p><i>aus der de-Broglie-Hypothese und dem Energieansatz</i></p> <p>Superposition und Komponenten Deutung des Interferenzmusters im Doppelspaltexperiment als Häufigkeitsverteilung bei der Registrierung von Einzelereignissen</p> <p>Mathematisieren und Vorhersagen <i>linearisierte Darstellung von Messwerten aus dem Elektronenbeugungsexperiment zur Bestimmung von h</i></p> <p><i>mathematische Beschreibung des Zusammenhangs zwischen der Wellenlänge und der Lage der Beugungsringe in der Elektronenbeugungsröhre</i></p> <p>Zufall und Determiniertheit Beschreibung der Ereignisse einzelner Quantenobjekte (z. B. Registrierung eines Photons auf einem Schirm) unter Verwendung von Wahrscheinlichkeitsaussagen</p>	<p>Die Lernenden ...</p> <p>... reflektieren die Relevanz der Ergebnisse zum Fotoeffekt für physikalische Erkenntnisgewinnung und erläutern das Versagen klassischer Modelle. (E 9)</p> <p>... erklären, wie sich mithilfe eines Experiments zum Fotoeffekt das Plancksche Wirkungsquantum ermitteln lässt. (S 6)</p> <p>... erklären im Photonenmodell die am Einfachspalt gefundenen Zusammenhänge zwischen Spaltbreite und Breite des Hauptmaximums mithilfe der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation. (E 6)</p> <p>... reflektieren Grenzen der Erkenntnisgewinnung vor dem Hintergrund der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation. (E 11)</p>
--	---	---	--	--

Q4	<p>9. Atome (6 Wochen)</p> <p>a) Die Entwicklung der Atommodelle</p> <p>b) Das Bohrsche Atommodell</p> <ul style="list-style-type: none"> - Emission und Absorption von Photonen als Energieabgabe und Anregung von Atomen <p>c) Energieniveaus im Wasserstoffatom: „Termschema“</p> <ul style="list-style-type: none"> - Linienspektrum des atomaren Wasserstoffs, Serienformel: $f = f_R \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ - Energiewerte für das Wasserstoffatom: $E_n = -13,6 \text{ eV} \cdot \frac{1}{n^2}$ - Hauptquantenzahl n - Grundzustand, angeregte Zustände, Ionisationsenergie - Zusammenhang zwischen Energieniveauschema und Linienspektrum - <i>Modell des eindimensionalen Potenzialtopfes mit diskreten Energiewerten und seine Grenzen</i> <p>d) Spektroskopie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optische Spektralanalyse unterschiedlicher atomarer Gase - Emissions- und Absorptionsspektrum <p>e) Das quantenmechanische Atommodell</p> <ul style="list-style-type: none"> - Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron - Betragsquadrat der Wellenfunktion zur Beschreibung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit - <i>Energiewerte für Ein-Elektron-Systeme</i> - <i>Ausblick auf Mehrelektronensysteme, PAULI-Prinzip</i> <p>f) <i>Das Franck-Hertz-Experiment</i></p> <p>g) <i>Röntgenstrahlung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Eigenschaften von Röntgenstrahlung</i> - <i>Röntgenspektrum (Drehkristallverfahren)</i> - <i>Entstehung der kontinuierlichen und der diskreten Röntgenstrahlung</i> - <i>kurzwellige Grenze des Röntgenbremsspektrums</i> - <i>charakteristische Röntgenstrahlung</i> - <i>Röntgenspektroskopie</i> <p>evtl. f) bzw. h) spontane und induzierte Emission</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lasertechnik - Fluoreszenz und Phosphoreszenz 	<p>Darstellung eines Emissions- (DE Spektralröhren, Gitter) und Absorptionsspektrums</p> <p>Natriumresonanz (DE Projektion Natriumflamme)</p> <p>Franck-Hertz-Versuch</p> <p><i>Darstellung von Röntgenspektren (IBE oder Realexperiment)</i></p>	<p>Erhaltung und Gleichgewicht Erläuterung der Prozesse bei der quantenhaften Emission und Absorption von Licht</p> <p>Mathematisieren und Vorhersagen Entwicklung eines Energieniveauschemas aus einem Emissionsspektrum und umgekehrt</p> <p>Vorhersage von Spektrallinien außerhalb des sichtbaren Spektrums</p> <p>Zufall und Determiniertheit <i>Erklärung der unterschiedlichen Intensitäten von Spektrallinien als Folge unterschiedlicher Wahrscheinlichkeiten bei der Besetzung von Energieniveaus</i></p> <p><i>Erklärung dafür, dass in einer Gasentladungsröhre der Zeitpunkt der Emission eines Photons durch ein einzelnes Gasatom zufällig ist, sich aber bei fest eingestellter Spannung dennoch eine eindeutig vorhersagbare Strahlungsleistung einstellt</i></p> <p>Erhaltung und Gleichgewicht Erläuterung der Prozesse beim Franck-Hertz-Experiment</p> <p><i>Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums aus der kurzwelligen Grenze der Röntgenstrahlung</i></p>	<p>Die Lernenden ...</p> <p>... entwickeln Fragestellungen zur Analyse von Linienspektren. (E 1)</p> <p>... erklären die Entstehung von Absorptionslinien unter Nutzung eines Energieniveauschemas. (S 1)</p> <p>... veranschaulichen Orbitale des Wasserstoffatoms mithilfe geeigneter Software. (K 6)</p> <p><i>... erklären das Drehkristallverfahren sowie die Funktionen der einzelnen Komponenten des Versuchsaufbaus zur Aufnahme eines Röntgenspektrums. (S 5)</i></p> <p><i>... erklären, wie aus der grafischen Darstellung</i></p> $\lambda_{\min} \left(\frac{1}{U} \right)$ <p><i>für die kurzwellige Grenze der Röntgenstrahlung das Plancksche Wirkungsquantum ermittelt werden kann und wenden dieses Auswerteverfahren auf Messergebnisse an. (S 6)</i></p>
----	--	---	--	---

