Schulcurriculum für das Fach Physik der Deutschen Schule Madrid basierend auf dem Regionalcurriculum für das Fach Physik der Deutschen Schulen in Spanien und Portugal (Region 13/14)

Unverzichtbares Element der gymnasialen Ausbildung ist eine solide naturwissenschaftliche Grundbildung. Sie ist eine wesentliche Voraussetzung, um im persönlichen und gesellschaftlichen Leben sachlich richtig und selbstbestimmt entscheiden und handeln zu können, aktiv an der gesellschaftlichen Kommunikation und Meinungsbildung teilzuhaben und an der Mitgestaltung unserer Lebensbedingungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung mitzuwirken.

Das Fach Physik leistet dazu einen wichtigen Beitrag. Das Verständnis vieler Phänomene des Alltags erfordert Kenntnisse über physikalische Zusammenhänge, Gesetzmäßigkeiten und Modelle. Die Bedeutung der Physik zeigt sich heute in vielen lebensnahen und praxisbezogenen Bereichen wie Ingenieurwissenschaften, Umweltschutz, Medizin, Energiewirtschaft und Nanotechnologie. Als wesentliche Grundlage technischer, ökologischer, medizinischer und wirtschaftlicher Entwicklungen eröffnet die Physik Wege für die Gestaltung unserer Lebenswelt und somit zur Verbesserung unserer Lebensqualität, birgt aber auch Risiken. Solide physikalische Grundkenntnisse sind Voraussetzung für physikalisch relevante Berufe und Studienrichtungen.

Der Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe ist auf das Erreichen der allgemeinen Hochschulreife ausgerichtet und bietet dem Schüler neben einer vertieften Allgemeinbildung eine wissenschaftspropädeutische Bildung und eine allgemeine Studierfähigkeit bzw. Berufsorientierung. Er konzentriert sich dementsprechend auf das Verstehen physikalischer Sachverhalte und auf das Entwickeln von Basisqualifikationen, die eine Grundlage für anschlussfähiges Lernen in weiteren schulischen, beruflichen und persönlichen Bereichen bilden.

Die fachlichen Schwerpunkte orientieren sich an den Einheitlichen Prüfungsanforderungen (**EPA**) für das Fach Physik an Gymnasien.

Die Anforderungen der EPA spiegeln sich in dem für die Deutschen Schulen im Ausland entwickelten **Kerncurriculum** wider.

Das **Regionalcurriculum** für das Fach Physik

- greift die im Kerncurriculum ausgewiesenen Anforderungen auf und konkretisiert sie,
- weist darüber hinaus fachliche Vertiefungen und Erweiterungen aus und ermöglicht zusätzliche Schwerpunktsetzungen entsprechend dem Schulprofil,
- bietet Verknüpfungsmöglichkeiten mit den Methodencurricula der Schulen an und verweist auf fachübergreifende Bezüge.

Überfachliche und fachspezifische Kompetenzen, wie Sachkompetenz, Methodenkompetenz (Methoden, Kommunikation, Reflexion) und Selbst- und Sozialkompetenz, die im Physikunterricht im Zusammenhang mit verschiedenen Inhalten kumulativ entwickelt werden, sind nachfolgend ausgewiesen:

Schülerinnen und Schüler können

- physikalische Phänomene und Vorgänge beobachten sowie Fragestellungen erkennen, die auf physikalische Kenntnisse und Untersuchungen zurückführbar sind
- komplexere qualitative und quantitative Experimente planen und Untersuchungen unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durchführen
- Zusammenhängen zwischen physikalischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen herstellen
- erkenntnistheoretische Fragen diskutieren
- empirischer Ergebnisse und Modelle hinsichtlich ihrer Grenzen und Tragweiten bewerten und diese auf der Grundlage normativer und ethischer Maßstäbe beurteilen
- Stellung beziehen zu gesellschaftlich relevanten Fragen unter physikalischer Perspektive
- die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden kritisch reflektieren
- physikalische Modelle und Modellvorstellungen zur Beurteilung und Bewertung naturwissenschaftlicher Fragestellungen und Zusammenhänge nutzen
- geeignete Methoden für die Lösung von Aufgaben auswählen und anwenden sowie Arbeitsphasen zielgerichtet planen und umsetzen
- zu einem Sachverhalt relevante Informationen aus verschiedenen Quellen (z. B. Lehrbuch, Lexika, Internet) sachgerecht und kritisch auswählen
- Informationen aus verschiedenen Darstellungsformen (z. B. Texte, Symbole, Diagramme, Tabellen, Schemata) erfassen, diese verarbeiten, darstellen und interpretieren sowie Informationen in andere Darstellungsformen übertragen
- Ihr Wissen systematisch strukturieren sowie Querbezüge zwischen Wissenschaftsdisziplinen herstellen
- Arbeitsergebnisse verständlich und anschaulich präsentieren und geeignete Medien zur Dokumentation, Präsentation und Diskussion sachgerecht nutzen.
- individuell und im Team lernen und arbeiten und angemessen miteinander kommunizieren

- den eigenen Lern- und Arbeitsprozess selbstständig gestalten sowie ihre Leistungen und ihr Verhalten reflektieren,
- Ziele für die Arbeit der Lerngruppe festlegen, Vereinbarungen treffen und deren Umsetzung realistisch beurteilen,
- den eigenen Standpunkt artikulieren und ihn sach- und situationsgerecht vertreten sowie sich sachlich mit der Meinung anderer auseinandersetzen,
- naturwissenschaftliche Verfahren in Forschung und Praxis sowie Entscheidungen und Sachverhalte auf der Grundlage naturwissenschaftlicher Fachkenntnisse und unter Abwägung verschiedener (z. B. wirtschaftlicher, technischer) Aspekte bewerten und sich einen fachlich fundierten Standpunkt bilden,
- komplexe qualitative und quantitative Experimente selbstständig planen, durchführen und auswerten
- bei der Beschaffung von Informationen und bei der fachwissenschaftlichen Kommunikation im Physikunterricht ihre Medienkompetenz anwenden und sach- und adressatengerecht zu kommunizieren.

Die Eingangsvoraussetzungen für die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe sind die im Kerncurriculum angeführten Kompetenzen, die am Ende der Klassenstufe 10 erreicht sein müssen (mittlere Bildungsstandards):

http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2010/2010_04_29-kerncurriculum.pdf

Hinweise zum vorliegenden Regionalcurriculum:

Die im Curriculum verzeichneten Experimente (s. Anhang) sind verbindlich durchzuführen und können Teil der Abiturprüfung sein.

Als zugelassene Hilfsmittel sind sowohl die Formelsammlung, als auch der grafikfähige Taschenrechner vorgesehen (vgl. Curriculum im Fach Mathematik).

Das Thema Physik des Atomkerns soll nach der schriftlichen Abiturprüfung behandelt werden und ist somit nicht Bestandteil der schriftlichen Abiturprüfung.

Die Formulierung der Arbeitsaufträge im Unterricht und in den Prüfungen erfolgt gemäß der genehmigten Operatorenliste der KMK, die sich im Anhang befindet. Der Bewertung der Prüfungsleistungen liegen die einheitlichen Prüfungsanforderungen (EPA) zugrunde (siehe Anhang).In der Oberstufe werden die Klausuren parallel geschrieben, d.h. alle Kurse eines Jahrgangs schreiben in der Regel die gleichen Klausuren. Die jeweiligen Fachlehrer eines Jahrgangs stimmen den Inhalt ihres Unterricht eng miteinander ab.

* : Diese Angaben sind Empfehlungen und können dem schulinternen Methodencurriculum angepasst werden.

Die ausgewiesenen Stundenzahlen sind nicht verbindlich.

Kursiv geschriebene Texte stellen mögliche Erweiterungen dar.

Kursstufe 11/1
Thema: Felder und ihre Wechselwirkungen

Prüfung, Diagnose/Förderung *: Lernstandsanalyse zu Beginn der Sek II z.B. Selbsteinschätzungsbogen, unbenoteter Eingangstest

1. Elektrisches Feld

Kompetenzen / Inhalte **1.1 Elektrisches Feld und Ladung**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **elektrische Felder quantitativ und durch Feldlinienbilder beschreiben** - den Feldbegriff des elektrischen Feldes beschreiben - Feldlinienbilder beschreiben und interpretieren - die elektrische Feldstärke $\overrightarrow{E} = \frac{\vec{F}}{\vec{Q}}$ berechnen	2	allgemeine Modellbildung des Feldbegriffs	

Kompetenzen / Inhalte **1.2 Coulombsches Gesetz**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **das Coulombsche Gesetzes interpretieren und anwenden** $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$	2	grafische Darstellung oder Experiment Modellbildung	

Analogiebetrachtungen zum Gravitationsfeld durchführen $F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$			

Kompetenzen / Inhalte **1.3 Kondensator**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **die Kenngröße "Kapazität" eines Kondensators charakterisieren** - die elektrische Feldstärke eines Kondensators definieren und berechnen $E = \frac{U}{d}$ - die Kenngröße Kapazität eines Kondensators definieren und berechnen $C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$ - Abhängigkeiten interpretieren **ausgewählte Gleichungen und Diagramme zur elektrischen Feldstärke und elektrischen Energie interpretieren und anwenden** - unter anderem $E = \frac{1}{2} \cdot CU^2$ **die Bewegung geladener Teilchen im homogenen elektrischen Feld beschreiben** - Bewegungen parallel und senkrecht zu den Feldlinien analysieren - für den Sonderfall $\vec{v}$ II $\vec{F}$ die Geschwindigkeit berechnen	6	DFU; Quellenarbeit	

Kondensatoren hinsichtlich ihrer Bauform und ihrer spezifischen Anwendungen mit Hilfe physikalischer Größen beschreiben			

Kompetenzen / Inhalte **1.4 Millikan-Experiment**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **den Millikanversuch beschreiben und interpretieren** - die historische Bedeutung einordnen - den Aufbau in den wesentlichen Teilen skizzieren und erklären - den Versuchsablauf über den Schwebezustand erläutern	2		

Kompetenzen / Inhalte **1.5 Praktikum**		Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **Experimente zur Bestimmung elektrischer Größen selbstständig planen, durchführen und auswerten** - Entladekurve eines Kondensators *weitere mögliche Experimente: Reihen- und Parallelschaltung von Kondensatoren, Kennlinien elektrischer Bauelemente*	4	Teamfähigkeit Beurteilung und Wertung empirischer Ergebnisse	

Kompetenzen / Inhalte **1.6 Anwendungen**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **technische Anwendungen unter Nutzung der Gesetzmäßigkeiten der elektrischen Felder erklären** - die Braunsche Röhre skizzieren und ihre Wirkungsweise erläutern *weitere mögliche Beispiele: Oszilloskop, Gewitter, Akku, Kopierer, Ionenantrieb*	4	DFU Präsentationen	
Schulcurriculum / Kompetenzen / Inhalte **1.7 Elektrisches Feld**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **- das Superpositionsprinzip auf diskrete Ladungsverteilungen und elektrische Dipole anwenden** **- elektrische Feldstärke im Raum berechnen** **- die erhaltenen Vektorfelder interpretieren** **- den Lösungsweg dokumentieren**	6	DFU, Vertiefung der Sprachkompetenz Rechnerische Aufgaben, Abstraktion, Modellierung und Modellbildung	Vernetzung mit der linearen Algebra Anwendung des GTR

2. Magnetisches Feld

Kompetenzen / Inhalte **2.1 Magnetisches Feld**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **magnetische Felder quantitativ beschreiben** - den Feldbegriff des magnetischen Feldes beschreiben - Feldlinienbilder beschreiben und interpretieren - die magnetische Flussdichte als physikalische Größe zur Beschreibung des Feldes definieren und berechnen $B = \frac{F}{I \cdot l}$ - die magnetische Flussdichte für lange Zylinderspulen berechnen $B = \mu_0 \ \mu_r \cdot \frac{I \cdot N}{l}$ *mögliche Erweiterung: elektrische und magnetische Felder vergleichen* **die Gesetzmäßigkeiten des magnetischen Feldes bei Anwendungen nutzen** - das Erdmagnetfeld und seine Bedeutung erläutern - den Elektromotor beschreiben und seine Wirkungsweise erklären	7	Modellbildung und –anwendung vernetzen bekannter Modelle Bedeutung und Tragweite physikalischer Erkenntnisse	

Kompetenzen / Inhalte **2.2. Lorentzkraft**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **die Ablenkung bewegter Ladungen im homogenen Magnetfeld mit Hilfe der Lorentzkraft erklären und unter speziellen Bedingungen berechnen** - die Lorentzkraft als Kraft auf bewegte Ladungsträger definieren - die Lorentzkraft für den Fall $\vec{v}$ senkrecht zu $\vec{B}$ berechnen $F_L = Q \cdot v \cdot B$ - die Kreisbewegung geladener Teilchen im homogenen Magnetfeld erklären und bei der Bestimmung der spezifischen Ladung anwenden - das Experiment zur $\frac{e}{m}$ -Bestimmung historisch einordnen	4		

Kompetenzen / Inhalte **2.3. Anwendungen**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **technische Anwendungen unter Nutzung der Gesetzmäßigkeiten der magnetischen Felder erklären** - Massenspektrograph und Geschwindigkeitsfilter *weitere mögliche Beispiele: Hallsonde; Polarlichter, Zyklotron*	2		

Prüfung/Diagnose/Förderung*: Ergebnissicherung z.B. in Form einer Klausur, bewertetes Experiment, Test

Schulcurriculum / Kompetenzen / Inhalte **2.4 Magnetisches Feld,**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **- Methoden der Messwerterfassung auf experimentelle Fragestellungen anwenden** **-** Messung der Magnetfelder **-** Diagramme interpretieren und Versuchsanordnungen beschreiben und entwickeln **- dokumentieren den Lösungsweg**	2	DFU Experimentelle Aufgaben, Modellierung und Modellbildung Fehlerdiskussuion Experiment	Anwendung des GTR Koordination mit den Fächern Biologie und Chemie in der Verwendung der Messwerterfassung

Kompetenzen / Inhalte **2.5. Elektromagnetische Induktion**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **das Induktionsgesetz sicher anwenden** - den magnetischen Fluss definieren $\phi = B \cdot A$ - Induktionsgesetz im Wortlaut interpretieren und unter Beachtung des Lenzschen Ge-	7		

setzes Vorgänge und Phänomene erklären - das Induktionsgesetz in der Form $U_i = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ qualitativ und quantitativ interpretieren und anwenden **die Kenngröße „Induktivität“ einer Spule charakterisieren und berechnen** - den Sachverhalt der Selbstinduktion erklären - die Kenngröße Induktivität einer Spule ~~herleiten und~~ berechnen $L = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l}$ **das Auftreten einer Induktionsspannung unter Verwendung des Induktionsgesetzes für vielfältige Anordnungen qualitativ erklären und quantitativ bestimmen** - Diagramme interpretieren und Versuchsanordnungen analysieren - Induktionsspannungen berechnen - den Wechselstromgenerator erklären und die Entstehung einer Wechselspannung erläutern **die Wechselstromstärke und die Wechselspannung graphisch darstellen und zwischen Effektivwerten und Maximalwerten unterscheiden**			

Kursstufe 11/2

Thema: Wellen und Teilchen

1. Schwingungen und Wellen

Kompetenzen / Inhalte **1.1 Mechanische Schwingungen und Wellen**	Zeit in UStd	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **mit Hilfe von Kenngrößen, Diagrammen und Gleichungen den zeitlichen Ablauf harmonischer Schwingungen beschreiben und die betreffenden Gleichungen interpretieren** - harmonische Schwingungen definieren - die Begriffe Auslenkung, Amplitude, Schwingungsdauer, Frequenz erläutern - $y = y_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right) = y_0 \cdot \sin(\omega t)$ **für ausgewählte mechanische schwingungsfähige Systeme die Schwingungsdauer in Abhängigkeit von anderen physikalischen Größen ermitteln und die entsprechenden Gleichungen interpretieren** - z.B. Federschwinger, Fadenpendel, Stimmgabel - Federschwinger $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$, Fadenpendel $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$ **bei erzwungenen Schwingungen den Zusammenhang zwischen Erregerfrequenz und Amplitude des Resonators qualitativ beschreiben** - Resonanzvorgänge erklären und den Zusammenhang zwischen Amplitude und Frequenz grafisch darstellen **die Ausbreitung von Wellen mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes beschreiben, erklä-**	14	Experiment Experiment	

ren und voraussagen - den Wellenbegriff definieren und Längswellen und Querwellen zuordnen - Schwingungen mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes analysieren $E_{pot} + E_{kin}$ = konstant - die Ausbreitungsgeschwindigkeit definieren und berechnen **Schüler und Schülerinnen können** **das physikalische Phänomen der Welle unter Verwendung von Kenngrößen und Diagrammen beschreiben sowie Erscheinungen bei der Wellenausbreitung mit den für die Wellen charakteristischen Eigenschaften erklären** - die Reflexion, die Brechung, die Beugung, die Interferenz mit Hilfe des Huygenschen Prinzips erklären			

Prüfung/Diagnose/Förderung*: Ergebnissicherung z.B. in Form einer Klausur, bewertetes Experiment, Test

Kompetenzen / Inhalte **1.2 Elektromagnetische Schwingungen und Wellen**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **das Verhalten von Spule, Kondensator und ohmschem Widerstand im Gleich- und Wechselstromkreis beschreiben, vergleichen und erklären** - den ohmschen, induktiven und kapazitiven Widerstand bestimmen R$= \frac{(\cdot l}{A}$, $X_1 L = (\cdot L$, $X_C = \frac{1}{(\cdot C}$ - für eine Reihenschaltung das Zeigerdiagramm zeichnen und die Phasenverschiebung, den Blindwiderstand und den Scheinwiderstand berechnen **den Aufbau eines elektromagnetischen Schwingkreises beschreiben und seine Wirkungsweise erklären**	11		

die Thomsonsche Schwingungsgleichung interpretieren und anwenden $T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$ **den Aufbau des hertzschen Dipols als offenen Schwingkreis beschreiben und seine Wirkungsweise erklären** - den Aufbau eines einfachen Radioempfängers beschreiben - das Senden und Empfangen hertzscher Wellen erklären *weitere mögliche Beispiele: Transponder, Satellit, Chipkarte, Mobilfunk*			

Kompetenzen / Inhalte **1.3 Vergleich mechanischer und elektromagnetischer Wellen**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **Analogiebetrachtungen durchführen zwischen** - **Schwingungen und Wellen** - **mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen** - **mechanischen und elektromagnetischen Wellen**	2		

Prüfung/Diagnose/Förderung*: Ergebnissicherung z.B. in Form einer Klausur, bewertetes Experiment, Test

Kompetenzen / Inhalte **1.4 Praktikum**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten

Schüler und Schülerinnen können **Experimente zur Bestimmung von mechanischen und elektrischen Größen selbstständig durchführen und auswerten:** - Federkonstante über die Periodendauer ermitteln - Induktivität einer Spule ermitteln *weitere mögliche Experimente: Fallbeschleunigung mit Hilfe eines Fadenpendels ermitteln Kapazität eines Kondensators ermitteln Black-box-Experimente durchführen (Bestimmung elektrischer Bauelemente),stehende Wellen, Eigenfrequenzen von Musikinstrumenten*	6	Experiment Fehlerbetrachtung und -abschätzung	

Kurs 12/1
Thema: Wellenoptik und Quantenphysik

1. Wellenoptik

Kompetenzen / Inhalte **1.1 Dispersion**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schülerinnen und Schüler können **die Notwendigkeit der Einführung des Wellenmodells für das Licht am Beispiel der Dispersion begründen.** - die Dispersionsphänomene erkennen *mögliche Beispiele: Prisma, Regenbogen, planparallele Platte* - das Brechungsgesetz interpretieren und anwenden $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c_1}{c_2}$ - den Brechungsindex experimentell bestimmen - Analogiebetrachtungen zu Wasserwellen durchführen	4	Experimentelles Arbeiten Modellbildung	

Kompetenzen / Inhalte **1.2 Beugung und Interferenz**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schülerinnen und Schüler können **Beugungs- und Interferenzerscheinungen am Doppelspalt beschreiben und erklären** - den Zusammenhang zwischen Spaltabstand, Gangunterschied/Wellenlänge und Abstand der Interferenzmaxima herleiten (monochromatisches Licht) unter der Bedingung $s_k \ll e_k$ gilt: $\frac{k \cdot \lambda}{d} = \frac{s_k}{e_k}$ (k=1,2,3…) - die Interferenzerscheinungen am Spalt mit den Interferenzerscheinungen am Gitter vergleichen	5		

die Gleichungen zur Berechnung von Beugungs- und Interferenzerscheinungen beim Berechnen von Wellenlängen und Gitterkonstanten sowie der spektralen Lichtzerlegung anwenden - die Wellenlänge monochromatischen Lichtes experimentell bestimmen - Schülerexperiment „Interferenz an Doppelspalt oder Gitter“ - Beugungserscheinungen im Alltag nennen und erklären			
Kompetenzen / Inhalte **1.3 Licht als Teil des elektromagnetischen Spektrums**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schülerinnen und Schüler können **die Farben des sichtbaren Bereiches und weitere Wellenlängenbereiche des Lichtes in das elektromagnetische Spektrum einordnen** - Begründungen für die Einordnung des Lichtes als elektromagnetische Welle angeben. (Ausbreitungsgeschwindigkeit; Welleneigenschaften; fehlendes Trägermedium) - Infrarot und UV-Licht einordnen - einen Überblick über des elektromagnetische Spektrum (von elektrische Wellen über den optischer Bereich und die Röntgenstrahlen zu den Gammastrahlen) geben - Gefahren elektromagnetischer Strahlen und Maßnahmen zu deren Vermeidung nennen *mögliche Erweiterung: Beamer ,Farbmodelle*	3	Vortrag; Präsentation	

Prüfung/Diagnose/Förderung*: Ergebnissicherung z.B. in Form einer Klausur, bewertetes Experiment, Test

2. Quantenphysik

Kompetenzen / Inhalte	Zeit in	Methodencurriculum*	fächerübergrei-

2.1. Lichtelektrischer Effekt	UStd.		fende Aktivitäten
Schülerinnen und Schüler können **den äußeren lichtelektrischen Effekt beschreiben und Widersprüche zum Wellenmodell benennen und sie mit Hilfe der Quantentheorie lösen** - können grundlegende Experimente des äußeren lichtelektrischen Effektes beschreiben und die Ergebnisse deuten **die Einsteingleichung und ihre graphische Darstellung interpretieren und mit ihrer Hilfe das Plancksche Wirkungsquantum als universelle Naturkonstante sowie Energiebeträge und Ablösearbeiten bestimmen** - die Gegenfeldmethode zur Bestimmung der kinetischen Energie der Elektronen erläutern - die Einsteingleichung interpretieren und graphisch darstellen $E_p = \boldsymbol{h} \cdot f = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}} \cdot m_e{}^{\mathbf{2}} + W_A$ - das Plancksches Wirkungsquantum, die Grenzfrequenz und die Auslösearbeit bestimmen - den lichtelektrischen Effekt mit Hilfe der Lichtquantenhypothese interpretieren **Licht und Elektronen sowohl Wellen- als auch Teilcheneigenschaften zuordnen** - die Grenzen des Wellenmodells des Lichtes begründen - einen Versuch zum Nachweis der Welleneigenschaften von Elektronen beschreiben - den Photonenimpuls berechnen $p = \frac{\boldsymbol{h} \cdot f}{c} = \frac{\boldsymbol{h}}{\lambda}$	8		

- für Quantenobjekte die de-Broglie-Wellenlänge berechnen			

Kompetenzen / Inhalte **2.2. Welle - Teilchendualismus**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **die Unbestimmtheitsrelation deuten** - die Heisenbergsche Unschärferelation als Besonderheit des quantenphysikalischen Messprozesses deuten - Auswirkungen der Unschärferelation im Mikro- und Makrokosmos abschätzen **das stochastische Verhalten quantenphysikalischer Objekte erklären**	2		

Prüfung/Diagnose/Förderung*: Ergebnissicherung z.B. in Form einer Klausur, bewertetes Experiment, Test

3. Physik der Atomhülle

Kompetenzen / Inhalte **3.1 Atommodelle**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schülerinnen und Schüler können **einfache Atommodelle erläutern und einen Zusammenhang zwischen dem Aufbau der Atomhülle und dem Periodensystem herstellen** - einen Überblick über die Atommodelle geben und historisch einordnen **den Rutherford'schen Streuversuch beschreiben und die Grundüberlegungen wiedergeben, die zum Rutherford'schen Atommodell führen**	2	Modellbildung	Chemie Kl.9

Kompetenzen / Inhalte	Zeit in	MethodenCurriculum*	fächerübergrei-

3.2. Bohrsches Atommodell	UStd.		fende Aktivitäten
Schülerinnen und Schüler können **das Bohrsche Atommodell erklären und die Bohrschen Postulate benennen, die quantenhafte Emission von Licht in einen Zusammenhang mit der Strukturvorstellung der Atomhülle bringen, das Linienspektrum des Wasserstoffatoms und dessen Beschreibung durch Balmer erklären und Berechnungen mit dem Energieniveauschema durchführen** - das Bohrsche Atommodell beschreiben - das Energieniveauschema des Wasserstoffs interpretieren - die Wellenlängen und Frequenzen für emittiertes und das absorbiertes Licht berechnen - Spektraluntersuchungen als historischen Ausgangspunkt für die Betrachtung zur Quantisierung in Atom beschreiben	4		Chemie Kl.10

Kompetenzen / Inhalte **3.3 Frank-Hertz-Versuch**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schülerinnen und Schüler können **den Franck-Hertz-Versuch beschreiben und interpretieren** - den Aufbau und den Versuchsablauf beschreiben - die charakteristische Frank-Hertz-Kurve skizzieren und interpretieren - die Quantisierung im Atom mit Hilfe des Frank-Hertz-Versuchs deuten	4		

Prüfung/Diagnose/Förderung*: Ergebnissicherung z.B. in Form einer Klausur, bewertetes Experiment, Test

Kompetenzen / Inhalte **3.4 Röntgenstrahlung**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schülerinnen und Schüler können **die Erzeugung von Röntgenstrahlen erklären und Beispiele für Anwendungen und Gefahren erläutern** - die Entstehung von Röntgenstrahlen prinzipiell beschreiben - die Eigenschaften und Anwendungsbeispiele nennen	2		

Kursstufe 12/2
Thema „Physik des Atomkerns“

1. Physik des Atomkerns

Kompetenzen / Inhalte 1.1. Natürliche Radioaktivität	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **radioaktive Strahlung in Zusammenhang mit Kernzerfällen bringen und wichtige und typische Kernzerfälle erläutern** - die Begriffe Massenzahl, Ladungszahl, Nukleonen und Isotop definieren - die Strahlungsarten klassifizieren und Eigenschaften nennen - Kernumwandlungen durch Zerfallsgleichungen darstellen - mit der Nuklidkarte sicher umgehen - wichtige natürliche Strahlungen (Höhenstrahlung, Eigenstrahlung des Körpers, Umweltstrahlungen) beschreiben - den radioaktiven Zerfall durch das Zerfallsgesetz beschreiben und berechnen $N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}}$	6	Modellvorstellung	

Kompetenzen / Inhalte 1.2. Biologische Wirkungen	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **einen Überblick über die biologische Wirkung radioaktiver Strahlung geben und Maßnahmen des Strahlenschutzes erläutern** - somatische und deterministische Strahlenschäden vergleichen - die Maßnahmen des Strahlenschutzes („4 große A“) begründen	2	Bezug zu Biologie (Genetik)	

Kompetenzen / Inhalte 1.3. Kernenergie	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **ausgehend von den Kernkräften und der Kernbindungsenergie die Stabilität der Atomkerne und die Erzeugung von Energie durch Kernspaltung und Fusion erklären. Hierzu können die Schülerinnen und Schüler den Begriff Massendefekt in einen Zusammenhang bringen** - die Begriffe Massendefekt und Bindungsenergie erläutern $E_B = \Delta m \cdot c^2$; $\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - m_K$ - die Bindungsenergie in Abhängigkeit von der Massenzahl grafisch darstellen und interpretieren - die Kernspaltung und Kernfusion erklären - an ausgewählten Beispielen die Energiefreisetzung berechnen **einen Überblick über die technische Realisierung der Energiegewinnung durch Kernspaltung und ihrer Randbedingungen und Gefahren geben**	8	sachkritisches Handeln und Werten; Vorträge	

Kompetenzen / Inhalte 1.4. Grundbausteine der Materie	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **einen Überblick über Leptonen, Hadronen und Quarks geben**	2		
Schulcurriculum Kompetenzen / Inhalte **1.5. Struktur der Materie**	Zeit in UStd.	Methodencurriculum*	fächerübergreifende Aktivitäten
Schüler und Schülerinnen können **-Physikalische Modelle für Erkenntnisprozesse nutzen** **- aktuelle Vorstellungen der Teilchenwechselwirkungen beschreiben** - Merkmale und Grenzen von Modellen sowie die Bedeutung ihrer Weiterentwicklung erläutern **- mögliche Aspekte der Struktur des Universum präsentieren** **(z.B. Rotverschiebung, Planeten, Sterne, Massenverteilung, Gravitation, Raum, Zeit)**	9	Analyse, Abstraktion, Strukturierung, Modellierung Präsentation (Vorbereitung auf die mündliche Abiturprüfung) Recherche Zusammenfassung	

Anhang: Liste der verbindlichen Schülerexperimente in der Qualifikationsphase

verbindliche Experimente	Beispiele
Schüler und Schülerinnen können selbständig zu folgenden Themen Experimente planen, durchführen und auswerten: - Entladekurve eines Kondensators - Periodendauer und Federkonstante eines Federschwinger - Induktivität einer Spule - Interferenz am Doppelspalt /Gitter	

Kriterien zur Leistungsbewertung

Die Kriterien zur Leistungsbewertung orientieren sich an den Einheitlichen Prüfungsanforderungen (EPA).
Bei Klausuren soll das Schwergewicht der zu erbringenden Leistungen im Anforderungsbereich II liegen und daneben die Anforderungsbereiche I und III berücksichtigt werden, und zwar Anforderungsbereich I in höherem Maße als Anforderungsbereich III.

Für die Leistungsbewertung gilt (Zitat aus den EPA):
„Die Festlegung der Schwelle zur Note „ausreichend“ (05 Punkte) und die Vergabe der weiteren Noten sind Setzungen, die in besonderem Maße der pädagogischen Erfahrung und Verantwortung der Beurteilenden unterliegen. Die Note „ausreichend“ (05 Punkte) soll erteilt werden, wenn annähernd die Hälfte(mindestens 45 Prozent) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden ist. Dazu reichen Leistungen allein im Anforderungsbereich I nicht aus. Oberhalb und unterhalb dieser Schwelle sollen die Anteile der erwarteten Gesamtleistung den einzelnen Notenstufen jeweils ungefähr linear zugeordnet werden, um zu sichern, dass mit der Bewertung die gesamte Breite der Skala ausgeschöpft werden kann. Die Note „gut“ (11 Punkte) soll erteilt werden, wenn annähernd vier Fünftel (mindestens75 Prozent) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden ist.“

Im Besonderen gilt der folgende Notenschlüssel für Klausuren in der Oberstufe im Fach Physik an der Deutschen Schule Madrid:

Note	**Erreichte Punktzahl in %**
15 Punkte	Ab 95%
14 Punkte	Ab 90%
13 Punkte	Ab 85%
12 Punkte	Ab 80%
11 Punkte	Ab 75%
10 Punkte	Ab 70%
9 Punkte	Ab 65%
8 Punkte	Ab60%
7 Punkte	Ab 55%
6 Punkte	Ab 50%
5 Punkte	Ab 45%
4 Punkte	Ab 40%
3 Punkte	Ab 34%
2 Punkte	Ab 27%
1 Punkt	Ab 20%
0 Punkte	

Hinweise zur Überprüfbarkeit von Lernergebnissen:

Die Anforderungsbereiche werden wie folgt beschrieben(Zitat aus den EPA):

Anforderungsbereich I

Im Anforderungsbereich I beschränken sich die Aufgabenstellungen auf die Reproduktion und die Anwendung einfacher Sachverhalte und Fachmethoden, das Darstellen von Sachverhalten in vorgegebener Form sowie die Darstellung einfacher Bezüge.

Fachkenntnisse – Wiedergeben von Sachverhalten
- **Wiedergeben von einfachen Daten und Fakten sowie von Begriffen, Größen und Einheiten und deren Definitionen**
- **Wiedergeben von einfachen Gesetzen und Formeln sowie deren Erläuterung**
- **Entnehmen von Informationen aus einfachen Texten**

Fachmethoden - Beschreiben und Einsetzen von Fachmethoden
- **Aufbauen eines einfachen Experiments nach vorgelegtem Plan oder eines bekannten Experiments aus der Erinnerung**
- **Beschreiben eines Experiments**
- **Durchführen von Messungen nach einfachen Verfahren**
- **Umformen von Gleichungen und Berechnen von Größen aus Formeln**
- **sachgerechtes Nutzen einfacher Software**
- **Auswerten von Ergebnissen nach einfachen Verfahren**

Kommunikation - Darstellen von Sachverhalten in vorgegebenen Formen
- **Darstellen von Sachverhalten in verschiedenen Darstellungsformen (z.B. Tabelle, Graph, Skizze, Text, Bild, Diagramm, Mindmap Formel)**
- **mündliches oder schriftliches Beantworten von Fragen zu einfachen physikalischen Sachverhalten**
- **schriftliches oder mündliches Präsentieren einfacher Sachverhalte**
- **fachsprachlich korrektes Fassen einfacher Sachverhalte**
- **Kommunizieren einfacher Argumente und Beschreibungen**

Reflexion - Angeben von Bezügen
- Beschreiben einfacher Phänomene aus Natur und Technik
- Darstellen einfacher historischer Bezüge
- Beschreiben von Bezügen zu Natur und Technik.

Anforderungsbereich II

Im Anforderungsbereich II verlangen die Aufgabenstellungen die Reorganisation und das Übertragen komplexerer Sachverhalte und Fachmethoden, die situationsgerechte Anwendung von Kommunikationsformen, die Wiedergabe von Bewertungsansätzen sowie das Herstellen einfacher Bezüge.

Fachkenntnisse – Anwenden von Sachverhalten eines abgegrenzten Gebietes
- fachgerechtes Wiedergeben von komplexeren Zusammenhängen
- Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden eines abgegrenzten Gebiets
- Entnehmen von Informationen aus komplexeren Texten

Fachmethode - Anwenden von Fachmethoden
- Übertragen von Betrachtungsweisen und Gesetzen
- Selbstständiger Aufbau und Durchführung eines Experiments
- Planen einfacher experimenteller Anordnungen zur Untersuchung vorgegebener Fragestellungen
- Gewinnen von mathematischen Abhängigkeiten aus Messdaten
- Auffinden der relevanten physikalischen Variablen eines Vorgangs
- Erörtern von Fehlerquellen und Abschätzen des Fehlers bei Experimenten
- Erörtern des Gültigkeitsbereichs von Modellen und Gesetzen
- Optimieren von Modellen hinsichtlich eines Realexperiments
- Nutzen von Modellbildungssystemen zur Überprüfung oder zur graphischen Veranschaulichung physikalischer Abhängigkeiten
- mathematisches Beschreiben physikalischer Phänomene
- begründetes Herleiten der mathematischen Beschreibung eines einfachen physikalischen Sachverhaltes

Kommunikation – Situationsgerechtes Anwenden von Kommunikationsformen

- Strukturieren und schriftliches oder mündliches Präsentieren komplexerer Sachverhalte
- adressatengerechtes Darstellen physikalischer Sachverhalte in verständlicher Form
- Führen eines Fachgespräches auf angemessenem Niveau zu einem Sachverhalt
- fachsprachliches Fassen umgangssprachlich formulierter Sachverhalte
- präzises Kommunizieren einfacher Argumente und Beschreibungen

Reflexion - Herstellen einfacher Bezüge und Wiedergeben von Bewertungsansätzen
- Einordnen und Erklären von physikalischen Phänomenen aus Natur und Technik
- Einordnen von Sachverhalten in historische und gesellschaftliche Bezüge.

Anforderungsbereich III

Im Anforderungsbereich III verlangen die Aufgabenstellungen das problembezogene Anwenden und Übertragen komplexer Sachverhalte und Fachmethoden, die situationsgerechte Auswahl von Kommunikationsformen, das Herstellen von Bezügen und das Bewerten von Sachverhalten.

Fachkenntnisse - Problembezogenes Erarbeiten, Einordnen, Nutzen und Werten von Wissen
- Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden
- problembezogenes Einordnen und Nutzen von Wissen in verschiedenen inner – und außerphysikalischen Wissensbereichen
- Entnehmen von Informationen aus komplexen Texten

Fachmethode - Problembezogenes Auswählen und Anwenden von Fachmethoden
- Entwickeln eigener Fragestellungen bzw. sinnvolles Präzisieren einer offenen Aufgabenstellung
- Planen und gegebenenfalls Durchführen und Auswerten eigener Experimente für vorgegebene Fragestellungen
- Erheben von Daten zur Überprüfung von Hypothesen
- Entwickeln alternativer Lösungswege, wenn dieses in der Aufgabenstellung gefordert wird
- Entwickeln neuer Modellelemente mit einem Modellbildungssystem
- begründetes Herleiten der mathematischen Beschreibung eines physikalischen Sachverhaltes

Kommunikation - Kommunikationsformen situationsgerecht auswählen und einsetzen
- Analysieren komplexer Texte und Darstellung der daraus gewonnenen Erkenntnisse
- Beziehen einer Position zu einem physikalischen Sachverhalt, Begründen und Verteidigen dieser Position in einem fachlichen Diskurs

- Darstellen eines eigenständig bearbeiteten komplexeren Sachverhalt für ein Fachpublikum (z.B. in einer Facharbeit)
- präzises Kommunizieren naturwissenschaftlicher Argumentationsketten

Reflexion - Herstellen von Bezügen und Bewerten von Sachverhalten
- Erkennen physikalischer Fragestellungen
- Finden von Anwendungsmöglichkeiten physikalischer Erkenntnisse
- Erklären physikalischer Phänomene komplexer Art aus Natur und Technik
- bewusstes und begründetes Einnehmen einer physikalischen Perspektive
- Herausfinden von physikalischen Aspekten aus Fragekomplexen anderer Fachgebiete, Ausarbeiten und Bewerten dieser Aussagen
- Beziehen einer Position zu gesellschaftlich relevanten Fragen unter physikalischer Perspektive,
Begründen und Verteidigen dieser Position in einem Diskurs.

Operatoren im Fach Physik
(Entwurf: Stand März 2012)

Operator	Beschreiben der erwarteten Leistung	Beispiele	AFB
ableiten	auf der Grundlage von Erkenntnissen sachgerechte Schlüsse ziehen	Leiten Sie aus den experimentellen Ergebnissen (Linienspektren, Franck-Hertz-Versuch,...) die Notwendigkeit ab, das rutherfordsche Atommodell durch Quantisierungsbedingungen zu erweitern.	II
abschätzen	durch begründete Überlegungen Größenordnungen angeben	Schätzen Sie ab, ob hier die Verwendung einer 10-A-Sicherung ausreichend ist.	II
analysieren	systematisches Untersuchen eines Sachverhaltes, bei dem Bestandteile, dessen Merkmale und ihre Beziehungen zueinander erfasst und dargestellt werden	Analysieren Sie den Versuchsaufbau auf mögliche Fehlerquellen.	II
anwenden	einen bekannten Zusammenhang oder eine bekannte Methode auf einen anderen Sachverhalt beziehen	Wenden Sie das Induktionsgesetz auf die beschriebene Situation an.	II
aufstellen von Hypothesen	eine begründete Vermutung formulieren	Stellen Sie eine Hypothese auf, von welchen Größen die magnetische Flussdichte in einer stromdurchflossenen Spule abhängen könnte.	III
auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder andere Elemente in einen Zusammenhang stellen, gegebenenfalls zu einer Gesamtaussage zusammenführen und Schlussfolgerungen ziehen	Werten Sie die Versuchsreihen zur Untersuchung der magnetischen Flussdichte in einer stromdurchflossenen Spule aus (und geben Sie die daraus resultierende Formel an).	III
begründen	Sachverhalte auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen	Begründen Sie, warum die rote Linie des Wasserstoffspektrums keinen Photoeffekt bei Kalium bewirkt.	III
benennen	Begriffe und Sachverhalte einer vorgegebene Struktur zuordnen	Benennen Sie die Bauteile der abgebildeten Röntgenröhre.	I
berechnen	Ergebnisse aus gegebenen Anfangswerten rechnerisch generieren	Berechnen Sie die Gravitationsfeldstärke am Äquator aus dem mittleren Radius und der mittleren Dichte der Erde.	II
beschreiben	Sachverhalte wie Objekte und Prozesse nach Ordnungsprinzipien strukturiert unter Verwendung der Fachsprache wiedergeben	Beschreiben Sie Aufbau und Durchführung des Millikan-Versuchs.	II
bestimmen	rechnerische, grafische oder inhaltliche Generierung eines Ergebnisses	Bestimmen Sie mit Hilfe des Diagramms den Wert des planckschen Wirkungsquantums.	I
beurteilen, bewerten	zu einem Sachverhalt eine selbstständige Einschätzung nach fachwissenschaftlichen und fachmethodischen Kriterien formulieren	Beurteilen Sie die Anwendbarkeit der C-14-Methode zur Altersbestimmung in der beschriebenen Situation.	III
beweisen	mit Hilfe von sachlichen Argumenten durch logisches Herleiten eine Behauptung/Aussage belegen bzw. widerlegen	Beweisen Sie, dass die Ansätze von Bohr und De Broglie zur gleichen Quantenbedingung führen.	III

darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden, Ergebnisse etc. strukturiert wiedergeben	Stellen Sie das Verfahren der Uran-Blei-Methode zur Altersbestimmung dar.	I
definieren	die Bedeutung eines Begriffs unter Angabe eines Oberbegriffs und invarianter (wesentlicher, spezifischer) Merkmale bestimmen		III
diskutieren	Argumente zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen	Diskutieren Sie, ob die Kernfusion als zukünftige Energiequelle wünschenswert ist.	III
dokumentieren	alle notwendigen Erklärungen, Herleitungen und Skizzen zu einem Sachverhalt/Vorgang darstellen	Dokumentieren Sie die Entwicklung der Atommodelle von Dalton über Thomson zu Rutherford.	I
entwerfen/planen (Experimente)	zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranordnung finden und eine Experimentieranleitung erstellen	Planen Sie ein Experiment, das zeigen kann, dass die Beugungsfigur in einer Elektronenbeugungsröhre von negativen Ladungsträgern und nicht von Röntgenstrahlung herrührt.	III
erklären	Strukturen, Prozesse, Zusammenhänge, usw. des Sachverhaltes erfassen und auf allgemeine Aussagen/Gesetze zurückführen	Erklären Sie das Zustandekommen des Spannungsstoßes im beschriebenen Experiment.	II
erläutern	wesentliche Seiten eines Sachverhalts/Gegenstands/Vorgangs an Beispielen oder durch zusätzliche Informationen verständlich machen	Erläutern Sie die Entstehung von Linienspektren am Beispiel von Wasserstoff.	II
herleiten	aus Größengleichungen durch mathematische Operationen eine physikalische Größe freistellen und dabei wesentliche Lösungsschritte kommentieren	Leiten Sie für die Materiewellenlänge λ der Elektronen beim Versuch zur Elektronenbeugung an Graphit aus der Theorie die Gleichung $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2em_eU}}$ her.	II
interpretieren/deuten	Sachverhalte, Zusammenhänge in Hinblick auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und abwägend herausstellen	Deuten Sie den Verlauf der U-I-Kurve beim Franck-Hertz-Versuch.	III
klassifizieren, ordnen	Begriffe, Gegenstände etc. auf der Grundlage bestimmter Merkmale systematisch einteilen	Ordnen Sie die folgenden Phänomene danach, ob sie sich mit dem Wellenmodell oder dem Teilchenmodell des Lichtes erklären lassen.	II
nennen	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten, Fakten ohne Erläuterung wiedergeben	Nennen Sie drei Schwächen des rutherfordschen Atommodells.	I
protokollieren	Ablauf, Beobachtungen und Ergebnisse sowie ggf. Auswertung (Ergebnisprotokoll, Verlaufsprotokoll) in fachtypischer Weise wiedergeben	Führen Sie die angegebene Versuchsreihe vollständig durch und protokollieren Sie Ihre Arbeit detailliert.	I
skizzieren	Sachverhalte, Objekte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduziert (vereinfacht) übersichtlich darstellen	Skizzieren Sie den Aufbau des Franck-Hertz-Versuchs.	I
untersuchen	Sachverhalte/Objekte erkunden, Merkmale und Zusammenhänge herausarbeiten	Untersuchen Sie anhand der Messreihe den Zusammenhang zwischen Winkelgeschwindigkeit und Induktionsspannung.	II
verallgemeinern	aus einem erkannten Sachverhalt eine erweiterte Aussage formulieren	Verallgemeinern Sie den Zusammenhang zwischen Induktionsspannung und Flächenänderung unter Verwendung der Größe magnetischer Fluss.	II
vergleichen	Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Sachverhalten, Objekten, Lebewesen und Vorgängen ermitteln	Vergleichen Sie das Magnetfeld eines Stabmagneten mit dem einer stromdurchflossenen Spule.	II
zeichnen	eine exakte Darstellung beobachtbarer oder gegebener Strukturen anfertigen	Zeichnen Sie das zugehörige U-I-Diagramm.	I
zusammenfassen	das Wesentliche in konzentrierter Form darstellen	Fassen Sie die experimentellen Befunde zum lichtelektrischen Effekt, die mit dem Wellenmodell nicht erklärt werden können, zusammen.	II