Schulinterner Lehrplan zum Kernlehrplan GOSt – Physik Sekundarstufe II

1. Allgemeine Vorbemerkungen

Nach § 29 und §70 SchulG erstellt die Fachkonferenz auf der Grundlage vorliegender Lehrpläne schuleigene Unterrichtsvorgaben. Die Fachkonferenz entscheidet dabei insbesondere über

- Ziele und Arbeitspläne,
- Grundsätze zur fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit,
- Grundsätze zur Leistungsbewertung,
- Vorschläge an die Lehrerkonferenz zur Einführung von Lernmitteln,
- die Zusammenarbeit mit anderen Fächern,
- Maßnahmen zur schulinternen Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung
- Evaluationsmaßnahmen und Rechenschaftslegung.

Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

- Die Fachkonferenz tritt mindestens zweimal pro Schuljahr zusammen, um notwendige Absprachen zu treffen. In der Regel nehmen auch ein Mitglied der Elternpflegschaft sowie die gewählte Schülervertretung beratend an den Sitzungen teil. Zusätzlich treffen sich die Kolleginnen und Kollegen innerhalb jeder Jahrgangsstufe zu weiteren Absprachen regelmäßig.
- Bedingungen des Unterrichts
  - In den letzten Jahren kam ca. die Hälfte der Schüler in der EF aus unserer eigenen Sekundarstufe I, die andere Hälfte wurde aus den Realschulen, Hauptschulen und teilweise auch Gymnasien der Stadt aufgenommen. So ergibt sich eine entsprechend heterogene Schülerschaft, was den sozialen und ethnischen Hintergrund betrifft.
  - In der EF werden in der Regel zwei Physikkurse aus vier Klassen gebildet. In der Qualifikationsphase gibt es in der Regel einen Leistungskurs und einen Grundkurs.
  - Die Wochenstundenzahl des Physikunterrichtes beträgt in der EF 3 Wochenstunden, in der Q-Phase für Grundkurse 3 und Leistungskurse 5 Wochenstunden.
  - Der Unterricht findet möglichst im Wechsel von Doppelstunden (90-Minuten-Blöcke) und Einzelstunden statt. Üblich sind auch Doppelstunden im 14-Tage-Rhythmus.
  - In der EF wird ein grafikfähiger Taschenrechner eingeführt und fortlaufend verwendet, Formelsammlung, dynamische Geometrie-Software, Funktionenplotter und Tabellenkalkulation werden an geeigneten Stellen im Unterricht genutzt, der Umgang mit ihnen eingeübt. An der Friedrich-Spee-Gesamtschule stehen insgesamt drei vollständig ausgestattete Computerräume in Klassenstärke, sowie 15 Notebooks zur Verfügung.
  - Das Fach Physik ist mit zwei Fachräumen und einem Sammlungsraum ausgestattet. Insgesamt gibt es 9 Räume für Naturwissenschaften, welche alle auch zur Lehre der Physik verwendet werden. Die Ausbuchung der Räume beträgt an manchen Wochenstunden 100%, so das in Ausnahmefällen auch Unterricht im Klassenraum stattfinden muss
  - Demonstrationsexperimente und Schülerübungen, in der Regel in 2er oder 4er Gruppen, sind die Grundlage des Experimentalunterrichts. Die Ausstattung kann insgesamt als befriedigend beurteilt werden.

Funktionsinhaber in der Fachgruppe Stand August 2017

- FaKoVorsitz: Herr Eke
- Strahlenschutzbevollmächtigte: Herr Beckert, Herr Eke, Frau Mogge, Herr Glanz, Herr Heggemann
- Strahlenschutzbeauftragter: Herr Beckert
- MaNw-Koordinator: Herr Beckert

Entscheidungen zum Unterricht

- Die konkreten Unterrichtsvorhaben, Schwerpunkte der Arbeit, ergänzende Inhalte, Projekte, Arbeitspläne etc. werden durch das Fachjahrgangsteam zu Beginn des Schuljahres und mithilfe sich anschließender kontinuierlicher Treffen während des Schuljahres im Fachjahrgansteam abgesprochen.
- In der EF ist das Lehrwerk „Impulse Physik Oberstufe Einführungsphase“ vom Klett-Verlag eingeführt. In der Qualifikationsphase wird im GK das Buch „Impulse Physik Oberstufe Qualifikationsphase Grundkurs“ bzw. im LK der Gesamtband des Buches „Impulse Physik Oberstufe“ vom Klett-Verlag verwendet.
- Die Zuordnung der ausgewählten Fachinhalte, Inhaltsfelder zu den Kompetenzerwartungen ergibt sich aus dem Kernlehrplan.
- Auf eine Zuordnung der Lerninhalte zu expliziten Unterrichtswochen wird in diesem Lehrplan verzichtet, da die Anzahl der Unterrichtswochen in jedem Schuljahr aufgrund der vorgegebenen Ferienregelungen stark variiert.
- Zulässige Schülerhilfsmittel sind eine Formelsammlung und der grafikfähige Taschenrechner (Casio fx CG20).

Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung im Fach Physik

„Die Leistungsbewertung soll über den Stand des Lernprozesses der Schülerin oder des Schülers Aufschluss geben. Sie soll auch Grundlage für die weitere Förderung der Schülerin oder des Schülers sein“ (§ 48 SchulG).
Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOSt sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Mathematik gelten folgende Grundsätze und Absprachen zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung.

Die Gesamtbewertung einer Schülerin oder eines Schülers ergibt sich in der Sekundarstufe II hälftig (mit einem Bewertungsanteil an der Gesamtnote von jeweils 50%) über die Bewertung der schriftlichen Leistungen / Klausuren und über Bewertungen im Beurteilungsbereich "Sonstige Leistung".
Den Lernenden muss dabei deutlich werden, in welchen Situationen die Nutzung erworbener Kompetenzen von ihnen erwartet und bewertet wird. Es müssen jedoch auch bewusst Unterrichtssituationen geschaffen werden, in denen Schülerinnen und Schüler außerhalb von Bewertung Fehler machen dürfen.

Überprüfungsformen

In Kapitel 3 des KLP Physik Lehrplan werden Überprüfungsformen angegeben, die Möglichkeiten bieten, Leistungen im Bereich der „sonstigen Mitarbeit“ oder den Klausuren zu überprüfen. Um abzusichern, dass am Ende der Qualifikationsphase von den Schülerinnen und Schülern alle geforderten Kompetenzen erreicht werden, sind alle Überprüfungsformen notwendig. Besonderes Gewicht wird im Grundkurs auf experimentelle Aufgaben und Aufgaben zur Datenanalyse gelegt.

Lern- und Leistungssituationen

In Lernsituationen ist das Ziel der Kompetenzerwerb. Fehler und Umwege dienen den Schülerinnen und Schülern als Erkenntnismittel, den Lehrkräften geben sie Hinweise für die weitere Unterrichtsplanung. Das Erkennen von Fehlern und der konstruktiv-produktive Umgang mit ihnen sind ein wesentlicher Teil des Lernprozesses.
Bei Leistungs- und Überprüfungssituationen steht dagegen der Nachweis der Verfügbarkeit der erwarteten bzw. erworbenen Kompetenzen im Vordergrund.

Beurteilungsbereich Klausuren

Verbindliche Absprachen:
Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Grund- bzw. Leistungskursen werden soweit wie möglich im Vorfeld abgesprochen und nach Möglichkeit gemeinsam gestellt.

- Klausuren können nach entsprechender Wiederholung im Unterricht auch Aufgabenteile enthalten, die Kompetenzen aus weiter zurückliegenden Unterrichtsvorhaben oder übergreifende prozessbezogene Kompetenzen erfordern.
- Alle Klausuren in der Q-Phase enthalten auch Aufgaben mit Anforderungen im Sinne des Anforderungsbereiches III.
- Für Aufgabenstellungen mit experimentellem Anteil gelten die Regelungen, die in Kapitel 3 des KLP formuliert sind.
- Für die Aufgabenstellung der Klausuraufgaben werden die Operatoren der Aufgaben des Zentralabiturs verwendet. Diese sind mit den Schülerinnen und Schülern zu besprechen.

Kriterien für die Überprüfung der schriftlichen Leistung

- Die Bewertung der schriftlichen Leistungen in Klausuren erfolgt über ein Raster mit Hilfspunkten, die im Erwartungshorizont den einzelnen Kriterien zugeordnet sind. Dabei sind in der Qualifikationsphase alle Anforderungsbereiche zu berücksichtigen, wobei der Anforderungsbereich II den Schwerpunkt bildet.
- Die Zuordnung der Hilfspunktsumme zu den Notenstufen orientiert sich am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Die Note ausreichend soll bei Erreichen von ca. 45% der Hilfspunkte erteilt werden. Von den genannten Zuordnungsschemata kann im Einzelfall begründet abgewichen werden, wenn sich z. B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizontes abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung (APO-GOSt §13 (2)) angemessen erscheint.

Überprüfung der schriftlichen Leistung

- **Einführungsphase:** Eine Klausur pro Halbjahr. Dauer der Klausuren: 2 Unterrichtsstunden. (Vgl. APO-GOSt B § 14 (1) und VV 14.1.)
- **Grundkurse Q-Phase Q 1.1 – Q 1.2:** Zwei Klausuren je Halbjahr. Dauer der Klausuren: 2 Unterrichtsstunden. (Vgl. APO-GOSt B § 14 (2) und VV 14.12)
- **Grundkurse Q-Phase Q 2.1:** Zwei Klausuren. Dauer der Klausuren: 3 Unterrichtsstunden. (Vgl. APO-GOSt B § 14 (2) und VV 14.12)
- **Grundkurse Q-Phase Q 2.2:** Eine Klausur unter Abiturbedingungen für Schülerinnen und Schüler, die Physik als 3. Abiturfach gewählt haben. Dauer der Klausur: 3 Zeitstunden. (Vgl. APO-GOSt B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Leistungskurse Q-Phase Q 1.1 – Q 1.2:** Zwei Klausuren je Halbjahr. Dauer der Klausuren: 3 Unterrichtsstunden. (Vgl. APO-GOSt B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Leistungskurse Q-Phase Q 2.1:** Zwei Klausuren. Dauer der Klausuren: 4 Unterrichtsstunden. (Vgl. APO-GOSt B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Leistungskurse Q-Phase Q 2.2:** Eine Klausur unter Abiturbedingungen. Dauer der Klausur: 4,25 Zeitstunden. (Vgl. APO-GOSt B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Facharbeit:** Gemäß Beschluss der Lehrerkonferenz wird die erste Klausur Q1.2 für diejenigen Schülerinnen und Schüler, die eine Facharbeit im Fach Physik schreiben, durch diese ersetzt. (Vgl. APO-GOSt B § 14 (3) und VV 14.3.)

Beurteilungsbereich Sonstige Mitarbeit

In die Bewertung der sonstigen Mitarbeit fließen folgende Aspekte ein, die den Schülerinnen und Schülern bekanntgegeben werden müssen (Liste nicht abschließend):

- Beteiligung am Unterrichtsgespräch (Quantität und Kontinuität)
- Sicherheit, Eigenständigkeit und Kreativität beim Anwenden fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen
- Verständlichkeit und Präzision beim zusammenfassenden Darstellen und Erläutern von Lösungen einer Einzel-, Partner-, Gruppenarbeit oder einer anderen Sozialform sowie konstruktive Mitarbeit bei dieser Arbeit
- Klarheit und Richtigkeit beim Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben physikalischer Sachverhalte
- sichere Verfügbarkeit physikalischen Grundwissens (z. B. physikalische Größen, deren Einheiten, Formeln, fachmethodische Verfahren)
- situationsgerechtes Anwenden geübter Fertigkeiten
- angemessenes Verwenden der physikalischen Fachsprache
- konstruktives Umgehen mit Fehlern
- fachlich sinnvoller, sicherheitsbewusster und zielgerichteter Umgang mit Experimentalmedien
- fachlich sinnvoller und zielgerichteter Umgang mit Modellen, Hilfsmitteln und Simulationen
- zielgerichtetes Beschaffen von Informationen
- Erstellen von nutzbaren Unterrichtsdokumentationen, ggf. Portfolio
- Klarheit, Strukturiertheit, Fokussierung, Zielbezogenheit und Adressatengerechtigkeit von Präsentationen, auch mediengestützt
- sachgerechte Kommunikationsfähigkeit in Unterrichtsgesprächen und Kleingruppenarbeiten
- Einbringen kreativer Ideen
- fachliche Richtigkeit bei kurzen, auf die Inhalte weniger vorangegangener Stunden beschränkten schriftlichen Überprüfungen

Kriterien für die Überprüfung der sonstigen Leistungen
Die Bewertungskriterien für eine Leistung müssen den Schülerinnen und Schülern transparent und klar sein.

Im Folgenden werden Kriterien für die Bewertung der sonstigen Leistungen jeweils für eine gute bzw. eine ausreichende Leistung dargestellt. Dabei ist bei der Bildung der Quartals- und Abschlussnote jeweils die Gesamtentwicklung der Schülerin bzw. des Schülers zu berücksichtigen, eine arithmetische Bildung aus punktuell erteilten Einzelnoten erfolgt nicht:

Leistungsaspekt	**Anforderungen für eine**	
	gute Leistung	**ausreichende Leistung**
	Die Schülerin, der Schüler	
Qualität der Unterrichtsbeiträge	nennt richtige Lösungen und begründet sie nachvollziehbar im Zusammenhang der Aufgabenstellung	nennt teilweise richtige Lösungen, in der Regel jedoch ohne nachvollziehbare Begründungen
	geht selbstständig auf andere Lösungen ein, findet Argumente und Begründungen für ihre/seine eigenen Beiträge	geht selten auf andere Lösungen ein, nennt Argumente, kann sie aber nicht begründen
	kann ihre/seine Ergebnisse auf unterschiedliche Art und mit unterschiedlichen Medien darstellen	kann ihre/seine Ergebnisse nur auf eine Art darstellen
Kontinuität/Quantität	beteiligt sich regelmäßig am Unterrichtsgespräch	nimmt eher selten am Unterrichtsgespräch teil
Selbstständigkeit	bringt sich von sich aus in den Unterricht ein	beteiligt sich gelegentlich eigenständig am Unterricht
	ist selbstständig ausdauernd bei der Sache und erledigt Aufgaben gründlich und zuverlässig	benötigt oft eine Aufforderung, um mit der Arbeit zu beginnen; arbeitet Rückstände nur teilweise auf
	strukturiert und erarbeitet neue Lerninhalte weitgehend selbstständig, stellt selbstständig Nachfragen	erarbeitet neue Lerninhalte mit umfangreicher Hilfestellung, fragt diese aber nur selten nach
	erarbeitet bereitgestellte Materialien selbstständig	erarbeitet bereitgestellte Materialen eher lückenhaft
Hausaufgaben	erledigt sorgfältig und vollständig die Hausaufgaben	erledigt die Hausaufgaben weitgehend vollständig, aber teilweise oberflächlich
	trägt Hausaufgaben mit nachvollziehbaren Erläuterungen vor	nennt die Ergebnisse, erläutert erst auf Nachfragen und oft unvollständig
Kooperation	bringt sich ergebnisorientiert in die Gruppen-/Partnerarbeit ein	bringt sich nur wenig in die Gruppen-/Partnerarbeit ein
	arbeitet kooperativ und respektiert die Beiträge Anderer	unterstützt die Gruppenarbeit nur wenig, stört aber nicht
Gebrauch der Fachsprache	wendet Fachbegriffe sachangemessen an und kann ihre Bedeutung erklären	versteht Fachbegriffe nicht immer, kann sie teilweise nicht sachangemessen anwenden
Werkzeuggebrauch	setzt Werkzeuge im Unterricht sicher bei der Bearbeitung von Aufgaben und zur Visualisierung von Ergebnissen ein	benötigt häufig Hilfe beim Einsatz von Werkzeugen zur Bearbeitung von Aufgaben
Präsentation/Referat	präsentiert vollständig, strukturiert und gut nachvollziehbar	präsentiert an mehreren Stellen eher oberflächlich, die Präsentation weist Verständnislücken auf
Portfolio	führt das Portfolio sorgfältig und vollständig	führt das Portfolio weitgehend sorgfältig, aber teilweise unvollständig
Schriftliche Übung	ca. 75% der erreichbaren Punkte	ca. 45% der erreichbaren Punkte

Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung

Für Präsentationen, Arbeitsprotokolle, Dokumentationen und andere **Lernprodukte der sonstigen Mitarbeit** erfolgt eine Leistungsrückmeldung, bei der inhalts- und darstellungsbezogene Kriterien angesprochen werden. Hier werden zentrale Stärken als auch Optimierungsperspektiven für jede Schülerin bzw. jeden Schüler hervorgehoben.
Die Leistungsrückmeldungen bezogen auf die **mündliche Mitarbeit** erfolgen auf Nachfrage der Schülerinnen und Schüler außerhalb der Unterrichtszeit, spätestens aber in Form von mündlichem Quartalsfeedback oder Eltern-/Schülersprechtagen. Auch hier erfolgt eine individuelle Beratung im Hinblick auf Stärken und Verbesserungsperspektiven.

Mündliche Abiturprüfungen

Auch für das mündliche Abitur (im 4. Fach oder bei Abweichungs- bzw. Bestehensprüfungen im 1. bis 3. Fach) wird ein Kriterienraster für den ersten und zweiten Prüfungsteil vorgelegt, aus dem auch deutlich wird, wann eine gute oder ausreichende Leistung erreicht wird.

Übergeordnete Kompetenzerwartungen (Kernlehrplan GOSt Physik)

Umgang mit Fachwissen	Schülerinnen und Schüler können am Ende der Qualifikationsphase
UF1 Wiedergabe	physikalische Phänomene und Sachverhalte im Zusammenhang mit Theorien, übergeordneten Prinzipien, Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,
UF2 Auswahl	zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,
UF3 Systematisierung	physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,
UF4 Vernetzung	Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

Erkenntnisgewinnung	Schülerinnen und Schüler können am Ende der Qualifikationsphase
E1 Probleme und Fragestellungen	in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren,
E2 Wahrnehmung und Messung	kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,
E3 Hypothesen	mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten,
E4 Untersuchungen und Experimente	Experimente mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten, auch historisch bedeutsame Experimente, mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen,
E5 Auswertung	Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,
E6 Modelle	Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,
E7 Arbeits- und Denkweisen	naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

Kommunikation	Schülerinnen und Schüler können am Ende der Einführungsphase	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
K1 Dokumentation	Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten nach gegebenen Strukturen dokumentieren und stimmig rekonstruieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge,	bei der Dokumentation von Untersuchungen, Experimenten, theoretischen Überlegungen und Problemlösungen eine korrekte Fachsprache und fachübliche Darstellungsweisen verwenden,
K2 Recherche	in vorgegebenen Zusammenhängen selbstständig physikalisch-technische Fragestellungen mithilfe von Fachbüchern und anderen Quellen, auch einfachen historischen, Texten, bearbeiten,	zu physikalischen Fragestellungen relevante Informationen und Daten in verschiedenen Quellen, auch in ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen, recherchieren, auswerten und vergleichend beurteilen,
K3 Präsentation	physikalische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen,	physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,
K4 Argumentation	physikalische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.	sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen.

Bewertung	Schülerinnen und Schüler können am Ende der Einführungsphase	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
B1 Kriterien	bei Bewertungen in naturwissenschaftlich-technischen Zusammenhängen Bewertungskriterien angeben,	fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,
B2 Entscheidungen	für Bewertungen in physikalisch-technischen Zusammenhängen kriteriengeleitet Argumente abwägen und einen begründen Standpunkt beziehen,	Auseinandersetzungen und Kontroversen in physikalisch-technischen Zusammenhängen differenziert aus verschiedenen Perspektiven darstellen und eigene Standpunkte auf der Basis von Sachargumenten vertreten,
B3 Werte und Normen	in bekannten Zusammenhängen Konflikte bei Auseinandersetzungen mit physikalisch-technischen Fragestellungen darstellen sowie mögliche Konfliktlösungen aufzeigen.	an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten,
B4 Möglichkeiten und Grenzen		begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

[1]Vgl.: Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in NRW Physik S. 58 – 60.

Unterrichtsvorhaben

Einführungsphase:

Basiskonzept Wechselwirkung Lineare Bewegungen, Newton'sche Gesetze, Reibungskräfte, Impuls, Stoßvorgänge, Zentralkraft, Kreisbewegungen, Gravitationsfeld, Newton´sches Gravitationsgesetz, Wellenausbreitung

Basiskonzept Energie Lageenergie, Bewegungsenergie, Arbeit, Energiebilanzen, Energie und Arbeit im Gravitationsfeld, Eigenschwingungen und Resonanz

Basiskonzept Struktur der Materie Masse, Träger für Wellen

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase		
Kontexte und Leitfragen	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzerwartung: Die Schülerinnen und Schüler …
„Bewegungen im Straßenverkehr und Sport" Wie lassen sich Bewegungen vermessen und analysieren? Auf der Suche nach den Ursachen für Bewegungs-änderungen. **(19 Wochen)**	***Mechanik*** Kräfte und Bewegungen: Geschwindigkeit und Beschleunigung, Bewegungsgesetze, freier und „gebremster" Fall, Vektorielle Größen, kombinierte Bewegungen Superpositionsprinzip (z.B. anhand von Wurfbewegungen) Kräfte, Kraftzerlegung und Addition, Hookesches Gesetz, Vektorielle Addition von Kräften Newton'sche Axiome, Trägheitsprinzip,	• erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4), • unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2), • vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition (E1), • entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4), • stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u.a. t-s- und t-v-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3), • berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6), • reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u.a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4), • begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4),

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase		
Kontexte und Leitfragen	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzerwartung: Die Schülerinnen und Schüler …
„Bewegungen im Weltall." Womit und wie hält ein geostationärer Satellit am Himmel? Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem? ***„Auf der Kirmes"*** Wie lässt sich eine Loopingfahrt physikalisch untersuchen? **(7 Wochen)**	***<u>Mechanik</u>*** <u>Gravitation und</u> <u>Kräfte und Bewegungen</u> Bewegungsgrößen am Kreis, Gravitation (qualitativ) als Zentripetalkraft, Weltbilder im Wandel der Zeit, Keppler'sche Gesetze, Zentralkraft quantitativ und Zusammenspiel mit Gravitation, Gravitationsgesetz, Impuls- und Stoßgesetze im Weltall	• stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7), • beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von Ko-pernikus, Kepler, Galilei und Newton initiiert wurden (E7, B3). • entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4), • planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u.a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1), • erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5), • analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6), • bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u.a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6), • ermitteln mithilfe der Kepler´schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6), • beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6), • analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1), • bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4), • geben Kriterien (u.a. Objektivität, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit, Überprüfbarkeit) an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1), • erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu (B2, B3).

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase		
Kontexte und Leitfragen	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzerwartung: Die Schülerinnen und Schüler …
„Erhaltungssätze“ **(5 Wochen)**	***Mechanik*** Energie und Impuls Unterscheidung zwischen Kraft und Energie, Energieformen, Arbeitsarten, Energieerhaltungssatz, Impulserhaltungssatz	• erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4), • verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewe-gungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6) • beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1), • analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1)
Schall Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen? **(6 Wochen)**	***Mechanik*** Schwingungen und Wellen Kenngrößen, Eigen-schwingungen, Über-lagerung und Kopplung von Schwingung, Resonanz, erzwungene Schwingung, Entstehung und Ausbreitung von Wellen, Transversal- und Longitudinalwellen, Ausbreitung mechanischer Wellen, Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz,	• beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4), • erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1), • erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6), • Der Beruf des Radio- und Fernsehtechnikers wird erkundet. (KAoA)

Qualifikationsphase – Grundkurs:

Kontext und Leitfragen: **Quantenobjekte: Erforschung des Photons** Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden? **(__ Wochen)**		**Kapitel: Erforschung des Photons**
Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	**Kompetenzerwartungen:** ***Die Schülerinnen und Schüler …***	**Experimente, Kommentare /** **Seite im Schülerbuch**
Beugung und Interferenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung	- veranschaulichen mithilfe der *Wellenwanne* qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3),	S. 8 <u>Experiment:</u> Versuche mit Wasserwellen S. 10 Die Ausbreitung von Wasserwellen
Beugung und Interferenz, Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Beugung	- bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit dem *Doppelspalt* (E5),	S. 13 <u>Experiment:</u> Untersuchung von Licht am Doppelspalt S. 14 Interferenzen am Doppelspalt
Beugung und Interferenz, Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Beugung	- bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit dem *Gitter* (E5),	S. 16 <u>Experiment:</u> Untersuchung von Licht am optischen Gitter S. 17 Interferenz von Licht am optischen Strichgitter S. 19 Exkurs: Holografie S. 20 Exkurs: Beugung von Licht S. 22 Methoden: Interferometer selbst gebaut *<u>Zusatzinhalt:</u>* S. 23 Die Geschwindigkeit des Lichtes S. 24 Licht als elektromagnetische Welle
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit	- demonstrieren anhand eines *Experiments zum Photoeffekt* den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2),	S. 26 <u>Experiment:</u> Der Fotoeffekt I: Der Hallwachs-Versuch S. 27 <u>Experiment</u>: Der Fotoeffekt II: Versuche mit der Vakuum-Fotozelle S. 28 Licht löst Elektronen aus S. 31 Photonen erzeugen Beugungsbilder
<u>Kontext und Leitfragen:</u> **Quantenobjekte: Erforschung des Elektrons** Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? **(__ Wochen)**		**Kapitel: Erforschung des Elektrons**
Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	**Kompetenzerwartungen:** ***Die Schülerinnen und Schüler …***	**Experimente, Kommentare /** **Seite im Schülerbuch**
Elementarladung	- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1) - definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2), - bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2), - erläutern anhand einer vereinfachten Version des *Millikanversuchs* die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung	S. 38 Die elektrische Ladung S. 40 Elektrische Felder S. 42 Energie und Spannung im elektrischen Feld S. 44 Ladungsträger im elektrischen Feld S. 44 Exkurs: Die Braun'sche Röhre S. 46 <u>Experiment:</u> Der Millikanversuch S. 47 Nachweis der Elementarladung

	(UF1, E5),	
Elektronenmasse	- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1), - modellieren Vorgänge im *Fadenstrahlrohr* (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5), - beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1),	S. 49 Das magnetische Feld S. 51 Elektronen im Magnetfeld S. 53 Exkurs: Messung der magnetischen Flussdichte S. 54 Exkurs: Magnetische Felder spezieller Leiteranordnungen S. 55 <u>Experiment:</u> Bestimmung der Masse eines Elektrons S. 56 Elektronen haben eine Masse S. 57/58 Exkurs: Geladene Teilchen in Feldern
Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge	- erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim *Elektronenbeugungsexperiment* an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4)	S. 59 <u>Experiment:</u> Wechselwirkung von Elektronen mit einer Graphitpulverschicht S. 60 Interferenz mit Elektronen S. 62 Exkurs: Elektronen erzeugen Beugungsbilder S. 63 Exkurs: Elektronenbeugung in der Forschung S. 64 Exkurs: Mikroskopie mit Elektronen
<u>Kontext und Leitfragen:</u> Quantenobjekte: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? **(__ Wochen)**		**Kapitel: Quantenobjekte**
Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	**Kompetenzerwartungen:** ***Die Schülerinnen und Schüler …***	**Experimente, Kommentare / Seite im Schülerbuch**
Licht und Materie	- erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7), - verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogr.) (K3), - zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4), - beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4)	S. 70 Zwei-Wege-Experimente S. 72 Quantenobjekte S. 74 Exkurs: Die Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation S. 75 Exkurs: Auswirkungen der Heisenberg'schen Unbestimmtheitsrelation Zusatzinhalt: S. 76 Der Tunneleffekt S. 77 Deutungen

Kontext und Leitfragen: **Elektrodynamik: Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren** Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? **(__ Wochen)**		**Kapitel: Energieversorgung und Energietransport**
Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	**Kompetenzerwartungen:** ***Die Schülerinnen und Schüler …***	**Experimente, Kommentare / Seite im Schülerbuch**
Wandlung von mechanischer in elektrische Energie: Elektromagnetische Induktion Induktionsspannung	- definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2), - erläutern am Beispiel der *Leiterschaukel* das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6), - bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe der Drei-Finger-Regel (UF2, E6), - werten Messdaten, die mit einem Oszilloskop bzw. mit einem *Messwert-erfassungssystem* gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5), - der Beruf des Elektrotechnikers wird erkundet (KAoA)	S. 82 Energie bei elektrischen Vorgängen S. 83 an S. 85 <u>Experiment:</u> Erzeugung einer Induktionsspannung an einer Leiterschaukel Elektrische Spannung durch Magnetfelder <u>evtl:</u> S. 84/86 Methoden: Einsatz von Messwerterfassungs-systemen I/II oder Oszilloskop S. 87 Methoden: Induktionsspannung und Differenzialrechnung
Lenz'sche Regel	- erläutern anhand des *Thomson'schen Ringversuchs* die Lenz'sche Regel (E5, UF4), - bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1)	S. 88 <u>Experiment:</u> Der Thomson'sche Ringversuch S. 89 Das Lenz'sche Gesetz S. 91 Wirbelströme <u>Experiment:</u> zu Wirbelströmen (Pendel)
Technisch praktikable Generatoren: Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen	- führen Induktionserscheinungen an einer *Leiterschleife* auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld" bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche" zurück (UF3, UF4), - erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3), - erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselsp. in *Generatoren* (E2, E6),	S. 92 <u>Experiment:</u> Leiterschleifen im Magnetfeld S. 93 Wechselspannung und Wechselstrom S. 95 Methoden: Mathematische Beschreibung der Wechselspannung
Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation" Transformator	- ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim *Transformator* (UF1, UF2), - geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4), - führen Induktionserscheinungen an einer Leiterschleife auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld" bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche" zurück (UF3, UF4),	S. 97 <u>Experiment:</u> Messungen am Transformator S. 98 Der Transformator S. 99 Exkurs: Anwendungen des Transformators
Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste"	- verwenden ein physikalisches *Modellexperiment zu Freileitungen*, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3), - bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1),	S. 100 <u>Experiment</u>: Modellexperiment zu Freileitungen S. 101 Transport und Verteilung elektrischer Energie S. 103 Exkurs: Einsatz von Transformatoren

	- zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4), - beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4) - recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),	S. 102 Exkurs: Anfänge der elektrischen Energieversorgung S. 107 Aufgaben

<u>Kontext und Leitfragen:</u> **Strahlung und Materie: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos (__ Wochen)**		**Kapitel: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos**
Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	**Kompetenzerwartungen:** ***Die Schülerinnen und Schüler …***	**Experimente, Kommentare / Seite im Schülerbuch**
Kern-Hülle-Modell	- erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),	S. 110 Atome S. 112 Methoden: Theorie der Rutherford-Streuung
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen	- erläutern die Bedeutung von *Flammenfärbung* und *Linienspektren* bzw. *Spektralanalyse*, die Ergebnisse des *Franck-Hertz-Versuches* sowie die *charakteristischen Röntgenspektren* für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	S. 113 <u>Experiment:</u> Der Franck-Hertz-Versuch S. 114 Anregung und Ionisation von Atomen
Energieniveaus der Atomhülle	- erläutern die Bedeutung von *Flammenfärbung* und *Linienspektren* bzw. *Spektralanalyse*, die Ergebnisse des *Franck-Hertz-Versuches* sowie die *charakteristischen Röntgenspektren* für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7), - erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	S. 115 <u>Experiment:</u> Untersuchung des Lichtes verschiedener Spektralröhren S. 116 Spektraluntersuchungen S. 116 <u>Experiment:</u> Flammenuntersuchungen S. 121 Untersuchung von Wasserstoff S. 122 Leistung und Grenzen des Bohr'schen Atommodells
Sternspektren und Fraunhoferlinien	- interpretieren Spektraltafeln des *Sonnenspektrums* im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1), - erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2), - stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),	S. 115 <u>Experiment</u>: Untersuchung des Sonnenlichtes S. 118 Das Spektrum elektromagnetischer Strahlung S. 120 Spektralanalyse in der Astronomie
Röntgenstrahlung	- erläutern die Bedeutung von *Flammenfärbung* und *Linienspektren* bzw. *Spektralanalyse*, die Ergebnisse des *Franck-Hertz-Versuches* sowie die *charakteristischen Röntgenspektren* für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7) - beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),	S. 128 <u>Experiment</u>: Aufnahme von Röntgenspektren S. 129 Charakteristisches Röntgenspektrum S. 131 Exkurs: Moderne Physik – Moderne Medizin

Kontext und Leitfragen: **Strahlung und Materie: Mensch und Strahlung (__ Wochen)**		**Kapitel: Radioaktivität und Kernphysik**
Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	**Kompetenzerwartungen:** ***Die Schülerinnen und Schüler …***	**Experimente, Kommentare /** **Seite im Schülerbuch**
Detektoren	- erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (*Geiger-Müller-Zählrohr*) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2), - bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),	S. 137 Radioaktive Strahlung S. 138 Nachweis der Radioaktivität mit dem Geiger-Müller-Zählrohr S. 138 <u>Experiment</u>: Das Geiger-Müller-Zählrohr S. 139 Methoden: Zählstatistik S. 140 Exkurs: Detektoren
Strahlungsarten	- unterscheiden α-, β-, γ-Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3), - erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von *Absorptionsexperimenten* (E4, E5),	S. 141 <u>Experiment</u>: Nachweis versch. Strahlungsarten S. 142 Eigenschaften radioaktiver Strahlung S. 144 <u>Experiment</u>: Absorption von γ-Strahlung S. 145 Wechselwirkung von γ-Strahlung mit Materie
Elementumwandlung	- erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1), - bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),	S. 146 Die Entstehung radioaktiver Strahlung S. 148 Exkurs: Energie der γ-Strahlung S. 148 Exkurs: Die Entdeckung des Neutrons S. 149 Radioaktiver Zerfall
Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe Dosimetrie	- beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1), - bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung auf (K2, K3, B3, B4), - begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4), - erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein, bewerten Schutzmaß-nahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2), - bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4), - bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4)	S. 151 Dosimetrische Größen S. 152 Strahlenbelastung des Menschen S. 154 Exkurs: Moderne Physik – moderne Medizin Zusatzinhalte: S. 155 Energie aus dem Atomkern S. 157 Exkurs: Leichtwasser-Kernreaktoren S. 158 Exkurs: Nutzen und Risiken der Kernenergietechnik S. 159 Exkurs: Wissenschaft und Gesellschaft
Kernbausteine und Elementarteilchen	- erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6), - erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1),	S. 160 Elementarteilchen

(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung Konzept der Austausch-teilchen vs. Feldkonzept	- vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6)	S. 160 Elementarteilchen

<u>Kontext und Leitfragen:</u> Relativität von Raum und Zeit: Relativitätstheorie Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? **(__ Wochen)**		**Kapitel: Relativitätstheorie**
Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	**Kompetenzerwartungen:** ***Die Schülerinnen und Schüler …***	**Experimente, Kommentare / Seite im Schülerbuch**
Relativität der Zeit	- interpretieren das Michelson-Morley-Experiment als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4), - erläutern qualitativ den Myonenzerfall in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1), - erklären anschaulich mit der Lichtuhr grundl. Prinzipien der speziellen Rela-tivitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7), - erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitäts-betrachtung (K3), - beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3). - begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2), - erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),	S. 170 <u>Experiment</u>: Das Michelson-Morley-Experiment S. 171 Die Einstein‘schen Postulate S. 173 <u>Experiment</u>: Thermoskannenversuch zum Myonenzerfall S. 174 Ort, Zeit, Ereignis S. 176 <u>Experiment</u>: Gedankenexperiment Lichtuhr S. 176 Exkurs: Uhren auf Weltreise S. 177 Messen und Wahrnehmen S. 178 Methoden: Zeitdilatation und Längenkontraktion ermitteln S. 179 Methoden: Geschwindigkeitsaddition S. 179 Exkurs: Vergangenheit und Zukunft
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern	- erläutern die Funktionsweise eines *Zyklotrons* und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),	S. 180 <u>Experiment</u>: Zyklotron-Experimente
Ruhemasse und dynamische Masse	- erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1). - zeigen die Bedeutung der Beziehung $E = mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)	S. 181 Relativistische Masse, Energie und Impuls S. 182 Methoden: Relativistische Erhaltungsgrößen

Qualifikationsphase - Leistungskurs:

Inhaltsfeld Relativitätstheorie:
Das Inhaltsfeld Relativitätstheorie umfasst inhaltliche Aspekte der speziellen Relativitätstheorie wie die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation und Längenkontraktion, relativistische Massenzunahme, Äquivalenz von Masse und Energie sowie einen Ausblick auf Grundaussagen der allgemeinen Relativitätstheorie. Die Relativitätstheorie hat Naturzusammenhänge aufgedeckt, die sich der unmittelbaren Erfahrung und der anschaulichen Vorstellung zu entziehen scheinen, die sich aber mathematisch exakt beschreiben lassen und inzwischen auch experimentell vielfältig bestätigt sind. Die Relativitätstheorie hat das Verständnis von Raum und Zeit zu Beginn des 20. Jahrhunderts und damit wesentliche Grundanschauungen der Physik revolutioniert.

Inhaltsfeld Elektrik:
Im Inhaltsfeld Elektrik werden Eigenschaften elektrischer Ladungsträger und ihr Verhalten in elektrischen und magnetischen Feldern untersucht. Weitere Schwerpunkte liegen auf den Beziehungen zwischen elektrischen und magnetischen Erscheinungen, insbesondere auf der Beschreibung von elektromagnetischer Induktion und von elektromagnetischen Schwingungen und Wellen. Die Elektrik stellt neben der Mechanik den zweiten Teil der klassischen Beschreibung der physikalischen Natur dar. Sie liefert fundamentale Aussagen über elektrische und magnetische Sachverhalte, die in weiten Bereichen unseres täglichen Lebens vielfältige Anwendung gefunden haben und unser tägliches Leben in deutlichem Maße beeinflussen.

Inhaltsfeld Quantenphysik:
Im Inhaltsfeld Quantenphysik geht es um Eigenschaften von Photonen und Elektronen als Quantenobjekte, um den Welle-Teilchen-Dualismus und seine Aufhebung durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation, um Abgrenzungen und Unterschiede zwischen Ideen der klassischen Physik und der Quantenphysik und um Ansätze quantenphysikalischer Atommodelle. Die Sicht auf Quantenobjekte verbindet Wellen- und Teilchenaspekt der Materie mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen.
Sie stellt neben der Relativitätstheorie eine der Säulen der modernen Physik dar.

Inhaltsfeld Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik:
Das Inhaltsfeld Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik beinhaltet den Aufbau des Atoms, seiner Hülle und seines Kerns sowie den Aufbau der Materie im Kleinsten nach dem sogenannten öStandardmodell. Inhalte sind außerdem ionisierende Strahlung und radioaktiver Zerfall von Atomkernen sowie Kernumwandlungen durch Kernspaltung und Kernfusion. Die Behandlung von Atom- und Kernphysik bietet einerseits einen Einblick in den Aufbau
der Materie unter dem Aspekt des Wandels historischer Atommodelle und liefert andererseits Entscheidungsgrundlagen für die Einschätzung des Für und Wider im Umgang mit ionisierender Strahlung und der Nutzung von Kernenergie.

Hinweis
Im Unterschied zum Kernlehrplan werden hier die Inhaltsfelder Quantenphysik und Atom(hüllen!)physik als eine Einheit betrachtet und Kernphysik und Elementarteilchenphysik als eine weitere. Die Gesamtinhalte werden hierdurch nicht verändert.

Kompetenzerwartung: Die Schülerinnen und Schüler …	Inhaltlicher Schwerpunkt	Experimente	Bemerkung
Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q1 (sofern nicht bereits in EF behandelt)			
	Wiederholung Kenngrößen einer Schwingung, Begriff der Dämpfung	Fadenpendel, Federpendel, Dämpfung, Messung der Schwingung	Zusammenfassung Schwingungen.doc
	Schwingungsgleichung aus Kraftansatz: aus $m\ddot{s} = Ds$ folgt $s(t) = s_{\max} \cdot \sin(\omega t)$, $\omega = \frac{2\pi}{T}$	Schwingung als projizierte Kreisbewegung	Herleitung der Schwingungsformeln.doc
	Einführung Wellen: Erreger, Oszillator, Kopplung	Pendelkette, Wasserwanne	Arbeitsplan Wellen.doc Arbeitsplan Wellen fertig.doc
	Reflexion (festes und loses Ende) und Brechung	Lange Feder, Wasserwanne	
	Konstruktive und destruktive Interferenz, Wellenfronten-modell, Wellennormalenmodell, Huyensches Prinzip, Interferenzphänomene	Wasserwanne, lange Feder	Interferenzbedingungen Zusammenfassung.doc Welleneigenschaften in drei Modellen.doc HuygensschesPrinzip-Simulation.jar
	Akustische Wellen	Kundtsches Rohr, Ultraschall	

Kompetenzerwartung: Die Schülerinnen und Schüler …	Inhaltlicher Schwerpunkt	Experimente	Bemerkung
Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q1: Elektrik			
erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),	Ladung als Körpereigenschaft, Polarisation, Influenz, Erzeugung und Messung von Ladung	Luftballons, Bandgenerator etc.	
beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektr. und magnet. Felder und erläutern die Definitions-gleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1),	Elektrisches Feld als Kraftraum, Definition der Ladungsgröße	Grieskörnerversuch, Feldlinienbilder, Ladungswaage	
wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u. a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2), leiten physikalische Gesetze (u. a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2)	Definition der el. Feldstärke, Energie des elektrischen Feldes		Conceptmap_Elektrisches Feld 2.doc
ermitteln die in elektrischen Feldern gespeicherte Energie (UF2),	Spannungsbegriff, Strombegriff und Energie im elektrischen Feld		Energie des elektrischen und magnetischen Feldes.doc

	Flächenladungsdichte $\frac{Q}{A} = \varepsilon_0 \cdot \frac{U}{d}$	Ladung auf Kondensatorplatten	Herleitung elektrische Feldkonstante.doc
erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld und elektrischem Feld auf (UF3, E6)	Coulombsches Gesetz / Vergleich Gravitation – Elektrisches Feld		Analogie Gravitationsfeld Elektrisches Feld.doc
beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6),	Kondensator als Energiespeicher Entladekurve eines Kondensators	Schülerexperiment / Demonstrationsexperiment: „Entladung eines Kondensators“	
wählen begründet math. Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen**,** Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),	Übungen zur Methode der Linearisierung		
		Millikan-Versuch	Millikanversuch.doc
beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3), ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),	Glühelektrische Effekt, Edison-Effekt, Braunsche Röhre, Oszilloskop, Massenbestimmung mit Braunscher Röhre?		An dieser Stelle kann auf das Problem v>c aufmerksam gemacht werden, Arbeitsblatt Einstieg Schiefer Wurf.doc Braunsche Röhre.doc
bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultieren- der Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),	Grundlagen des Festkörper-magnetismus, Magnetisches Feld	Eisenfeilspäne etc	Conceptmap_Magnetisches Feld.doc
	Elektromagnetismus Kraftgesetz	Oersted, Leiterschaukel, Spule	Rechte Handregeln.doc
leiten physikalische Gesetze (u. a. den Term für die Lorentz-kraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5, UF1, UF4), erläutern den Einfluss der relativistischen Massen-zunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4), schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der e/m-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2),	Lorentzkraft	E/m-Versuch (Fadenstrahlrohr), Wien-Filter, Massenspektrometer, Zyklotron, (MHD-Generator) Halleffekt	Hall Effekt.doc Magnetic Field.doc Zyklotron.doc Massenspektroskopie von TNT.doc Vgl.Abiturklausuren
ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2),	Magnetfeld einer langen Spule, Energie im Magnetfeld		AB Magnetfeld von Spulen.doc
führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u. a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6), identifizieren	Induktionsgesetze		Induktion mit einer Leiterschlaufe.doc

Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4), planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),			
bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6), ~~begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),~~	Lenzsche Regel und Selbstinduktion	Ausschaltvorgang bei paralleler Blitzlampe und Spule / Verspätetes Leuchten einer Lampe bei Spule in Reihe	Lenzsche Regel.doc
erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektr. und magnet. Feld auf (UF3, E6)	Vergleich Graviation – El.Feld – Magnetisches Feld		Vergleich Grav El Magnet.doc
erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2), beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5), beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2,E6), reflektieren über die Berufsfelder in der Elektronik, Unterhaltungsindustrie (KAoA)	Der Elektromagnetische Schwingkreis (Thomsonsche Schwingungsformel)	Schwingkreis mit 1Hz (Spule mit hoher Induktivität) und 2µ>F Kondensator	Arbeitsplan Wellen.doc Schwingkreise im Vergleich 1.doc *oder* Schwingkreise im Vergleich 2.doc
erläutern qualitativ ~~die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und~~ die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6), beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6), erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussage-kräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1),	Ausstrahlung elektromagnetischer Wellen	Mikrowelle	
beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6).	Mikrowellen als elektromagnetische W.		
	Reflexion, Beugung, (Brechung) Interferenz als Stehende Wellen und am Doppelspalt	Interferenzversuche mit Mikrowellen:	Interferenz.doc
	Das Michelson-Interferometer als Messinstrument für Längen		

Kompetenzerwartung: Die Schülerinnen und Schüler …	Inhaltlicher Schwerpunkt	Experimente	Bemerkung
Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q1: Relativitätstheorie			
begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6), begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2).	Das Michelson Morley Experiment	Hier mit Mikrowellen realisiert	Flug von A nach B Schülerbogen.doc *und* Flug von A nach B.doc
erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1), erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2), leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5), begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6), reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7).	Absolute Zeit / Absoluter Raum / Einsteinuhr, Synchronisation		Relativitätstheorie.doc
erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1), bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).	Zeitdilation und Längenkontraktion, Massenformel		Relativitätstheorie.doc
	Myonenexperiment		
erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1), [beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E = mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3), erst bei Kernphysik!]	Relativistische Energie		Egleichmcquadrat.doc Relativistische Energie.doc
beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4), veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“ (K3)			
Beschr. die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4), bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteil. frei werdenden Energiebetrag (E7, B1)			
erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3),			

Kompetenzerwartung: Die Schülerinnen und Schüler …	Inhaltlicher Schwerpunkt	Experimente	Bemerkung
Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q1: Elektrik: Elektromagnetische Wellen - Licht			
	Strahlenmodell der Optik der SI vs. Wellenmodell in der SII		
beschreiben die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima n-ter Ordnung her (E6, UF1, UF2), ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5).	Interferenz am Doppelspalt und Gitter: Licht als Wellen	Dito: Interferenz an der CD, Interferenz an dünnen Schichten	Interferenzbedingungen Zusammenfassung.doc
erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z. B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4), treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1).			

Kompetenzerwartung: Die Schülerinnen und Schüler …	Inhaltlicher Schwerpunkt	Experimente	Bemerkung
Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q2: Quantenphysik und Atomphysik			
erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3), stellen die Bedeutung der Experim. zu Linienspektren in Bezug auf die histor. Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7)	Der Dipol als Lichtoszillator?		Lichtoszillator.ppt
	Balmersches Linienspektrum	Versuch hierzu	Lichtoszillator.ppt
diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysik. Prozesse (K4, E6).	Hallwachs-Effekt	Versuch hierzu	
erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1) erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5), ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6), legen am Beispiel des Photoeffekts und seiner Deutung dar, dass neue physikalische Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Weltbildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können (E7), beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (zur h-Bestimmung) (K3, K2),	Photoeffekt: Saugspannung, Gegenspannung, h-Bestimmung Photoeffekt mit LEDs Absorptionsspektrum/Emissions-spektrum /Kreuzprojektion	Schülerversuche und Demonstrationsversuche,	Photoeffekt Zusammenfassung.doc Umkehrung des Lichtelektrischen Effekts mit Leuchtdioden.doc Licht und Materie.doc
stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1), erklären die De-Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),	De-Broglie / Jönsson / Taylor: Übersicht Elektron-Photon		
formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4), formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4),	Bohrsches Atommodell: Erfolge und Kritik		Photoeffekt und Wellentheorie I.doc
ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6).	Potentialtopfmodel		
deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthalts-wahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4), erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlich-keitsinterpretation (UF1, UF4),	Quantenmechanische Atommodell		

erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5), stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experim. zu Linienspektren in Bezug auf die histor. Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7)	Franck-Hertz Versuch	Versuch mit Hg	Fraunhofersches Linienspektrum.doc
beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1), deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6), stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen ~~und Szintigrammen~~ als bildgebende Verfahren dar (UF4),	Röntgenstrahlung: Eigenschaften, Erzeugung, Nachweis, Verwendung		Bilderreihe
erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6), beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (zur h-Bestimmung) (K3, K2), erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1),	Bragg-Reflexion / Bragg-Bedingung, Röntgenspektrum, Bestimmung von h, Geiger-Müller-Zähler		Bragg Reflexion an LIF NaCl KBr.doc Kristallgitterabstand LiF für Bragg-Reflektion.doc
	Relativistische Berechnungen bei $U_B = 25kV$		
interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6), beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (zur Elektronenbeugung) (K3, K2),	Elektronenbeugungsröhre		Abituraufgabe !
	(Compton-Effekt)		
erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort – Impuls, Energie – Zeit) an Beispielen (UF1, K3),	Heisenbergsche Unschärferelation		Heisenbergsche Unschärferelation.doc
	Laser: Stimulierte Emission, Zwischenniveaus		
erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3), erläutern die Bedeutung von Gedanken-experimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6,E7). führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3), bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).			

Kompetenzerwartung: Die Schülerinnen und Schüler …	Inhaltlicher Schwerpunkt	Experimente	Bemerkung
Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase Q2: Kernphysik und Elementarteilchenphysik			
geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),	Atommodelle der SI, Rutherfordsches Atommodell, Bohrsches Atommodell: Idee des Atomkerns		
benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1)	Bestandteile des Atomkerns und Nomenklatur, Isotopie, Starke Kernkraft		Atommassen und Kernmassen.doc
identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungs-prozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2), erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3), erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis), auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3), beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),	Radioaktive Strahlung, Nuklidkarte, Zerfallsreihen, Eigenschaften		Evtl. Filme Eigenschaften radioaktiver Strahlung.doc Zerfallsreihen Übungsblatt.doc
benennen Geiger-Müller-Zählrohr ~~und Halbleiterdetektor~~ als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung ~~und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),~~	Geiger-Müller-Zähler (Zur Bestimmung der Energie und der Spektren radioktiver Strahlung ist auch das Massenspektrometer geeignet!)	Nebelkammer	
leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6), entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5), nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3),	Radioaktives Zerfallsgesetz	Isotopengenerator	
bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2)	Methode: Linearisierung anhand von Zerfallsdaten / Langlebige Isotope / C14-Methode		Anwendungsbeispiele zur c14 Methode.doc Wie funktioniert die 14C Methode.doc
beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E = mc$ 2 für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3), bewerten den Massendefekt hinsicht-lich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1),	Massendefekt bei radioaktiver Strahlung / B/A (A) – Diagramm		Bindungsenergie pro Nukleon.doc Massendefekt und Bindungsenergie.doc
beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4), erläutern die Entstehung	Kernfusion und Kernspaltungsprozesse Sonne: HH-Zyklus, Bethe-Weizsäcker-Zyklus		Massenverlust der Sonne.doc

einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6), beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4), hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4)			
	Tröpfchenmodell		Tröpfchenmodell 2.doc
	Potentialtopfmodell des Atomkerns: Tunneleffekt		Radioaktive Prozesse im Potentialtopfmodell.doc
erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),			
systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3),			
erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1), vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6), recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröff entlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2)			
bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1), reflektieren über den Beruf des Physikers (KAoA)			

Dieser Schulinterne Lehrplan stellt den aktuellen Entwicklungsstand dar. Er soll regelmäßig überarbeitet und ergänzt werden.
Stand: 10/2017