

**Schulinterner Lehrplan
zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe
am Ernst-Kalkuhl-Gymnasium**

Physik

Inhalt

	Seite
1 Die Fachgruppe Physik in der Schule Ernst-Kalkuhl-Gymnasium	3
2 Entscheidungen zum Unterricht	5
2.1 Unterrichtsvorhaben	5
2.1.1 <i>Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben</i>	6
2.1.2 <i>Konkretisierte Unterrichtsvorhaben</i>	9
2.1.2.1 <i>Einführungsphase</i>	9
2.1.2.2 <i>Qualifikationsphase: Grundkurs</i>	22
2.2 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung	40
2.3 Lehr- und Lernmittel	44
3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen	45
4 Qualitätssicherung und Evaluation	46

1 Die Fachgruppe Physik am Ernst-Kalkuhl-Gymnasium

Das Ernst-Kalkuhl-Gymnasium ist eines von neun privaten Gymnasien der Stadt Bonn. Es liegt im Stadtbezirk Beuel. Das Ernst-Kalkuhl-Gymnasium ist in der Sekundarstufe I dreizügig und wird teilweise als Halbtagsgymnasium und teilweise als Internatsschule geführt.

In die Einführungsphase der Sekundarstufe II wurden in den letzten Jahren regelmäßig etwa 20 Schülerinnen und Schüler neu aufgenommen, überwiegend aus Realschulen der Stadt oder in die Internatsschule.

In der Regel werden in der Einführungsphase zwei bis drei Grundkurse eingerichtet, aus denen sich für die Q-Phase zwei Grundkurse entwickeln.

Der Unterricht findet im 45-Minuten-Takt statt, die Kursblockung sieht grundsätzlich für Grundkurse eine Doppelstunde vor.

Den im Schulprogramm ausgewiesenen Zielen, Schülerinnen und Schüler ihren Begabungen und Neigungen entsprechend individuell zu fördern und ihnen Orientierung für ihren weiteren Lebensweg zu bieten, fühlt sich auch die Fachgruppe Physik verpflichtet.

Durch ein fachliches Förderprogramm unter Einbeziehung von Schülerinnen und Schülern als Tutoren, begleitet durch regelmäßige Sprechstunden der Lehrkräfte und dort getroffene Lernvereinbarungen, werden Schülerinnen und Schüler mit Übergangs- und Lernschwierigkeiten intensiv unterstützt.

Schülerinnen und Schüler aller Klassen- und Jahrgangsstufen werden zur Teilnahme an Wettbewerben im Fach Physik angehalten und, wo erforderlich, begleitet.

Für den Fachunterricht aller Stufen besteht Konsens darüber, dass wo immer möglich physikalische Fachinhalte mit Lebensweltbezug vermittelt werden. Besonders eng ist die Zusammenarbeit mit der Fachgruppe Mathematik, was deshalb leicht fällt, da die Fachgruppe Physik eine echte Teilmenge der Fachgruppe Mathematik darstellt.

In der Sekundarstufe I wird ein wissenschaftlicher Taschenrechner ab Klasse 7 verwendet, Tabellenkalkulation (Excel) werden an geeigneten Stellen im Unterricht genutzt, der Umgang mit ihnen eingeübt. Dazu steht in der Schule ein PC-Unterrichtsraum und ein portabler Klassensatz an iPads zur Verfügung. Zudem handelt es sich bei den Klassen 8 bis 10 um iPad-Klassen, sodass davon ausgegangen werden kann, dass alle Schülerinnen und Schüler Zugang zu einem digitalen Gerät besitzen. In der Sekundarstufe II kann deshalb davon ausgegangen werden, dass die

Schülerinnen und Schüler mit den grundlegenden Möglichkeiten dieser digitalen Werkzeuge vertraut sind.

Die Ausstattung mit experimentiergeeigneten Fachräumen und mit Materialien ist zufriedenstellend. Schrittweise sollen mehr Möglichkeiten für Schülerversuche an geeigneten Stellen geschaffen werden. Darüber hinaus setzen wir Schwerpunkte in der Nutzung von neuen Medien. Im Fach Physik gehört dazu auch die Erfassung von Daten und Messwerten mit modernen digitalen Medien, z.B. Messwarterfassung durch CASSY oder W-LAN CASSY.

2 Entscheidungen zum Unterricht

Hinweis: Die nachfolgend dargestellte Umsetzung der verbindlichen Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans findet auf zwei Ebenen statt. Das **Übersichtsraster** gibt den Lehrkräften einen raschen Überblick über die laut Fachkonferenz verbindlichen Unterrichtsvorhaben pro Schuljahr. In dem Raster sind, außer dem Thema des jeweiligen Vorhabens, das schwerpunktmäßig damit verknüpfte Inhaltsfeld bzw. die Inhaltsfelder, inhaltliche Schwerpunkte des Vorhabens sowie Schwerpunktkompetenzen ausgewiesen. Die **Konkretisierung von Unterrichtsvorhaben** führt weitere Kompetenzerwartungen auf und verdeutlicht vorhabenbezogene Absprachen, z.B. zur Festlegung auf einen Aufgabentyp bei der Lernerfolgsüberprüfung durch eine Klausur.

2.1 Unterrichtsvorhaben

Die Darstellung der Unterrichtsvorhaben im schulinternen Lehrplan besitzt den Anspruch, sämtliche im Kernlehrplan angeführten Kompetenzen. Dies entspricht der Verpflichtung jeder Lehrkraft, Lerngelegenheiten für ihre Lerngruppe so anzulegen, dass alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans von den Schülerinnen und Schülern erworben werden können.

Die entsprechende Umsetzung erfolgt auf zwei Ebenen: der Übersichts- und der Konkretisierungsebene.

Im „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 2.1.1) wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Das Übersichtsraster dient dazu, den Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkten sowie in der Fachkonferenz verabredeten verbindlichen Kontexten zu verschaffen. Um Klarheit für die Lehrkräfte herzustellen und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden in der Kategorie „Kompetenzen“ an dieser Stelle nur die übergeordneten Kompetenzerwartungen ausgewiesen, während die konkretisierten Kompetenzerwartungen erst auf der Ebene konkretisierter Unterrichtsvorhaben Berücksichtigung finden. Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann. Um Spielraum für Vertiefungen, besondere Schülerinteressen, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Praktika, Kursfahrten o.ä.) zu erhalten, wurden im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans ca. 75 Prozent der Bruttounterrichtszeit verplant.

2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p>Physik in Sport und Verkehr I Wie lassen sich Bewegungen beschreiben, vermessen und analysieren? Zeitbedarf: 25 U-Std.</p>	<p><i>Grundlagen der Kinematik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gleichförmige Bewegung • Gleichmäßig beschleunigte Bewegung • Freier Fall • Wurfbewegungen 	s. konkretisiertes Unterrichtsvorhaben
<p>Physik in Sport und Verkehr II Wie lassen sich Ursachen von Bewegungen erklären? Zeitbedarf: 15 U-Std.</p>	<p><i>Grundlagen der Dynamik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Newton'sche Gesetze • Beschleunigende Kräfte • Kräftegleichgewicht • Reibungskräfte 	s. konkretisiertes Unterrichtsvorhaben
<p>Superhelden und Crash-Tests – Erhaltungssätze in verschiedenen Situationen Wie lassen sich mit Erhaltungssätzen Bewegungsvorgänge vorhersagen und analysieren? Zeitbedarf: 12 U-Std.</p>	<p><i>Grundlagen der Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhaltungssätze: Impuls und Energie • Energiebilanzen • Stoßvorgänge 	s. konkretisiertes Unterrichtsvorhaben
<p>Bewegungen im Weltraum Wie bewegen sich die Planeten im Sonnensystem? Wie lassen sich aus (himmlischen) Beobachtungen Gesetze ableiten? Zeitbedarf: 20 U-Std.</p>	<p><i>Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gleichförmige Kreisbewegung, Zentripetalkraft • Newton'sches Gravitationsgesetz • Kepler'sche Gesetze • Gravitationsfeld • Wandel physikalischer Weltbilder (geo- und heliozentrisches Weltbild) • Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie, Zeitdilatation 	s. konkretisiertes Unterrichtsvorhaben
Summe Einführungsphase: 80 Stunden		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase – GRUNDKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p>Periodische Vorgänge in alltäglichen Situationen Wie lassen sich zeitlich und räumlich periodische Vorgänge am Beispiel von harmonischen Schwingungen sowie mechanischen Wellen beschreiben und erklären? Zeitbedarf: 10 U-Std.</p>	<p>Klassische Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Federpendel • Beschreibung mechanischer harmonischer Schwingungen und Wellen • Superposition • Polarisierung von Wellen 	s. konkretisiertes Unterrichtsvorhaben
<p>Beugung und Interferenz von Wellen – ein neues Lichtmodell Wie kann man Ausbreitungsphänomene von Licht beschreiben und erklären? Zeitbedarf: 18 U-Std.</p>	<p>Klassische Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mechanische harmonische Wellen • Huygen'sches Prinzip • Reflexion, Brechung und Beugung • Polarisierung von Wellen 	s. konkretisiertes Unterrichtsvorhaben
<p>Erforschung des Elektrons Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: 26 U-Std.</p>	<p>Geladene Teilchen in Feldern</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrische und magnetische Felder • Elektrische Feldstärke • Elektrische Spannung • Magnetische Flussdichte • Bahnformen von geladenen Teilchen in homogenen Feldern 	s. konkretisiertes Unterrichtsvorhaben
<p>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 18 U-Std.</p>	<p>Quantenobjekte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teilchenaspekt von Photonen • Wellenaspekt von Photon • Wellenaspekt von Elektronen • Photonen und Elektronen als Quantenobjekte 	s. konkretisiertes Unterrichtsvorhaben
<p>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Zeitbedarf: 18 U-Std.</p>	<p>Elektrodynamik und Energieübertragung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Magnetischer Fluss • Induktion • Wechselspannung • Generator • Transformator 	s. konkretisiertes Unterrichtsvorhaben

<p>Anwendungsbereiche des Kondensators Wie kann man Energie in elektrischen Systemen speichern? Zeitbedarf: 15 U-Std.</p>	<p><i>Elektrodynamik und Energieübertragung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Auf- und Entladung Kondensator • Elektromagnetische Schwingung 	<p>s. konkretisiertes Unterrichtsvorhaben</p>
<p>Mensch und Strahlung – Chancen und Risiken ionisierender Strahlung Wie wirkt ionisierende Strahlung auf den menschlichen Körper? Zeitbedarf: 12 U-Std.</p>	<p><i>Strahlung und Materie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Spektrum der elektromagnetischen Strahlung • Ionisierende Strahlung • Geiger-Müller-Zählrohr • Biologische Wirkungen 	<p>s. konkretisiertes Unterrichtsvorhaben</p>
<p>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos Wie lassen sich aus Spektralanalysen Rückschlüsse auf die Struktur von Atomen ziehen? Zeitbedarf: 19 U-Std.</p>	<p><i>Strahlung und Materie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Atomphysik • Linienspektrum • Energieniveauschema • Kern-Hülle-Modell • Röntgenstrahlung 	<p>s. konkretisiertes Unterrichtsvorhaben</p>
<p>Massendefekt und Kernumwandlungen Wie lassen sich energetische Bilanzen bei Umwandlungs- und Zerfallsprozessen quantifizieren? Wie entsteht ionisierende Strahlung? Zeitbedarf: 16 U-Std.</p>	<p><i>Strahlung und Materie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Kernphysik: Nukleonen</i> • <i>Zerfallsprozesse</i> • <i>Kernumwandlungen</i> • <i>Kernspaltung</i> • <i>Kernfusion</i> 	<p>s. konkretisiertes Unterrichtsvorhaben</p>
<p>Summe Qualifikationsphase – GRUNDKURS: 242 Stunden</p>		

2.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

2.1.2.1 Einführungsphase

Inhaltsfeld I: *Mechanik*

Kontext: *Physik in Sport und Verkehr I*

Leitfrage: Wie lassen sich Bewegungen beschreiben, vermessen und analysieren?

Inhaltliche Schwerpunkte: Grundlagen der Kinematik (gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung, freier Fall, Wurfbewegungen)

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

- (S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Konzepten, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen,
- (S2) beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Konzepten und geben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeit an,
- (S3) wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus,
- (S5) beschreiben bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus,
- (S6) nutzen bekannte Auswertungsverfahren für Messergebnisse,
- (S7) wenden unter Anleitung mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an,

Kommunikationskompetenz

- (K1) recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,
- (K3) entnehmen unter Anleitung und Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder,
- (K4) formulieren unter Verwendung der Fachsprache kausal korrekt
- (K6) veranschaulichen Informationen und Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge,
- (K7) präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien,
- (K9) tauschen sich ausgehend vom eigenen Standpunkt mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus,

Erkenntnisgewinnungskompetenz

- (E4) modellieren Phänomene physikalische, auch mithilfe einfacher mathematischer Darstellungen und Werkzeuge,
- (E5) konzipieren erste Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung unter Beachtung der Variablenkontrolle
- (E6) untersuchen mithilfe bekannter Modelle und Konzepte die in erhobenen oder recherchierten Daten vorliegenden Strukturen und Beziehungen,
- (E7) berücksichtigen Messunsicherheiten bei der Interpretation von Ergebnissen,

Bewertungskompetenz

- (B4) bilden sich reflektiert ein eigenes Urteil,
- (B5) vollziehen Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen nach.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<p>Beschreibung von Bewegungen im Alltag und im Sport (2 U-Std.)</p> <p>Beschreibung und Analyse der gleichförmigen und beschleunigten Bewegungen (9 U-Std.)</p> <p>Beschreibung und Analyse des freien Falls (5 U-Std.)</p>	<p>erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4)</p> <p>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S7),</p> <p>planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen (E5, S5),</p> <p>interpretieren die Messdatenauswertung von Bewegungen unter qualitativer Berücksichtigung von Messunsicherheiten (E7, S6, K9),</p> <p>ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),</p> <p>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),</p> <p>bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7). (MKR 1.2)</p> <p>beurteilen die Güte digitaler Messungen von Bewegungsvorgängen mithilfe geeigneter Kriterien (B4, B5, E7, K7), (MKR 1.2, 2.3)</p> <p>stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7)</p>	<p>Experimente mit der Luftkissenbahn oder Schülerversuch zur gleichförmigen Bewegung (Wlan-Cassy)</p> <p>(Alternative: Fahrradexperiment zur gleichförmigen und beschleunigten Bewegung)</p> <p>evakuiertes Fallrohr mit Feder und Metallstück</p> <p>(Handversuch: glattes bzw. zur Kugel zusammengedrücktes Papier)</p> <p>Freier Fall (SV mit WLAN-Cassy)</p> <p>Cassy g-Leiter</p>	<p>Analyse alltäglicher Bewegungsabläufe, Analyse von Kraftwirkungen auf reibungsfreie Körper</p> <p>Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichförmigen und beschleunigten Bewegung</p> <p>Unterscheidung von gleichförmigen und beschleunigten Bewegungen</p> <p>Erstellung von t-s- und t-v-Diagrammen (auch mithilfe digitaler Hilfsmittel (z.B. Excel))</p> <p>Interpretation und Auswertung von Diagrammen</p> <p>Üben des Umgangs mit den mathematischen Gesetzen der gleichförmigen und beschleunigten Bewegung</p> <p>Schlussfolgerungen bezüglich des Einflusses der Körpermasse bei Fallvorgängen</p> <p>Interpretation und Auswertung von Diagrammen</p> <p>Bestimmung der Erdbeschleunigung mit Hilfe der Cassy g-Leiter</p>

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beschreibung und Analyse von Wurfbewegungen (8 U-Std.)		(ggf. Sprung durch den Reifen (Darda-Auto))	<p>(ggf. Digitale Videoanalyse (z.B. mit <i>VIANA</i>) von Bewegungen im Sport (Fahrradfahrt, Sprint))</p> <p>Erarbeitung der Bewegungsgesetze der Wurfbewegungen (waagerechter und schiefer Wurf) anhand von Alltagsbeispielen (Optional: Herleitung der Gleichung der Bahnkurve)</p> <p>Erarbeitung des Superpositionsprinzips (Komponentenzerlegung und Addition vektorieller Größen)</p> <p>Einführung in die Verwendung von digitaler Videoanalyse (Auswertung von Videosequenzen, Darstellung der Messdaten in Tabellen und Diagrammen)</p>
24 U-Std.	Summe		

Kontext: Physik in Sport und Verkehr II

Leitfrage: Wie lassen sich Ursachen von Bewegungen erklären?

Inhaltliche Schwerpunkte: Newton'sche Gesetze, beschleunigende Kräfte, Kräftegleichgewicht, Reibungskräfte

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

(S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Konzepten, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen,

(S2) beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Konzepten und geben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeit an,

(S3) wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus,

(S5) beschreiben bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus,

(S7) wenden unter Anleitung mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.

Kommunikationskompetenz

(K4) formulieren unter Verwendung der Fachsprache kausal korrekt

(K7) präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.

Erkenntnisgewinnungskompetenz

(E2) stellen überprüfbare Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf,

(E3) erläutern an ausgewählten Beispielen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen,

(E4) modellieren Phänomene physikalische, auch mithilfe einfacher mathematischer Darstellungen und Werkzeuge,

(E8) untersuchen die Eignung physikalischer Modelle und Konzepte für die Lösung von Problemen.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<p>Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung (12 U-Std.)</p>	<p>erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</p> <p>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7),</p> <p>stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),</p> <p>erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),</p> <p>erläutern qualitativ die Auswirkungen von Reibungskräften bei realen Bewegungen (S1, S2, K4).</p> <p>untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),</p> <p>begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),</p>	<p>Freihandexperimente zu den Wirkungen von Kräften</p> <p>Experiment zum Hooke'schen Gesetz</p> <p>Rollbrettexperiment mit zwei SuS Freihandexperimente zum Trägheitsgesetz</p> <p>Experiment zum Newton-Gesetz mit WLAN-Cassy (SV) (Alternativ: Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung)</p>	<p>Reaktivierung des Begriffs der Kraft aus der Sek I. Definition der Kraft als Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I.</p> <p>Erarbeitung der Wirkungen von Kräften und Darstellung von Kräften.</p> <p>Untersuchung der Auswirkung von Kräften am Beispiel der Verformung. Bestimmung der Federkonstante von Federn mit Hilfe einer graphischen Auswertung.</p> <p>Erarbeitung des Kräfteparallelogramms (z.B. anhand Erfahrungen aus dem Alltag)</p> <p>Erarbeitung der Newton Gesetze (Wechselwirkungsprinzip, Trägheit)</p> <p>Erarbeitung der mechanischen Grundgleichung. (Kontext: Raketenstart)</p> <p>Qualitative Untersuchung der Reibungsarten (Haft-, Roll- und Gleitreibung)</p> <p>Berechnung von Kräften und Beschleunigungen z.B. im Kontext des Kugelstoßen, von Ballsportarten oder der Bewegung einer Rakete.</p>
12 U-Std.	Summe		

Kontext: Superhelden und Crash-Tests – Erhaltungssätze in verschiedenen Situationen

Leitfrage: Wie lassen sich mit Erhaltungssätzen Bewegungsvorgänge vorhersagen und analysieren

Inhaltliche Schwerpunkte: Impuls, Energie, Energiebilanzen, Stoßvorgänge

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

(S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Konzepten, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen,
(S3) wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus,
(S5) beschreiben bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus.

Kommunikationskompetenz

(K1) recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,
(K2) analysieren verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt,
(K3) entnehmen unter Anleitung und Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder,
(K4) formulieren unter Verwendung der Fachsprache kausal korrekt,
(K5) wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von kurzen Vorträgen und schriftlichen Ausarbeitungen aus,
(K7) präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.

Erkenntnisgewinnungskompetenz

(E2) stellen überprüfbare Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf,
(E3) erläutern an ausgewählten Beispielen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung von Hypothesen auf,
(E8) untersuchen die Eignung physikalischer Modelle und Konzepte für die Lösung von Problemen.

Bewertungskompetenz

(B1) erarbeiten aus verschiedenen Perspektiven eine schlüssige Argumentation,
(B2) analysieren Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich ihrer Relevanz,
(B6) beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung auch in Alltagssituationen.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Energie und Leistung (8 U-Std.)	<p>erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</p> <p>erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),</p> <p>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7),</p> <p>untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),</p> <p>begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),</p> <p>bewerten Ansätze aktueller und zukünftiger Mobilitätsentwicklung unter den Aspekten Sicherheit und mechanischer Energiebilanz (B6, K1, K5), (VB D Z 3)</p> <p>bewerten die Darstellung bekannter vorrangig mechanischer Phänomene in verschiedenen Medien bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (B1, B2, K2, K8). (MKR 2.2, 2.3)</p>	<p>Versuch zum Fadenpendel Simulation zur Energieumwandlung (Phet Colorado Energieskatepark & Pendel)</p>	<p>Begriffe der Arbeit und der Energie aus der SI aufgreifen und wiederholen</p> <p>Deduktive Herleitung der Formeln für die mechanischen Energiearten aus den Newton'schen Gesetzen und der Definition der Arbeit</p> <p>Energieerhaltung an Beispielen (z.B. Pendel, Achterbahn, Halfpipe, usw.) erarbeiten und für Berechnungen nutzen</p> <p>Energetische Analysen in verschiedenen Sportarten (Hochsprung, Turmspringen, Turnen, Stabhochsprung, Bobfahren, Skisprung)</p> <p>Einführung des Begriffs der Leistung.</p> <p>Ggf. Diskussion verschiedener Energiespeicher (Pumpspeicherkraftwerk, Schwungrad, usw.) und Vergleich zu chemischen bzw. elektrischen Speichern (Akku, Kondensator, usw.)</p>
Impuls und Impulserhaltung, Rückstoß (6 U-Std.)	<p>erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</p> <p>beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Impuls- und Energieübertragung (S1, S2, K3),</p>	<p>Versuch zum Impuls (SV mit WLAN Cassy) (Alternativ: Luftkissenbahn)</p> <p>Messreihen zu elastischen und unelastischen Stößen (W-Lan Cassy)</p>	<p>Erarbeitung des Begriffs des Impulses und des Rückstoßes</p> <p>Kontext: Bewegung einer Rakete im luftleeren Raum oder Entstehung einer Supernova</p> <p>Elastischer und inelastischer Stoß auch an anschaulichen Beispielen aus dem Sport (z.B. Rechenaufgaben zu den Stoßprozessen.</p>

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
		ggf. Wasserrakete	Verständnis des Impulses als Erhaltungsgröße Anwendung der Impulserhaltung bei Ballsportarten, Kopfball beim Fußball, Kampfsport
14 U-Std.	Summe		

Kontext: *Bewegungen im Weltraum*

Leitfrage: Wie bewegen sich die Planeten im Sonnensystem?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kreisbewegung, Zentripetalkraft, Schwerkraft, Newton'sches Gravitationsgesetz

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

(S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Konzepten, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen,

(S2) beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Konzepten und geben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeit an,

(S3) wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus,

(S6) nutzen bekannte Auswertungsverfahren für Messergebnisse,

(S7) wenden unter Anleitung mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.

Kommunikationskompetenz

(K3) entnehmen unter Anleitung und Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder,

(K4) formulieren unter Verwendung der Fachsprache kausal korrekt

(K9) tauschen sich ausgehend vom eigenen Standpunkt mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus.

Erkenntnisgewinnungskompetenz

(E3) erläutern an ausgewählten Beispielen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen,

(E4) modellieren Phänomene physikalische, auch mithilfe einfacher mathematischer Darstellungen und Werkzeuge,

(E6) untersuchen mithilfe bekannter Modelle und Konzepte die in erhobenen oder recherchierten Daten vorliegenden Strukturen und Beziehungen,

(E8) untersuchen die Eignung physikalischer Modelle und Konzepte für die Lösung von Problemen.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Größen der Kreisbewegung (2 U-Std.)	erläutern auch quantitativ die kinematischen Größen der gleichförmigen Kreisbewegung Radius, Drehwinkel, Umlaufzeit, Umlauffrequenz, Bahngeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit und Zentripetalbeschleunigung sowie deren Beziehungen zueinander an Beispielen (S1, S7, K4),	<p>Messung der Zentralkraft mit dem Zentralkraftgerät</p>	Beschreibung von gleichförmigen Kreisbewegungen, Winkelgeschwindigkeit, Periode, Bahngeschwindigkeit, Frequenz Behandlung von Rechenaufgaben zu den Größen der Kreisbewegung
Kräfte der Kreisbewegung (5 U-Std.)	beschreiben quantitativ die bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripetalkraft in Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung (S1, K3), interpretieren Messergebnisse aus Experimenten zur quantitativen Untersuchung der Zentripetalkraft (E4, E6, S6, K9)		Experimentelle Erarbeitung der Formeln für die Zentripetalkraft und die Zentripetalbeschleunigung Herausstellen der Notwendigkeit der Konstanzhaltung der restlichen Größen bei der experimentellen Bestimmung einer von mehreren anderen Größen abhängigen physikalischen Größe (hier bei der Bestimmung der Zentripetalkraft in Abhängigkeit von der Masse des rotierenden Körpers) Ergänzend: Herleitung der Formel für die Zentripetalbeschleunigung Behandlung von Rechenaufgaben zur Zentripetalkraft
Scheinkräfte (2 U-Std.)	erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4),		Thematisierung der Scheinkräfte (Zentrifugalkraft und Corioliskraft) in beschleunigten Bezugssystemen Kontexte: z.B. Jahrmarkt bzw. Wetter auf der Erde
Die Kepler-Gesetze (4 U-Std.)	ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Newton'schen Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E4, E8)	Film: Johannes Kepler (Meilensteine der Naturwissenschaften Nr. 69)	Erarbeitung der drei Kepler-Gesetze inkl. Mathematisierung Kontext: Entstehung der Jahreszeiten
Newton'sches Gravitationsgesetz, Gravitationsfeld	erläutern die Abhängigkeiten der Massenanziehungskraft zweier Körper anhand des Newton'schen Gravitationsgesetzes im Rahmen des Feldkonzepts (S2, S3,	Simulation: Gravitationslabor (Phet)	Erarbeitung der Abhängigkeit der Massenanziehungskraft von der Masse und dem Abstand

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
(7 U-Std.)	<p>K4),</p> <p>deuten eine vereinfachte Darstellung des Cavendish-Experiments qualitativ als direkten Nachweis der allgemeinen Massenanziehung (E3, E6),</p> <p>ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Newton'schen Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E4, E8)</p>	<p>Simulation zum Cavendish Experiment</p> <p>Video zum Cavendish Experiment: The Cavendish experiment and G - YouTube</p> <p>Simulation: Schwerkraft und Umlaufbahnen (Phet) Alternativ: Schulhofexperiment zu Umlaufbahnen (Sonne/Erde/Mond, Doppelsternsystem, usw.)</p>	<p>zweier Körper</p> <p>Erarbeitung des Newton'sches Gravitationsgesetz als Zusammenfassung bzw. Äquivalent der Kepler'schen Gesetze</p> <p>Bestimmung der Gravitationskonstante</p> <p>Untersuchung von Umlaufbahnen von Himmelskörpern und Deutung der Massenanziehungskraft als Zentripetalkraft.</p> <p>Anwendung des Newton'schen Gravitationsgesetzes zur Berechnung von Satellitenbahnen</p>
20 U-Std.	Summe		

Kontext: *Weltbilder in der Physik*

Leitfrage: Revolutioniert die Physik unsere Sicht auf die Welt?

Inhaltliche Schwerpunkte: Wandel physikalischer Weltbilder: geozentrisches und heliozentrisches Weltbild, Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie, Zeitdilatation

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

(S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens,

(S2) beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Konzepten und geben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeit an,

(S3) wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus,

(S5) beschreiben bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus,

(S7) wenden unter Anleitung mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.

Kommunikationskompetenz

(K1) recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,

(K3) entnehmen unter Anleitung und Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder,

(K4) formulieren unter Verwendung der Fachsprache kausal korrekt

(K9) tauschen sich ausgehend vom eigenen Standpunkt mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus,

(K10) belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate.

Erkenntnisgewinnungskompetenz

(E9) beschreiben an ausgewählten Beispielen die Relevanz von Modellen, Konzepten, Hypothesen und Experimenten im Prozess der physikalischen Erkenntnisgewinnung,

(E11) reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozess an ausgewählten Beispielen.

Bewertungskompetenz

(B1) erarbeiten aus verschiedenen Perspektiven eine schlüssige Argumentation,

(B2) analysieren Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich ihrer Relevanz,

(B8) identifizieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Aristotelisches Weltbild, Kopernikanische Wende (4 U-Std.)	stellen Änderungen bei der Beschreibung von Bewegungen der Himmelskörper beim Übergang vom geozentrischen Weltbild zu modernen physikalischen Weltbildern auf der Basis zentraler astronomischer Beobachtungsergebnisse dar (S2, K1, K3, K10), ordnen die Bedeutung des Wandels vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild für die Emanzipation der Naturwissenschaften von der Religion ein (B8, K3), beurteilen Informationen zu verschiedenen Weltbildern und deren Darstellungen aus unterschiedlichen Quellen hinsichtlich ihrer Vertrauenswürdigkeit und Relevanz (B2, K9, K10) (MKR 5.2)	Film: Entwicklung der Weltbilder (Meilensteine der Naturwissenschaften Nr. 68) Evtl. Referate zu den Persönlichkeiten	Die historische Entwicklung der Weltbilder (geozentrisches und heliozentrisches Weltbild, modernes Weltbild). Kontext: Astronomie und Kirche – schließen sich Religion und Wissenschaft aus? Betrachtung besonderer Wissenschaftler: Kopernikus, Kepler, Galilei, Hubble und Lemaitre Historie: Verschiedene Möglichkeiten der Interpretation der Beobachtungen Evtl. Besuch einer Sternwarte oder eines Planetariums
Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie (6 U-Std.)	erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4), erläutern die Bedeutung der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (S2, S3, K4), erklären mit dem Gedankenexperiment der Lichtuhr unter Verwendung grundlegender Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie das Phänomen der Zeitdilatation zwischen bewegten Bezugssystemen qualitativ und quantitativ (S3, S5, S7). ziehen das Ergebnis des Gedankenexperiments der Lichtuhr zur Widerlegung der absoluten Zeit heran (E9, E11, K9, B1).	Lehrfilme zur speziellen Relativitätstheorie Gedankenexperiment zur Lichtuhr	Wiederholung der Rolle der Bezugssysteme Erarbeitung der Grundlagen der SRT (Relativitätsprinzip und Konstanz der Lichtgeschwindigkeit) Diskussion der Phänomene der SRT. Fokus liegt auf der Zeitdilatation und dem Lichtuhrenexperiment .
10 U-Std.	Summe		

2.1.2.2 Qualifikationsphase: Grundkurs

Inhaltsfeld: *Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern (GK)*

Kontext: *Periodische Vorgänge in alltäglichen Situationen*

Leitfrage: Wie lassen sich zeitlich und räumlich periodische Vorgänge am Beispiel von harmonischen Schwingungen sowie mechanischen Wellen beschreiben und erklären?

Inhaltliche Schwerpunkte: Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen, Polarisation von Wellen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

(S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens,
(S2) beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und erläutern deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten,
(S3) wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Theorien sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus,
(S4) bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte.

Erkenntnisgewinnung

(E4) modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen,
(E6) erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen,

Kommunikationskompetenz

(K1) recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,
(K4) formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert,
(K5) wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus,
(K6) veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge,

Bewertungskompetenz

(B7) reflektieren kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen mit physikalischem Hintergrund.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Fadenpendel, Federpendel, Mechanische harmonische Schwingungen (7 U-Std.)	<p>erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz sowie deren Zusammenhänge (S1, S3),</p> <p>erläutern am Beispiel des Faden- und Federpendels Energieumwandlungen harmonischer Schwingungen (S1, S2, K4),</p> <p>konzipieren Experimente zur Abhängigkeit der Periodendauer von Einflussgrößen beim Federpendel und werten diese unter Anwendung digitaler Werkzeuge aus (E6, S4, K6), (MKR 1.2)</p>	<p>Fadenpendel</p> <p>Federpendel</p>	<p>Einführung der Größen zur Beschreibung einer harmonischen Schwingung (Nutzung Kontexte aus dem Alltag: Schaukel, Trampolin, Stimmgabel,...)</p> <p>Berechnung des Ortsfaktors mit Hilfe des Fadenpendels. (evtl. Vertiefung: Diskussion der Differentialgleichung der Schwingung des Fadenpendels)</p> <p>Die SuS bearbeiten Rechenaufgaben zu den Größen der harmonischen mechanischen Schwingung.</p> <p>Die Abhängigkeit der Periodendauer von der Masse und der Federhärte werden im Schülerexperiment untersucht. (evtl. Vertiefung: Diskussion der Differentialgleichung der Schwingung des Federpendels, Alternative: Nutzung einer Simulation zum Federpendel)</p>
7 U-Std.	Summe		

Inhaltsfeld: *Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern (GK)*

Kontext: *Beugung und Interferenz von Wellen – ein neues Lichtmodell*

Leitfrage: Wie kann man Ausbreitungsphänomene von Licht beschreiben und erklären?

Inhaltliche Schwerpunkte: Mechanische harmonische Welle, Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung, Superposition und Polarisierung von Wellen, Wellennatur von Licht

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

- (S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens,
- (S2) beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und erläutern deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten,
- (S3) wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Theorien sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus,
- (S4) bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte.

Erkenntnisgewinnung

- (E3) beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen,
- (E4) modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen,
- (E6) erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen,
- (E7) berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses
- (E8) beurteilen die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen.

Kommunikationskompetenz

- (K3) entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder,
- (K4) formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert,
- (K6) veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge,
- (K8) nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Mechanische harmonische Wellen, Polarisation (14 U-Std.)	<p>erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Wellen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3),</p> <p>erläutern mithilfe der Wellenwanne qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6),</p> <p>erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),</p> <p>erläutern die lineare Polarisierung als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),</p> <p>beurteilen Maßnahmen zur Störgeräuschreduzierung hinsichtlich deren Eignung (B7, K1, K5). (VB B Z1)</p>	<p>Wellenwanne</p> <p>Kundt'sches Rohr Stehende Welle</p> <p>Polarisation mit Hilfe von Seilwellen</p>	<p>Es werden mit Hilfe des x-s- und das t-s-Diagramms die Größen der Wellenlänge, Amplitude, Periodendauer, Frequenz und Ausbreitungsgeschwindigkeit bestimmt.</p> <p>Es wird die Wellengleichung eingeführt und einfache Berechnungen mit Hilfe der Wellengleichung durchgeführt.</p> <p>Mit Hilfe der Wellenwanne werden die Eigenschaften der harmonischen mechanischen Welle am Beispiel der Wasserwellen untersucht. Es wird das Huygens'sche Prinzip und die Phänomene Reflexion (Alternative: Simulation Phet Colorado), Brechung, Beugung und Interferenz von Wellen untersucht.</p> <p>Thematisierung der stehenden Wellen als Überlagerung der einlaufenden und reflektierten Welle (Kontext: Musik oder Staubfiguren). Es werden Rechenaufgaben zu den stehenden Wellen bearbeitet. Die SuS untersuchen Eigenschaften der stehenden Welle im Schülerexperiment.</p> <p>Die Thematik der linearen Polarisierung wird in einem Demonstrationsexperiment visualisiert. Unterscheidung von Longitudinal- und Transversalwellen mit Hilfe der linearen Polarisierung.</p>
Beugung und Interferenz von Lichtwellen, Lichtfrequenz, Lichtwellenlänge (7 U-Std.)	<p>weisen anhand des Interferenzmusters bei Doppelspalt- und Gitterversuchen mit mono- und polychromatischem Licht die Wellennatur des Lichts nach und bestimmen daraus Wellenlängen (E7, E8, K4).</p>	<p>Doppelspalt und Gitter quantitative Experimente mit Laserlicht</p>	<p>Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht</p> <p>Bestimmung der Wellenlängen von Licht mit Doppelspalt und Gitter in Demonstrationsexperimenten. Untersuchung des Interferenzmusters am Doppelspalt im digitalen Schülerexperiment.</p> <p>Die SuS bearbeiten Rechenaufgaben zum Doppelspalt- und Gitterexperiment.</p>
21 U-Std.	Summe		

Inhaltsfeld: *Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern (GK)*

Kontext: *Erforschung des Elektrons*

Leitfrage: *Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?*

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektrische und magnetische Felder, elektrische Feldstärke, elektrische Spannung, magnetische Flussdichte, Bahnformen von geladenen Teilchen in homogenen Feldern

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

- (S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens,
- (S2) beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und erläutern deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten,
- (S3) wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Theorien sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus,
- (S4) bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte,
- (S6) erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an.

Erkenntnisgewinnung

- (E1) identifizieren und entwickeln in unterschiedlichen Kontexten naturwissenschaftlich-technische Probleme und Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten,
- (E2) stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf,
- (E3) beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen,
- (E4) modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen,
- (E6) erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen,
- (E9) reflektieren die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten im Prozess der physikalischen Erkenntnisgewinnung,
- (E10) beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf zugrundeliegende Kontexte und reflektieren ihre Generalisierbarkeit,
- (E11) reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse.

Kommunikationskompetenz

- (K1) recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,
- (K3) entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder,
- (K5) wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus,
- (K4) formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert,
- (K6) veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge,
- (K7) präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien,

(K8) nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar
<p>Elektrische Felder, elektrische Feldstärke, elektrische Spannung (8 U-Std.)</p>	<p>stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6), entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische Feldlinienbilder (E4, E6), beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke (S2, S3, E6), erläutern am Beispiel des Plattenkondensators den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld (S3),</p>	<p>Grießkornexperiment Tischtennis-Ping-Pong-Experiment</p>	<p>Wiederholung der Begriffe elektrische Stromstärke und Spannung. Anknüpfung an das Wissen aus der Sek I. Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld besprechen, Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, in diesem Fall die Ladung Die SuS zeichnen elektrische Feldlinienbilder, indem sie die erarbeiteten Regeln berücksichtigen. Homogenes elektrisches Feld im Plattenkondensator, Zusammenhang zwischen Feldstärke im Plattenkondensator, Spannung und Abstand der Kondensatorplatten vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren. Die SuS bearbeiten Rechenaufgaben zur elektrischen Feldstärke. Evtl. wird das Coulomb-Gesetz diskutiert.</p>
<p>Bahnformen von geladenen Teilchen im homogenen E-Feld, Bestimmung der Elementarladung (5 U-Std.)</p>	<p>schließen aus der statistischen Auswertung einer vereinfachten Version des Millikan-Versuchs auf die Existenz einer kleinsten Ladung (E3, E11, K8), erläutern Experimente zur Variation elektrischer Einflussgrößen und deren Auswirkungen auf die Bahnformen von Ladungsträgern in homogenen elektrischen Feldern (E2, K4), berechnen Geschwindigkeitsänderungen von Ladungsträgern nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (S1, S3, K3),</p>	<p>Simulation zum Millikanversuch (Schwebemethode) Braun'sche Röhre</p>	<p>Es wird mit Hilfe einer Simulation zum Millikanversuch die Elementarladung bestimmt. Dabei wird nur die Schwebemethode betrachtet. Mit Hilfe des Kontextes „alte Fernsehgeräte“ wird die Braun'sche Röhre eingeführt. Anhand der Braun'schen Röhre wird die Auswirkung von elektrischen Einflussgrößen auf die Bahnformen von Ladungsträgern diskutiert. Es werden Rechenaufgaben zur Braun'schen Röhre bearbeitet, dabei werden unter anderem Geschwindigkeiten berechnet.</p>

<p>Magnetische Felder, magnetische Flussdichte, Bahnformen von geladenen Teilchen im homogenen B-Feld, Bestimmung der Elektronenmasse (13 U-Std.)</p>	<p>wenden eine Messmethode zur Bestimmung der magnetischen Flussdichte an (E3, K6),</p> <p>entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips magnetische Feldlinienbilder (E4, E6),</p> <p>erläutern am Fadenstrahlrohr die Erzeugung freier Elektronen durch den glühelektrischen Effekt, deren Beschleunigung beim Durchlaufen eines elektrischen Felds sowie deren Ablenkung im homogenen magnetischen Feld durch die Lorentzkraft (S4, S6, E6, K5),</p> <p>modellieren mathematisch die Beobachtungen am Fadenstrahlrohr und ermitteln aus den Messergebnissen die Elektronenmasse (E4, E9, K7),</p> <p>erläutern Experimente zur Variation elektrischer Einflussgrößen und deren Auswirkungen auf die Bahnformen von Ladungsträgern in homogenen magnetischen Feldern (E2, K4),</p> <p>beurteilen die Schutzwirkung des Erdmagnetfeldes gegen den Strom geladener Teilchen aus dem Weltall</p> <p>erschließen sich die Funktionsweise des Zyklotrons auch mithilfe von Simulationen (E1, E10, S1, K1),</p>	<p>Stromwaage Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde</p> <p>e/m-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar ggf. Simulation zum Fadenstrahlrohr</p> <p>Elektronenkanone</p> <p>Simulation Zyklotron</p>	<p>Einführung des Begriffs des magnetischen Feldes (in Analogie zu den beiden anderen Feldern durch Kraft auf Probekörper, in diesem Fall bewegte Ladung oder stromdurchflossener Leiter) und des Zusammenhangs zwischen magnetischer Kraft, Leiterlänge und Stromstärke. Die SuS zeichnen magnetische Feldlinienbilder.</p> <p>Einführung der 3-Finger-Regel und Angabe der Gleichung für die Lorentzkraft. Es wird mit Hilfe des Fadenstrahlrohrs die Elektronenmasse bestimmt.</p> <p>Vertiefung des Zusammenhangs zwischen Spannung, Ladung und kinetischer Energie am Beispiel Elektronenkanone. Thematisierung der Ablenkung des Strahls der Elektronenkanone mit Hilfe von Permanentmagneten (Lorentzkraft) Es wird das Massenspektrometer thematisiert. Zudem werden Rechenaufgaben zum Massenspektrometer bearbeitet. Die Ergebnisse aus dem Fadenstrahlrohrexperiment werden auf das Phänomen der magnetischen Flasche übertragen. Diskussion der Aufgabe des Erdmagnetfeldes. Die Funktionsweise des Zyklotrons wird anhand des Beispiels Cern erarbeitet. (Evtl. Thematisierung der Arbeit am Cern)</p>
<p>26 U-Std.</p>	<p>Summe</p>		

Inhaltsfeld: Quantenobjekte (GK)

Kontext: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte

Leitfrage: *Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?*

Inhaltliche Schwerpunkte: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt, De-Broglie-Wellenlänge, Interferenz von Elektronen am Doppelspalt, Wellen- und Teilchenmodell, Kopenhagener Deutung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

- (S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens,
- (S2) beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und erläutern deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten,
- (S3) wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Theorien sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus,
- (S5) beschreiben bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus,
- (S6) erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an.

Erkenntnisgewinnung

- (E4) modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen,
- (E6) erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen,
- (E8) untersuchen die Eignung physikalischer Modelle und Konzepte für die Lösung von Problemen,
- (E9) reflektieren die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten im Prozess der physikalischen Erkenntnisgewinnung,
- (E11) reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse.

Kommunikationskompetenz

- (K3) entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder,
- (K4) formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert,
- (K6) veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge,
- (K7) präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien,
- (K8) nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener Darstellungen,
- (K9) tauschen sich ausgehend vom eigenen Standpunkt mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus.

Bewertungskompetenz

- (B1) erarbeiten aus verschiedenen Perspektiven eine schlüssige Argumentation,
- (B8) identifizieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar
<p>Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt (8 U-Std.)</p>	<p>erläutern anhand eines Experiments zum Photoeffekt den Quantencharakter von Licht (S1, E9, K3), leiten anhand eines Experiments zum Photoeffekt den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen ab (E6, S6), stellen die Lichtquanten -Hypothese sowie deren Unterschied zur klassischen Betrachtungsweise dar (S1, S2, E8, K4),</p>	<p>Hallwachs-Experiment Photoeffekt</p>	<p>Einstieg in die Thematik z.B. über die Fragestellung „Was ist Licht?“ (Wdh. der bisherigen Vorstellungen von Licht) Anhand des Hallwachs-Experiments wird der lichtelektrische Effekt erarbeitet. Thematisierung des Photoeffekts anhand der Gegenfeldmethode (inkl. Auswertung des Demo-Experiments und h-Bestimmung) Es werden Rechenaufgaben zum Photoeffekt bearbeitet. Einführung der Photonentheorie, um die Ergebnisse des Photoeffekts erklären zu können. Diskussion und Herausstellen der Widersprüche zur Interpretation von Licht als Welle.</p>
<p>Wellenaspekt von Elektronen: De-Broglie-Wellenlänge, Interferenz von Elektronen am Doppelspalt (7 U-Std.)</p>	<p>stellen die De-Broglie-Hypothese sowie deren Unterschied zur klassischen Betrachtungsweise dar (S1, S2, E8, K4), wenden die De-Broglie-Hypothese an, um das Beugungsbild beim Doppelspaltversuch mit Elektronen quantitativ zu erklären (S1, S5, E6, K9), erläutern die Determiniertheit der Zufallsverteilung der diskreten Energieabgabe beim Doppelspaltexperiment mit stark intensitätsreduziertem Licht (S3, E6, K3), untersuchen mithilfe von Simulationen das Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt (E4, E8, K6, K7), (MKR 1.2)</p>	<p>Elektronenbeugungsröhre Doppelspalt</p>	<p>Anhand des Experiments zur Elektronenbeugungsröhre wird die Welleneigenschaft von Elektronen entdeckt. (Beeinflussungsmöglichkeiten des Interferenzbildes werden diskutiert) Thematisierung der Beugung an Kristallen (Bragg-Bedingung). Auswertung des Experiments zur Elektronenbeugungsröhre anhand von vorgefertigten Messdaten. Einführung der De-Broglie-Wellenlänge von Elektronen. Es werden Rechenaufgaben zu Materiewellen bearbeitet. Bestätigung der Erkenntnisse anhand einer Simulation zur Interferenz von Elektronen am Doppelspalt.</p>

<p>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte: Wellen- und Teilchenmodell, Kopenhagener Deutung (3 U-Std.)</p>	<p>berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3), erklären an geeigneten Darstellungen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte (S1, K3), erläutern bei Quantenobjekten die „Welcher-Weg“-Information als Bedingung für das Auftreten oder Ausbleiben eines Interferenzmusters in einem Interferenzexperiment (S2, K4), beurteilen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen (E9, E11, K8), erläutern die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8), beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der physikalischen Erkenntnisfähigkeit (B8, E11, K8). stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9),</p>		<p>Thematisierung des Welle-Teilchen-Dualismus (Einstieg z.B. über den Quantenmechanischen Skifahrer) Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik. Es werden die Grenzen und Gültigkeitsbereiche des Welle-Teilchen-Dualismus herausgearbeitet. Es wird die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dargestellt.</p>
<p>18 U-Std.</p>	<p>Summe</p>		

Inhaltsfeld: *Elektrodynamik und Energieübertragung (GK)*

Kontext: *Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren*

Leitfrage: *Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?*

Inhaltliche Schwerpunkte: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz, Wechselspannung, Generator, Transformator

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

- (S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens,
- (S2) beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und erläutern deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten,
- (S3) wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Theorien sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus,
- (S4) bauen einfache Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte,
- (S7) wenden unter Anleitung mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.

Erkenntnisgewinnung

- (E2) stellen überprüfbare Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf,
- (E4) modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen,
- (E6) erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen,
- (E7) berücksichtigen Messunsicherheiten bei der Interpretation der Ergebnisse,
- (E9) reflektieren die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten im Prozess der physikalischen Erkenntnisgewinnung,
- (E10) beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf zugrundeliegende Kontexte,

Kommunikationskompetenz

- (K2) analysieren verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt,
- (K3) entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder,
- (K4) formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert,
- (K7) präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien,
- (K8) nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener Darstellungen,
- (K10) belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate.

Bewertungskompetenz

- (B3) entwickeln anhand festgelegter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug,
- (B6) beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung auch in Alltagssituationen,

(B7) identifizieren kurz- und langfristige Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen mit physikalischem Hintergrund.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar
<p>Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz, Wechselspannung (10 U-Std.)</p>	<p>erläutern das Auftreten von Induktionsspannungen am Beispiel der Leiterschaukel durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (S3, S4, K4),</p> <p>führen Induktionserscheinungen bei einer Leiterschleife auf die zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte oder die zeitliche Änderung der durchsetzten Fläche zurück (S1, S2, K4),</p> <p>beschreiben das Induktionsgesetz mit der mittleren Änderungsrate und in differentieller Form des magnetischen Flusses (S7),</p> <p>modellieren mathematisch das Entstehen von Induktionsspannungen für die beiden Spezialfälle einer zeitlich konstanten Fläche und einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte (E4, E6, K7),</p> <p>stellen Hypothesen zum Verhalten des Rings beim Thomson'schen Ringversuch bei Zunahme und Abnahme des magnetischen Flusses im Ring auf und erklären diese mithilfe des Induktionsgesetzes (E2, E9, S3, K4, K8),</p> <p>interpretieren die mit einem Oszilloskop bzw. Messwerterfassungssystem aufgenommenen Daten bei elektromagnetischen Induktions- und Schwingungsversuchen unter Rückbezug auf die experimentellen Parameter (E6, E7, K9),</p>	<p>„Leiterschaukelversuch“</p> <p>Versuche zur Induktionsspannung (SV)</p> <p>Thomson'scher Ringversuch</p> <p>Wirbelstrombremse</p> <p>Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit Oszilloskop und digitalem Messwerterfassungssystem</p>	<p>Einstieg in die Thematik über Alltagsphänomene (z.B. Induktionsschleifen, elektr. Zahnbürste, ...)</p> <p>Es wird der Leiterschaukelversuch diskutiert und anhand dessen der Begriff der Lorentzkraft wiederholt.</p> <p>Das Entstehen einer Induktionsspannung bei bewegtem Leiter im Magnetfeld wird mit Hilfe der Lorentzkraft erklärt, eine Beziehung zwischen Induktionsspannung, Leitergeschwindigkeit und Stärke des Magnetfeldes wird erarbeitet.</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell im Schülerversuch erschlossen.</p> <p>Es wird das Induktionsgesetz eingeführt, mit dessen Hilfe die Induktionsphänomene erklärt werden können. Dazu wird die Größe des anschaulich magnetischen Flusses eingeführt. (Diskutieren der beiden Fälle: Veränderung der durchsetzten Fläche und Veränderung des B-Feldes)</p> <p>Mit Hilfe des Thomson'schen Ringversuchs wird das Vorzeichen im Induktionsgesetz erklärt.</p> <p>Eine weitere Anwendung der Induktion wird anhand der Wirbelstrombremse diskutiert.</p>

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar
Energieübertragung: Generatoren und Transformatoren (8 U-Std.)	<p>untersuchen die gezielte Veränderung elektrischer Spannungen und Stromstärken durch Transformatoren mithilfe angeleiteter Experimente als Beispiel für die technische Anwendung der Induktion (S1, S4, E6, K8),</p> <p>erklären am physikalischen Modellexperiment zu Freileitungen technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie (S1, S3, K8),</p> <p>erklären das Entstehen von sinusförmigen Wechselspannungen in Generatoren mithilfe des Induktionsgesetzes (E6, E10, K3, K4),</p> <p>beurteilen ausgewählte Beispiele zur Energiebereitstellung und -umwandlung unter technischen und ökologischen Aspekten (B3, B6, K8, K10), (VB ÜB Z2)</p> <p>beurteilen das Potential der Energierückgewinnung auf der Basis von Induktionsphänomenen bei elektrischen Antriebssystemen (B7, K2).</p>	<p>Schülerexperiment Transformator</p> <p>Experiment Fernleitung</p> <p>Generatormodell</p> <p>Simulationsversuch zum Generator</p> <p>Applets zum Generatorprinzip</p>	<p>Es wird thematisiert, wie man Hochspannungen erhält. Es wird ein Schülerexperiment zum Transformator durchgeführt, sodass man die Formeln zum Transformator erhält.</p> <p>Erklärung der Funktionsweise eines Transformators mit Hilfe der elektromagnetischen Induktion.</p> <p>Es werden Rechenaufgaben zum Transformator bearbeitet.</p> <p>Thematisierung der Hochspannungstechnik mit Hilfe des Experiments zur Fernleitung. Diskussion der Fernübertragung von Energie im Kontext Kraftwerk.</p> <p>Am Beispiel des Fahrraddynamos wird der Generator eingeführt. Die Abhängigkeiten der „erzeugten“ Spannung von verschiedenen Größen wird in einem Simulationsexperiment erarbeitet.</p> <p>Erarbeitung der sinusförmigen Wechselspannung mit Hilfe des Generators.</p>
18 U-Std.	Summe		

Inhaltsfeld: *Elektrodynamik und Energieübertragung (GK)*

Kontext: *Anwendungsbereiche des Kondensators*

Leitfrage: *Wie kann man Energie in elektrischen Systemen speichern? Wie kann man elektrische Schwingungen erzeugen?*

Inhaltliche Schwerpunkte: Auf- und Entladung am Kondensator, Elektromagnetische Schwingung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

- (S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens,
- (S3) wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Theorien sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus,
- (S4) bauen einfache Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte,
- (S6) nutzen bekannte Auswerteverfahren für Messergebnisse,
- (S7) wenden unter Anleitung mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.

Erkenntnisgewinnung

- (E4) modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen,
- (E6) erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen.

Kommunikationskompetenz

- (K6) veranschaulichen Informationen und Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge,
- (K8) nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener Darstellungen,
- (K9) tauschen sich ausgehend vom eigenen Standpunkt mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus.

Bewertungskompetenz

- (B3) entwickeln anhand festgelegter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug,
- (B4) bilden sich reflektiert ein eigenes Urteil.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar
Elektrodynamik: Auf- und Entladevorgang am Kondensator (8 U-Std.)	beschreiben die Kapazität als Kenngröße eines Kondensators und bestimmen diese für den Spezialfall des Plattenkondensators in Abhängigkeit seiner geometrischen Daten (S1, S3), beurteilen den Einsatz des Kondensators als Energiespeicher in ausgewählten alltäglichen Situationen (B3, B4, K9), untersuchen den Auf- und Entladevorgang bei Kondensatoren unter Anleitung experimentell (S4, S6, K6), modellieren mathematisch den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren (E4, E6, S7), interpretieren den Flächeninhalt zwischen Graph und Abszissenachse im Q-U-Diagramm als Energiegehalt des Plattenkondensators (E6, K8).	Schülerversuche Kondensator im Gleichstromkreis Schülerversuch zur Auf- und Entladung eines Kondensators (W-LAN Cassy) (Alternativ: Demoversuch)	Es wird der Kondensator als Energiespeicher und die Größe der Kapazität als Kenngröße über das Fahrradrücklicht mit Standlicht eingeführt. Weitere Einsatzgebiete des Kondensators werden diskutiert. Anhand der Formel zur Kapazität wird die Abhängigkeit von der Fläche, dem Plattenabstand und der Dielektrizitätskonstante diskutiert. Es werden Rechenaufgaben zur Kapazität bearbeitet. Die Auf- und Entladung von Kondensatoren werden untersucht und der zeitliche Verlauf der Stromstärke bei Auf- und Entladevorgängen mit Hilfe der Cassy Module dargestellt. Dazu wird ein Schülerversuch durchgeführt.
Energieübertragung: elektromagnetische Schwingung (7 U-Std.)	erläutern qualitativ die bei einer elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (S1, S4, E4), beurteilen den Einsatz des Kondensators als Energiespeicher in ausgewählten alltäglichen Situationen (B3, B4, K9).	Gedämpfter Schwingkreis mit Cassy – Demoversuch + Schülerversuch W-LAN Cassy Ausbreitung em-Wellen (Hertzscher Dipol) - Demoexp.	Anhand des Demoversuchs zum gedämpften Schwingkreis werden die physikalischen Prozesse in der Spule und am Kondensator diskutiert. Dazu wird auch der Einfluss verschiedener Kombinationen von Spulen und Kondensatoren im Demoversuch präsentiert. Durch Anpassungen des elektromagnetischen Schwingkreises wird der Übergang zum Herz'schen Dipol thematisiert. Evtl. wird qualitativ erarbeitet, wie eine elektromagnetische Welle abgestrahlt wird.
15 U-Std.	Summe		

Inhaltsfeld: *Strahlung und Materie (GK)*

Kontext: *Mensch und Strahlung – Chancen und Risiken ionisierender Strahlung*

Leitfrage: *Wie wirkt ionisierende Strahlung auf den menschlichen Körper?*

Inhaltliche Schwerpunkte: Spektrum der elektromagnetischen Strahlung, ionisierende Strahlung, Geiger-Müller-Zählrohr, Biologische Wirkungen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

- (S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens,
- (S3) wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Theorien sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus,
- (S4) bauen einfache Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte,
- (S5) beschreiben bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus.

Erkenntnisgewinnung

- (E3) erläutern an ausgewählten Beispielen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen,
- (E5) konzipieren erste Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung unter Beachtung der Variablenkontrolle,
- (E6) erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen,
- (E8) untersuchen die Eignung physikalischer Modelle und Konzepte für die Lösung von Problemen.

Kommunikationskompetenz

- (K1) recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,
- (K3) entnehmen unter Anleitung und Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder,
- (K6) veranschaulichen Informationen und Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge,
- (K8) nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener Darstellungen,
- (K10) belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate.

Bewertungskompetenz

- (B2) analysieren Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich ihrer Relevanz.
- (B5) vollziehen Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen nach,
- (B6) beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung auch in Alltagssituationen.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar
Spektrum der elektromagnetischen Strahlung, ionisierende Strahlung (6 U-Std.)	unterscheiden α -, β -, γ - Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1), ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6), untersuchen experimentell anhand der Zählraten bei Absorptionsexperimenten unterschiedliche Arten ionisierender Strahlung (E3, E5, S4, S5),	Elektromagnetisches Spektrum Simulation: Abstands- und Absorptionsexperimente zu α-, β-, γ-Strahlung	Betrachtung des Aufbaus des elektromagnetischen Spektrums . Die verschiedenen Arten der Radioaktivität werden besprochen. Es werden Abstands- und Absorptionsexperimente mit Hilfe von Simulationen durchgeführt. Erarbeitung der Regeln zum Strahlenschutz . Insbesondere wird die Abschirmung von Gammastrahlung diskutiert.
Geiger-Müller-Zählrohr (3 U- Std.)	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät für ionisierende Strahlung (S4, S5, K8),	Filme zum Geiger-Müller-Zählrohr und evtl. Nebelkammer	Es wird der Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müllerzählrohrs erarbeitet. (Evtl. Vertiefung: Nebelkammer)
Biologische Wirkungen (3 U-Std.)	begründen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, K3), quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2). bewerten die Bedeutung hochenergetischer Strahlung hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung sowie ihres Nutzens bei medizinischer Diagnose und Therapie (B5, B6, K1, K10). (VB B Z3) .	Filme zur biologischen Wirkung der Radioaktivität	Anhand von ausgewählten Filmsequenzen wird die biologische Wirkung von Radioaktivität auf den menschlichen Körper demonstriert. Es wird die Schädigung von radioaktiven Nukliden im Körper festgehalten Einführung der dosimetrischen Begriffe: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis .
(12 U- Std.)	Summe		

Inhaltsfeld: *Strahlung und Materie (GK)*

Kontext: *Erforschung des Mikro- und Makrokosmos*

Leitfrage: Wie lassen sich aus Spektralanalysen Rückschlüsse auf die Struktur von Atomen ziehen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Linienspektrum, Energieniveauschema, Kern-Hülle-Modell, Röntgenstrahlung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

- (S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens,
- (S2) beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Konzepten und geben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten an,
- (S3) wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Theorien sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus.

Erkenntnisgewinnung

- (E3) erläutern an ausgewählten Beispielen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen,
- (E6) erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen,
- (E8) untersuchen die Eignung physikalischer Modelle und Konzepte für die Lösung von Problemen,
- (E9) beschreiben an ausgewählten Beispielen die Relevanz von Modellen, Konzepten, Hypothesen und Experimenten im Prozess der physikalischen Erkenntnisgewinnung,
- (E10) beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf zugrundeliegende Kontexte.

Kommunikationskompetenz

- (K1) recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,
- (K4) formulieren unter Verwendung der Fachsprache kausal korrekt,
- (K8) nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener Darstellungen.

Bewertungskompetenz

- (B8) identifizieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar
<p>Kern-Hülle-Modell, Energieniveauschema, Linienspektrum (15 U-Std.)</p>	<p>stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9).</p> <p>beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2),</p> <p>interpretieren die Messergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs (E6, E8, K8),</p> <p>interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8),</p> <p>interpretieren die Bedeutung von Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E6, E10),</p> <p>erklären die Energie emittierter und absorbierter Photonen am Beispiel von Linienspektren leuchtender Gase und Fraunhofer'scher Linien mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S1, S3, E6, K4),</p> <p>identifizieren vorhandene Stoffe in der Sonnen- und Erdatmosphäre anhand von Spektraltafeln des Sonnenspektrums (E3, E6, K1),</p>	<p>Film: Telekolleg „Klein aber Oho“ ggf. Schulbuch</p> <p>Simulation zum Rutherford'scher-Streuversuch (Phet Colorado)</p> <p>Franck-Hertz-Versuch mit Hg oder Neon</p> <p>Flammenfärbung Linienspektren mithilfe von Gasentladungslampen</p> <p>Darstellung des Sonnenspektrums mit seinen Fraunhoferlinien</p> <p>Spektraltafeln</p>	<p>Es wird die historische Entwicklung der Atommodelle anhand eines Films präsentiert (Diskussion der jeweiligen Grenzen). Dabei wird der Rutherford'sche Streuversuch vertieft thematisiert mit Hilfe einer Simulation.</p> <p>Es wird das Bohr'sche Atommodell diskutiert (ohne Mathematisierung).</p> <p>Als Bestätigung des Bohr'schen-Atommodells wird der Franck-Hertz Versuch qualitativ ausgewertet und die Ergebnisse interpretiert. (Diskussion der Franck-Hertz-Kurve).</p> <p>Es werden Rechenaufgaben zum Franck-Hertz-Versuch bearbeitet.</p> <p>Es wird das Orbitalmodell qualitativ diskutiert.</p> <p>Als Beispiel für eine Spektralanalyse wird das Experiment zur Flammenfärbung durchgeführt. Es werden die Spektren verschiedener Gasentladungslampen untersucht (Beispiele für diskrete Linienspektren)</p> <p>Erklärung der Entstehung der Fraunhofer-Linien anhand des Experiments zur Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht. (Beispiel für ein Absorptionsspektrum)</p> <p>Es werden Sternspektren untersucht (Sonne, Betelgeuze, Sirius,...).</p>

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar
Röntgenstrahlung (4 U-Std.)	erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4), erklären das charakteristische Röntgenspektrum mit den Energieniveaus der Atomhülle (E6),	Röntgenröhren Simulation	Einstieg über verschiedene Einsatzgebiete der Röntgenstrahlung (Zahnarzt, Diagnostik, Flughafen, ...) Der Aufbau einer Röntgenröhre wird mit Hilfe einer geeigneten Simulation diskutiert. Diskussion des Röntgenspektrums (Brems- und charakteristisches Spektrum) Es wird die Röntgenfluoreszenzanalyse thematisiert.
19 U-Std.	Summe		

Inhaltsfeld: *Strahlung und Materie (GK)*

Kontext: *Massendefekt und Kernumwandlungen*

Leitfrage: *Wie lassen sich energetische Bilanzen bei Umwandlungs- und Zerfallsprozessen quantifizieren? Wie entsteht ionisierende Strahlung?*

Inhaltliche Schwerpunkte: Nukleonen, Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen, Kernspaltung und -fusion

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler ...

Sachkompetenz

- (S1) erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens,
- (S2) beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Konzepten und geben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten an,
- (S5) beschreiben bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus,
- (S6) nutzen bekannte Auswerteverfahren für Messergebnisse.

Erkenntnisgewinnung

- (E5) konzipieren erste Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung unter Beachtung der Variablenkontrolle,
- (E8) untersuchen die Eignung physikalischer Modelle und Konzepte für die Lösung von Problemen.

Kommunikationskompetenz

- (K4) formulieren unter Verwendung der Fachsprache kausal korrekt,
- (K6) veranschaulichen Informationen und Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge,
- (K9) tauschen sich ausgehend vom eigenen Standpunkt mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus.

Bewertungskompetenz

- (B8) identifizieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen.

Inhalt (U-Std. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment /Medium	Kommentar
Nukleonen, Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen (10 U-Std.)	<p>erläutern den Begriff der Radioaktivität und zugehörige Kernumwandlungsprozesse auch mithilfe der Nuklidkarte (S1, S2),</p> <p>erläutern qualitativ den Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen, den Aufbau der Nukleonen aus Quarks sowie die Rolle der starken Wechselwirkung für die Stabilität des Kerns (S1, S2),</p> <p>wenden das zeitliche Zerfallsgesetz für den radioaktiven Zerfall an (S5, S6, K6),</p> <p>ermitteln im Falle eines einstufigen radioaktiven Zerfalls anhand der gemessenen Zählraten die Halbwertszeit (E5, E8, S6),</p> <p>erläutern qualitativ am β^--Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4),</p>	<p>Nuklidkarte</p> <p>Würfelexperiment</p>	<p>Diskussion der Kernumwandlungsprozesse bei den verschiedenen Arten der Radioaktivität.</p> <p>Es werden mit Hilfe der Nuklidkarte Zerfallsreihen diskutiert.</p> <p>Es wird der Aufbau des Kerns (Quarks) diskutiert. Dabei wird die starke Kernkraft als Ursache für das Zusammenhalten des Kerns identifiziert.</p> <p>Es wird die Zerfallskurve des radioaktiven Zerfalls anhand eines Würfelexperimentes erarbeitet. Der Begriff Halbwertszeit wird eingeführt. Zudem wird das Zerfallsgesetz mathematisiert und Halbwertszeiten berechnet.</p> <p>Mit Hilfe von Feynman-Diagrammen wird die Beta(Minus)-Strahlung genauer untersucht. Dabei wird das notwendige Austauschteilchen entdeckt.</p>
Kernspaltung und -fusion (6 U-Std.)	<p>Erklären anhand des Zusammenhangs $E = \Delta mc^2$ die Grundlagen der Energiefreisetzung bei Kernspaltung und -fusion über den Massendefekt (S1) (S1),</p> <p>vergleichen verschiedene Vorstellungen von der Materie mit den Konzepten der modernen Physik (B8, K9).</p>	<p>Film zum Kernkraftwerk und zur Kernspaltung</p>	<p>Einstieg in die Thematik mit Hilfe des Kernkraftwerks. Betrachtung des Aufbaus eines Kernkraftwerks.</p> <p>Diskussion der Kernspaltung zur „Energiegewinnung“.</p> <p>Berechnung der Energiefreisetzung bei der Kernspaltung mit Hilfe des Massedefekts.</p> <p>(evtl. Diskussion der Endlagerung von Atommüll)</p> <p>Betrachtung des Phänomens der Kernfusion am Beispiel der Sonne.</p>
16 U-Std.	Summe		

2.2 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Hinweis:

Um sowohl Transparenz bei Bewertungen als auch in der Vergleichbarkeit von Leistungen zu gewährleisten, sollen durch die Fachgruppe Vereinbarungen zu Bewertungskriterien und deren Gewichtung getroffen werden.

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Physik hat die Fachkonferenz im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Konzept die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen. Die nachfolgenden Absprachen stellen die Minimalanforderungen an das lerngruppenübergreifende gemeinsame Handeln der Fachgruppenmitglieder dar. Bezogen auf die einzelne Lerngruppe kommen ergänzend weitere der in den Folgeabschnitten genannten Instrumente der Leistungsüberprüfung zum Einsatz.

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 Sonstige Mitarbeit

Folgende Aspekte können bei der Leistungsbewertung der sonstigen Mitarbeit eine Rolle spielen (die Liste ist nicht abschließend):

- 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

Beurteilungsbereich Klausuren

Verbindliche Absprache:

Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Kursen werden im Vorfeld abgesprochen und nach Möglichkeit gemeinsam gestellt.

Für Aufgabenstellungen mit experimentellem Anteil gelten die Regelungen, die in Kapitel 3 des KLP formuliert sind.

Dauer und Anzahl richten sich nach den Angaben der APO-GOST.

Einführungsphase:

1 Klausur im ersten Halbjahr (90 Minuten), im zweiten Halbjahr werden 2 Klausuren (je 90 Minuten) geschrieben.

Qualifikationsphase 1:

2 Klausuren pro Halbjahr (je 90 bis 135 Minuten im GK), wobei in einem Fach die letzte Klausur im 2. Halbjahr durch 1 Facharbeit ersetzt werden kann bzw. muss.

Qualifikationsphase 2.1:

2 Klausuren (je 135 Minuten im GK)

Qualifikationsphase 2.2:

1 Klausur, die – was den formalen Rahmen angeht – unter Abiturbedingungen geschrieben wird.

In der Qualifikationsphase werden die Notenpunkte durch äquidistante Unterteilung der Notenbereiche (mit Ausnahme des Bereichs ungenügend) erreicht.

Die Leistungsbewertung in den **Klausuren** wird mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung mit Hilfe eines Kriterienrasters zu den Teilleistungen durchgeführt. Dieses Kriterienraster wird den korrigierten Klausuren beigelegt und den Schülerinnen und Schülern auf diese Weise transparent gemacht.

Die Zuordnung der Hilfspunkte zu den Notenstufen orientiert sich in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Die Note ausreichend soll bei Erreichen von ca. 45 % der Hilfspunkte erteilt werden. Von dem Zuordnungsschema kann abgewichen werden, wenn sich z.B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizonts abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung angemessen erscheint.

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.

2.3 Lehr- und Lernmittel

Für den Physikunterricht in der Sekundarstufe II ist an der Schule derzeit das Schulbuch „Dorn.Bader – Physik 2 Gesamtband SII“ eingeführt. Zudem besitzen die Schülerinnen und Schüler ein E-Bock, welches sie über die Bibox des Westermann-Verlags aufrufen können.

Die Schülerinnen und Schüler arbeiten die im Unterricht behandelten Inhalte in häuslicher Arbeit nach.

Zu ihrer Unterstützung erhalten sie dazu eine Link-Liste „guter“ Adressen, die auf der ersten Fachkonferenz im Schuljahr von der Fachkonferenz aktualisiert und zur Verfügung gestellt wird.

Unterstützende Materialien sind auch im *Lehrplannavigator* des NRW-Bildungsportals angegeben. Verweise darauf finden sich über Links in den HTML-Fassungen des Kernlehrplans und des Musters für einen Schulinternen Lehrplan. Den *Lehrplannavigator* findet man für das Fach Physik unter:

<http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/physik/>

3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen

Die Fachkonferenz Physik hat sich im Rahmen des Schulprogramms für folgende zentrale Schwerpunkte entschieden:

Zusammenarbeit mit anderen Fächern

Durch die unterschiedliche Belegung von Fächern können Schülerinnen und Schüler Aspekte aus anderen Kursen mit in den Physikunterricht einfließen lassen. Es wird Wert darauf gelegt, dass in bestimmten Fragestellungen die Expertise einzelner Schülerinnen und Schüler gesucht wird, die aus einem von ihnen belegten Fach genauere Kenntnisse mitbringen und den Unterricht dadurch bereichern.

Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit

Um eine einheitliche Grundlage für die Erstellung und Bewertung der Facharbeiten in der Jahrgangsstufe Q1 zu gewährleisten, findet im Vorfeld des Bearbeitungszeitraums ein fachübergreifender Projekttag statt, gefolgt von einem Besuch einer Universitätsbibliothek. Auf Moodle wurden schulinterne Richtlinien für Erstellung einer Facharbeit veröffentlicht, die die unterschiedlichen Arbeitsweisen in den wissenschaftlichen Fachbereichen berücksichtigen.

Exkursionen

In der gymnasialen Oberstufe können in Absprache mit der Stufenleitung unterrichtsbegleitende Exkursionen durchgeführt werden. Diese sollten dann im Unterricht vor- bzw. nachbereitet werden. Die Fachkonferenz hält folgende Exkursionen für sinnvoll:

Besuch eines Science Centers (z.B. deutsches Museum)

Besuch der Volkssternwarte

Besuch eines Industrieunternehmens

Besuch eines Schülerlabors

Besuch einer Physikveranstaltung der Universität am Tag der offenen Tür

Besuch des Teilchenbeschleunigers der Universität Bonn

4 Qualitätssicherung und Evaluation

Evaluation des schulinternen Curriculums

Das schulinterne Curriculum stellt keine starre Größe dar, sondern ist als „lebendes Dokument“ zu betrachten. Dementsprechend werden die Inhalte stetig überprüft, um ggf. Modifikationen vornehmen zu können. Die Fachkonferenz trägt durch diesen Prozess zur Qualitätsentwicklung und damit zur Qualitätssicherung des Faches Physik bei.

Die Evaluation erfolgt jährlich. Zu Schuljahresbeginn werden die Erfahrungen des vergangenen Schuljahres in der Fachschaft gesammelt, bewertet und eventuell notwendige Konsequenzen und Handlungsschwerpunkte formuliert.