

**Schulinterner Lehrplan
Gymnasium – Sekundarstufe II (G9)**

Städtisches Gymnasium **Straelen**

Fach Physik

Fachgruppe Physik, Stand 2023

Inhalt

1	Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit.....	2
2	Entscheidungen zum Unterricht	6
2.1	Unterrichtsvorhaben	7
2.2	Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit.....	28
2.3	Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung	29
2.4	Lehr- und Lernmittel	31
3	Entscheidungen zu fach- oder unterrichtsübergreifenden Fragen.....	32
4	Qualitätssicherung und Evaluation.....	33

1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

1.1 Leitbild des Städtischen Gymnasiums Straelen

Präambel

Wir verstehen uns als eine Schulgemeinschaft, die von Schüler*innen, Eltern, Lehrer*innen sowie allen Mitarbeiter*innen vertrauensvoll und in gegenseitiger Wertschätzung miteinander gestaltet wird. Wichtig sind uns dabei Offenheit, gegenseitige Toleranz und die Akzeptanz der individuellen Persönlichkeit sowie die Übernahme von konkreter Verantwortung für Gesellschaft und Umwelt.

Leitsatz 1

Wir schaffen für alle Mitglieder der Schulgemeinschaft eine motivierende Lern- und Arbeitsatmosphäre.

Deshalb verwirklichen wir in unserem Schulalltag ein Zusammenleben nach klaren Regeln eines respektvollen Miteinanders, geprägt von Freundlichkeit und Hilfsbereitschaft, fördern wir die Fähigkeiten, Konflikte im Rahmen einer dialogischen Streitkultur zu bewältigen und gestalten das Schulleben sowie -gebäude attraktiv, damit wir uns gerne dort aufhalten.

Leitsatz 2

Wir beraten und fördern unsere Schüler*innen ihrer Persönlichkeit entsprechend.

Wir initiieren die Förderung und Entwicklung von Leistungen, ein ganzheitliches Lernen und geben vielfältige Hilfestellungen zur individuellen Bildungsplanung. Hierzu nutzen wir unsere auf die verschiedenen Jahrgangsstufen ausgerichteten Beratungs- und Förderkonzepte.

Leitsatz 3

Wir vermitteln unseren Schüler*innen fachliche, methodische, digitale und soziale Kompetenzen. Diese ermöglichen es ihnen eine qualifizierte Ausbildung oder ein Hochschulstudium zu absolvieren und sich in der sich stetig wandelnden Welt zurechtzufinden.

Wir arbeiten fächerübergreifend mit vielfältigen Methoden unter Verwendung analoger und digitaler Medien, um problemlösendes und vernetztes Denken sowie Medienkompetenz zu fördern. Dabei unterstützen uns auch verschiedene Institutionen und Partner an außerschulischen Lernorten.

Leitsatz 4

Wir gestalten interkulturelle Bildung und eröffnen unseren Schüler*innen somit die Möglichkeit zur Vorbereitung auf ein Leben in der globalisierten Welt.

Wir pflegen die internationale, europäische, insbesondere euregionale Zusammenarbeit mit Partnerschulen in Form von Austauschprogrammen sowie internationale Projekte.

Leitsatz 5

Wir leben und arbeiten orientiert am Konzept der Nachhaltigkeit.

Wir streben eine allumfassende und fächerübergreifende Bildung im Sinne einer nachhaltigen und zukunftsgerichteten Entwicklung an. Dabei finden ökologische, ökonomische und soziale Aspekte sowie deren Verknüpfung eine besondere Berücksichtigung.

1.2 Rahmenbedingungen des schulischen Umfeldes

Das Städtische Gymnasium Straelen wurde 1992 gegründet und nahm 1993 den ersten Jahrgang 5 auf. Unsere Schule liegt im ländlichen Raum, nahe der niederländischen Grenze und ist Teil des „Schulcampus Straelen“, der neben unserem Gymnasium außerdem die Katharinen-Grundschule sowie die Sekundarschule beherbergt und damit alle möglichen Schullaufbahnen ermöglicht. Etliche unserer ca. 650 Schülerinnen und Schüler wohnen in der näheren oder sogar unmittelbaren Umgebung.

Das vorbildliche, moderne und gepflegte Schulgebäude ist großzügig und einladend, es verfügt über ausgezeichnet ausgestattete Räume in allen Fachbereichen. Das Schulgebäude wird geprägt von seiner zeitlosen Architektur und bietet durch seine großen Fensterfronten helle, freundliche und gut zu lüftende Klassenräume. Alle Unterrichtsräume verfügen dank unseres engagierten Schulträgers über moderne und zeitgemäße (Unterrichts-)Technik. Darüber hinaus bietet das Gymnasium ein äußerst ansprechendes Forum (Aula) mit idealer Technikausstattung für Veranstaltungen verschiedenster Art, aber auch eine vorbildlich mit digitalen und analogen Medien sowie ansprechendem Mobiliar ausgestattete Bibliothek und unterschiedlichen Bedarfen gerecht werdende Räumlichkeiten für die Pädagogische Übermittagsbetreuung (PÜB).

Die Stadt Straelen als Schulträger sorgt für eine ausgezeichnete Infrastruktur: Gebäudeausstattung und personelle Ausstattung sind weit überdurchschnittlich gut; es existiert ein Glasfaseranschluss inklusive WLAN, welches den Schülerinnen und Schülern gemäß unserer WLAN-Nutzungsordnung zur Verfügung steht. Seit dem Schuljahr 2022/23 stattet der Schulträger zudem alle Schüler*innen ab Jahrgang 7 mit zentral administrierten iPads inklusive Stift und Tastatur sowie einem Microsoft 365-Zugang aus.

Unsere Schule ist Kooperationspartner der benachbarten Sekundarschule; die Zusammenarbeit soll Schülerinnen und Schülern der Sekundarschule einen sanften Übergang in die Oberstufe unserer Schule ermöglichen.

Zum schulischen Umfeld zählen Veranstaltungsorte, Exkursionsziele im Kreis Kleve, den angrenzenden Niederlanden mit dem Mittelzentrum Venlo und den benachbarten Kreisen, im Ruhrgebiet und in den Großstädten Düsseldorf, Moers, diese sind für unsere Schülerinnen mit öffentlichen Verkehrsmitteln oft nicht gut zu erreichen. Dem begegnet die Schule durch ein dichtes Fahrten-, Exkursionsprogramm, durch Thementage; die Finanzierung der Kosten für Bus und Bahn werden durch den Schulträger und den Förderverein der Schule unterstützt.

Die Stadt Straelen mit rd. 16.500 Einwohnern liegt zentral im Herzen der Euregio, einem der größten zusammenhängenden gartenbaulichen Produktionsgebiet Europas. Die überdurchschnittlich hohe Arbeitsplatzdichte resultiert aus einem breiten mittelständischen Unternehmensangebot im Einzelhandel, Gewerbe, Handwerk und Dienstleistung. Daher findet sich ein überdurchschnittlich gutes Angebot an Praktikumsstellen – auch für angehende Abiturienten - bereits in der Stadt.

1.3 Funktionen und Aufgaben der Fachgruppe vor dem Hintergrund des Schulprogramms

In Übereinstimmung mit dem Schulprogramm setzt sich die Fachgruppe Physik das Ziel, Schülerinnen und Schüler zu unterstützen, selbstständige, eigenverantwortliche, selbstbewusste, sozial- und medienkompetente sowie gesellschaftlich engagierte Persönlichkeiten zu werden. In der Sekundarstufe I sollen die Schülerinnen und Schüler darüber hinaus auf die zukünftigen Herausforderungen im Unterricht der Sekundarstufe II und auf die Anforderungen einer Berufsausbildung vorbereitet werden.

Auf dem Weg zu einer eigenverantwortlichen und selbstständigen Lebensgestaltung und Lebensplanung sind die Entwicklung und Ausbildung notwendiger Schlüsselqualifikationen unverzichtbar. Dabei spielen die neben den fachlichen und inhaltlichen Kompetenzen in den Bereichen Mechanik, Elektrizitätslehre sowie Atom- und Kernphysik auch die des Medienkompetenzrahmens (kurz MKR) eine besondere Rolle; hierbei sollen die Schülerinnen und Schüler lernen, ihre physikalisch-fachlichen Kompetenzen in Bereichen „Bedienen und Anwenden“, „Informieren und Recherchieren“, „Kommunizieren und Kooperieren“, „Produzieren und Präsentieren“, „Analysieren und Reflektieren“ und „Problemlösen und Modellieren“ auszubauen und anzuwenden, um diese später auch auf andere Lebensbereiche übertragen zu können.

Gefördert werden diese Kompetenzen u.a. auch durch fächerübergreifend angelegte Unterrichtsvorhaben wie z.B bei der Behandlung der Auswirkung der ionisierenden Strahlung auf den menschlichen Körper sowie das Präventionskonzept der Schule.

Die Teilnahme an den oben beschriebenen kinder- und jugendkulturellen Angeboten der Stadt wird durch entsprechende Unterrichtsvorhaben initiiert und soll die Schülerinnen und Schüler zur aktiven Teilhabe am kulturellen Leben ermutigen.

1.4 Beitrag der Fachgruppe zur Erreichung der Erziehungsziele der Schule

Die Fachgruppe Physik leistet in vielen Themenbereichen einen wichtigen Beitrag zur gesellschaftlichen Erziehung der Schülerinnen und Schüler. Das betrifft sowohl die persönliche Gesundheitsvorsorge als auch gesellschaftlich relevante Aspekte. Zu nennen sind hier nahezu alle Themenbereiche der Oberstufe.

2 Entscheidungen zum Unterricht

2.1 Unterrichtsvorhaben

In der nachfolgenden Übersicht über die *Unterrichtsvorhaben* wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Die Übersicht dient dazu, für die einzelnen Jahrgangsstufen allen am Bildungsprozess Beteiligten einen schnellen Überblick über Themen bzw. Fragestellungen der Unterrichtsvorhaben unter Angabe besonderer Schwerpunkte in den Inhalten und in der Kompetenzentwicklung zu verschaffen. Dadurch soll verdeutlicht werden, welches Wissen und welche Fähigkeiten in den jeweiligen Unterrichtsvorhaben besonders gut zu erlernen sind und welche Aspekte deshalb im Unterricht hervorgehoben thematisiert werden sollten. Unter den Hinweisen des Übersichtsrasters werden u.a. Möglichkeiten im Hinblick auf inhaltliche Fokussierungen und interne Verknüpfungen ausgewiesen.

Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann. Der Schulinterne Lehrplan ist so gestaltet, dass er zusätzlichen Spielraum für Vertiefungen, besondere Interessen von Schülerinnen und Schülern, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Praktika, Klassenfahrten o.Ä.) belässt. Abweichungen über die notwendigen Absprachen hinaus sind im Rahmen des pädagogischen Gestaltungsspielraumes der Lehrkräfte möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden. Übersicht über die Unterrichtsvorhaben

Jahrgangsstufe EF

Unterrichtsvorhaben I: Physik in Sport und Verkehr I

Wie lassen sich Bewegungen beschreiben, vermessen und analysieren?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),
- unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S7),
- stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),
- planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen (E5, S5),
- interpretieren die Messdatenauswertung von Bewegungen unter qualitativer Berücksichtigung von Messunsicherheiten (E7, S6, K9),
- ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),
- bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7, MKR 1.2)
- beurteilen die Güte digitaler Messungen von Bewegungsvorgängen mithilfe geeigneter Kriterien (B4, B5, E7, K7, MKR 1.2, 2.3).

Inhaltsfelder:

Grundlagen der Mechanik

Inhaltliche Schwerpunkte:

Kinematik: gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung; freier Fall; waagerechter Wurf; vektorielle Größen

Zeitbedarf:

Ca. 25 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben II: Physik in Sport und Verkehr II

Wie lassen sich Ursachen von Bewegungen erklären?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),
- analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7),
- stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),
- erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),
- erläutern qualitativ die Auswirkungen von Reibungskräften bei realen Bewegungen (S1, S2, K4).
- untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),
- begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4).

Inhaltsfelder:

Grundlagen der Mechanik

Inhaltliche Schwerpunkte:

Dynamik: Newton'sche Gesetze; beschleunigende Kräfte; Kräftegleichgewicht; Reibungskräfte

Zeitbedarf:

15 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben III: Superhelden und Crashtests - Erhaltungssätze in verschiedenen Situationen

Wie lassen sich mit Erhaltungssätzen Bewegungsvorgänge vorhersagen und analysieren?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),
- beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Impuls- und Energieübertragung (S1, S2, K3),
- analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7),
- erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),
- untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),
- begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),
- bewerten Ansätze aktueller und zukünftiger Mobilitätsentwicklung unter den Aspekten Sicherheit und mechanischer Energiebilanz (B6, K1, K5, VB D Z 3),
- bewerten die Darstellung bekannter vorrangig mechanischer Phänomene in verschiedenen Medien bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (B1, B2, K2, K8, MKR 2.2, 2.3).

Inhaltsfelder:

Grundlagen der Mechanik

Inhaltliche Schwerpunkte:

Erhaltungssätze: Impuls; Energie (Lage-, Bewegungs- und Spannenergie); Energiebilanzen; Stoßvorgänge

Zeitbedarf: ca. 12 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben IV: Bewegungen im Weltraum

Wie bewegen sich Planeten im Sonnensystem,?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- 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),
- beschreiben quantitativ die bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripetalkraft in Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung (S1, K3),
- erläutern die Abhängigkeiten der Massenanziehungskraft zweier Körper anhand des Newton'schen Gravitationsgesetzes im Rahmen des Feldkonzepts (S2, S3, K4),
- erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4),
- interpretieren Messergebnisse aus Experimenten zur quantitativen Untersuchung der Zentripetalkraft (E4, E6, S6, K9),

- deuten eine vereinfachte Darstellung des Cavendish-Experiments qualitativ als direkten Nachweis der allgemeinen Massenanziehung (E3, E6), ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Newton'schen Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E4, E8).

Inhaltsfelder:

Kreisbewegungen, Gravitation und physikalische Weltbilder

Inhaltliche Schwerpunkte:

Kreisbewegung: gleichförmige Kreisbewegung, Zentripetalkraft

Gravitation: Schwerkraft, Newton'sches Gravitationsgesetz, Kepler'sche Gesetze, Gravitationsfeld

Wandel physikalischer Weltbilder: geo- und heliozentrische Weltbilder

Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben V: Weltbilder in der Physik

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- 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),
- erläutern die Bedeutung der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (S2, S3, K4),
- erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (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).
- 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).

Inhaltsfelder:

Kreisbewegungen, Gravitation und physikalische Weltbilder

Inhaltliche Schwerpunkte:

Wandel physikalischer Weltbilder: geo- und heliozentrische Weltbilder; Grundprinzipien der speziellen

Zeitbedarf: ca. 8 Unterrichtsstunden

Summe Jahrgangsstufe EF: 80 Stunden

Qualifikationsphase - Grundkurs

Unterrichtsvorhaben I: Erforschung des Elektrons

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

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),
- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6),
- erläutern am Beispiel des Plattenkondensators den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld (S3)
- berechnen Geschwindigkeitsänderungen von Ladungsträgern nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (S1, S3, K3),
- 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),
- entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6),
- modellieren mathematisch die Beobachtungen am *Fadenstrahlrohr* und ermitteln aus den Messergebnissen die Elektronenmasse (E4, E9, K7),
- erläutern Experimente zur Variation elektrischer Einflussgrößen und deren Auswirkungen auf die Bahnformen von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern (E2, K4),
- schließen aus der statistischen Auswertung einer vereinfachten Version des *Millikan-Versuchs* auf die Existenz einer kleinsten Ladung (E3, E11, K8),
- wenden eine Messmethode zur Bestimmung der magnetischen Flussdichte an (E3, K6),
- erschließen sich die Funktionsweise des *Zyklotrons* auch mithilfe von Simulationen (E1, E10, S1, K1),
- beurteilen die Schutzwirkung des Erdmagnetfeldes gegen den Strom geladener Teilchen aus dem Weltall.

Inhaltsfelder:

Geladene Teilchen in Feldern

Inhaltliche Schwerpunkte:

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

Zeitbedarf: ca. 25 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben II: Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren

Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern das Auftreten von Induktionsspannungen am Beispiel der *Leiterschaukel* durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (S3, S4, K4),
- führen Induktionserscheinungen bei einer Leiterschleife auf die zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte oder die zeitliche Änderung der durchsetzten Fläche zurück (S1, S2, K4),
- beschreiben das Induktionsgesetz mit der mittleren Änderungsrate und in differentieller Form des magnetischen Flusses (S7),
- 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),
- erklären am physikalischen *Modellexperiment zu Freileitungen* technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie (S1, S3, K8),
- interpretieren die mit einem *Oszilloskop* bzw. *Messwerterfassungssystem* aufgenommenen Daten bei elektromagnetischen Induktions- und Schwingungsversuchen unter Rückbezug auf die experimentellen Parameter (E6, E7, K9),
- modellieren mathematisch das Entstehen von Induktionsspannungen für die beiden Spezialfälle einer zeitlich konstanten Fläche und einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte (E4, E6, K7),
- erklären das Entstehen von sinusförmigen Wechselspannungen in *Generatoren* mithilfe des Induktionsgesetzes (E6, E10, K3, K4),
- 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),
- beurteilen ausgewählte Beispiele zur Energiebereitstellung und -umwandlung unter technischen und ökologischen Aspekten (B3, B6, K8, K10, VB ÜB Z2),
- beurteilen das Potential der Energierückgewinnung auf der Basis von Induktionsphänomenen bei elektrischen Antriebssystemen (B7, K2).

Inhaltsfelder:

Elektrodynamik und Energieübertragung

Inhaltliche Schwerpunkte:

Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz; Wechselspannung; Auf- und Entladevorgang am Kondensator
Energieübertragung: Generator, Transformator

Zeitbedarf: ca 18 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben III: Anwendungsbereiche des Kondensators

Wie kann man Energie in elektrischen Systemen speichern und wie kann man elektrische Schwingungen erzeugen?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- beschreiben die Kapazität als Kenngröße eines Kondensators und bestimmen diese für den Spezialfall des Plattenkondensators in Abhängigkeit seiner geometrischen Daten (S1, S3),
- erläutern qualitativ die bei einer elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (S1, S4, E4),
- 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),
- beurteilen den Einsatz des Kondensators als Energiespeicher in ausgewählten alltäglichen Situationen (B3, B4, K9).

Inhaltsfelder:

Elektrodynamik und Energieübertragung

Inhaltliche Schwerpunkte:

Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz; Wechselspannung; Auf- und Entladevorgang am Kondensator
Energieübertragung: Generator, Transformator; elektromagnetische Schwingung

Zeitbedarf: 15 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben IV: Periodische Vorgänge in alltäglichen Situationen

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

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3),
- erläutern am Beispiel des Federpendels Energieumwandlungen harmonischer Schwingungen (S1, S2, K4),
- erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),
- erläutern die lineare Polarisierung als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),
- konzipieren Experimente zur Abhängigkeit der Periodendauer von Einflussgrößen beim Federpendel und werten diese unter Anwendung digitaler Werkzeuge aus (E6, S4, MKR 1.2),
- beurteilen Maßnahmen zur Störgeräuschreduzierung hinsichtlich deren Eignung (B7, K1, K5, VB B Z1).

Inhaltsfelder:

Klassische Wellen und geladenen Teilchen in Feldern

Inhaltliche Schwerpunkte:

Klassische Wellen: Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition und Polarisation von Wellen

Zeitbedarf: ca 10 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben V: Beugung und Interferenz von Wellen – ein neues Lichtmodell

Wie kann man Ausbreitungsphänomene von Licht beschreiben und erklären?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- 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),
- erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),
- 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).

Inhaltsfelder:

Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern

Inhaltliche Schwerpunkte:

Klassische Wellen:
Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition und Polarisation von Wellen

Zeitbedarf: ca 18 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben VI: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte

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

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern anhand eines *Experiments zum Photoeffekt* den Quantencharakter von Licht (S1, E9, K3),
- stellen die Lichtquanten- und 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),

- 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),
- leiten anhand eines *Experiments zum Photoeffekt* den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen ab (E6, S6),
- untersuchen mithilfe von Simulationen das Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt (E4, E8, K6, K7), (MKR 1.2)
- 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),
- stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9),
- beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der physikalischen Erkenntnisfähigkeit (B8, E11, K8).

Inhaltsfelder:

Quantenobjekte

Inhaltliche Schwerpunkte:

Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt

Wellenaspekt von Elektronen: De-Broglie-Wellenlänge, Interferenz von Elektronen am Doppelspalt

Photon und Elektron als Quantenobjekte: Wellen- und Teilchenmodell, Kopenhagener Deutung

Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben VII: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos

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

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- 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),
- beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2),
- interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8),
- erklären die Entstehung von *Bremsstrahlung* und *charakteristischer Röntgenstrahlung* (S3, E6, K4),
- interpretieren die Bedeutung von *Flammenfärbung* und *Linienspektren* bzw. *Spektralanalyse* für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E6, E10),
- interpretieren die Messergebnisse des *Franck-Hertz-Versuchs* (E6, E8, K8),

- erklären das *charakteristische Röntgenspektrum* mit den Energieniveaus der Atomhülle (E6),
- identifizieren vorhandene Stoffe in der Sonnen- und Erdatmosphäre anhand von Spektraltafeln des *Sonnenspektrums* (E3, E6, K1),
- stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9).

Inhaltsfelder:

Strahlung und Materie

Inhaltliche Schwerpunkte:

Kernphysik: Nukleonen; Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen, Kernspaltung und -fusion

Zeitbedarf: ca. 19 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben VIII: Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ionisierender Strahlung

Wie wirkt ionisierende Strahlung auf den menschlichen Körper?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- erklären die Entstehung von *Bremsstrahlung* und *charakteristischer Röntgenstrahlung* (S3, E6, K4),
- unterscheiden α -, β -, γ - Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),
- ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6),
- erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des *Geiger-Müller-Zählrohrs* als Nachweisgerät für ionisierende Strahlung (S4, S5, K8),
- untersuchen experimentell anhand der Zählraten bei *Absorptionsexperimenten* unterschiedliche Arten ionisierender Strahlung (E3, E5, S4, S5),
- 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).

Inhaltsfelder:

Strahlung und Materie

Inhaltliche Schwerpunkte:

Strahlung: Spektrum der elektromagnetischen Strahlung; ionisierende Strahlung, Geiger-Müller-Zählrohr, biologische Wirkungen

Zeitbedarf: ca. 12 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben VI: Massendefekt und Kernumwandlungen

Wie lassen sich energetische Bilanzen bei Umwandlungs- und Zerfallsprozessen quantifizieren?

Wie entsteht ionisierende Strahlung?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern den Begriff der Radioaktivität und zugehörige Kernumwandlungsprozesse auch mithilfe der Nuklidkarte (S1, S2),
- wenden das zeitliche Zerfallsgesetz für den radioaktiven Zerfall an (S5, S6, K6),
- 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),
- erläutern qualitativ am β^- -Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4),
- erklären anhand des Zusammenhangs $E = \Delta m c^2$ die Grundlagen der Energiefreisetzung bei Kernspaltung und -fusion über den Massendefekt (S1) (S1),
- ermitteln im Falle eines einstufigen radioaktiven Zerfalls anhand der gemessenen Zählraten die Halbwertszeit (E5, E8, S6),
- vergleichen verschiedene Vorstellungen von der Materie mit den Konzepten der modernen Physik (B8, K9).

Inhaltsfelder:

Strahlung und Materie

Inhaltliche Schwerpunkte:

Kernphysik: Nukleonen; Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen, Kernspaltung und -fusion

Zeitbedarf: ca 15 Unterrichtsstunden

Summe Qualifikationsphase - Grundkurs: 150 Stunden

Qualifikationsphase - Leistungskurs

Unterrichtsvorhaben I: Untersuchung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern

Wie lassen sich Kräfte auf bewegte Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern beschreiben?

Wie können Ladung und Masse eines Elektrons bestimmt werden?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- erklären grundlegende elektrostatische Phänomene mithilfe der Eigenschaften elektrischer Ladungen (S1),
- stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),
- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6),
- erläutern anhand einer einfachen Version des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (S3, S5, E7, K9)
- erläutern die Bestimmung der Elektronenmasse am Beispiel des Fadenstrahlrohrs mithilfe der Lorentzkraft sowie die Erzeugung und Beschleunigung freier Elektronen (S4, S5, S6, E6, K5)
- bestimmen mithilfe des Coulomb'schen Gesetzes Kräfte von punktförmigen Ladungen aufeinander sowie resultierende Beträge und Richtungen von Feldstärken (E8, E10, S1, S3),
- entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6, K5),
- modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Quersfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7),
- erläutern die Untersuchung magnetischer Flussdichten mithilfe des Hall-Effekts (E4, E7, S1, S5)
- konzipieren Experimente zur Bestimmung der Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule von ihren Einflussgrößen (E2, E5).

Inhaltsfelder:

Ladungen, Felder, Induktion

Inhaltliche Schwerpunkte:

Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektrische Felder, elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte

Bewegungen in Feldern: geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Quersfeldern; Lorentzkraft; geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern

Zeitbedarf: ca. 40 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben II: Massenspektrometer und Zyklotron als Anwendung in der physikalischen Forschung

Welche weiterführende Anwendungen von bewegten Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern gibt es in Forschung und Technik?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Quersfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7),
- stellen Hypothesen zum Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron auf (E2, E4, S1, K4),
- bewerten Teilchenbeschleuniger in Großforschungseinrichtungen im Hinblick auf ihre Realisierbarkeit und ihren gesellschaftlichen Nutzen hin (B3, B4, K1, K7).

Inhaltsfelder:

Ladungen, Felder und Induktion

Inhaltliche Schwerpunkte:

Bewegungen in Feldern: geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Quersfeldern; Lorentzkraft; geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern

Zeitbedarf: ca. 10 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben III: Die elektromagnetische Induktion als Grundlage für die Kopplung elektrischer und magnetischer Felder und als Element von Energieumwandlungsketten

Wie kann elektrische Energie gewonnen und im Alltag bereits gestellt werden?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- nutzen das Induktionsgesetz auch in differentieller Form unter Verwendung des magnetischen Flusses (S2, S3, S7),
- erklären Verzögerungen bei Einschaltvorgängen sowie das Auftreten von Spannungsschüben bei Ausschaltvorgängen mit der Kenngröße Induktivität einer Spule anhand der Selbstinduktion (S1, S7, E6),
- führen die Funktionsweise eines Generators auf das Induktionsgesetz zurück (E10, K4),
- begründen qualitative Versuche zur Lenz'schen Regel sowohl mit dem Wechselwirkungs- als auch mit dem Energiekonzept (E2, E9, K3).
- identifizieren und beurteilen Anwendungsbeispiele für die elektromagnetische Induktion im Alltag (B6, K8, VB D Z3).

Inhaltsfelder:

Ladungen, Felder und Induktion

Inhaltliche Schwerpunkte:

Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; Selbstinduktion, Induktivität

Zeitbedarf: ca. 26 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben IV: Zeitliche und energetische Betrachtungen bei Kondensator und Spule

Wie speichern elektrische und magnetische Felder Energie und wie geben sie diese wieder ab?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- beschreiben qualitativ und quantitativ die Zusammenhänge von Ladung, Spannung und Stromstärke unter Berücksichtigung der Parameter Kapazität und Widerstand bei Lade- und Entladevorgängen am Kondensator auch mithilfe von Differentialgleichungen und deren vorgegebenen Lösungsansätzen (S3, S6, S7, E4, K7),
- geben die in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern gespeicherte Energie in Abhängigkeit der elektrischen Größen und der Kenngrößen der Bauelemente an (S1, S3, E2)
- prüfen Hypothesen zur Veränderung der Kapazität eines Kondensators durch ein Dielektrikum (E2, E3, S1),
- ermitteln anhand von Messkurven zu Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren sowie zu Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen zugehörige Kenngrößen (E4, E6, S6).

Inhaltsfelder:

Ladungen, Felder und Induktion

Inhaltliche Schwerpunkte:

Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektrische Felder, elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte

Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; Selbstinduktion, Induktivität

Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben V: Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und deren Eigenschaften

Welche Analogien gibt es zwischen mechanischen und elektromagnetischen schwingenden Systemen?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4),
- vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Aspekten und hinsichtlich der jeweiligen Kenngrößen (S1, S3),
- erläutern qualitativ die physikalischen Prozesse bei ungedämpften, gedämpften und erzwungenen mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen (S1, E1),
- leiten für das Federpendel und unter Berücksichtigung der Kleinwinkelnäherung für das Fadenpendel aus dem linearen Kraftgesetz die zugehörigen Differentialgleichungen her (S3, S7, E2),
- ermitteln mithilfe der Differentialgleichungen und der Lösungsansätze für das ungedämpfte Fadenpendel, die ungedämpfte Federschwingung und den ungedämpften Schwingkreis die Periodendauer sowie die Thomson'sche Gleichung (S3, S7, E8),
- beschreiben den Hertz'schen Dipol als (offenen) Schwingkreis (S1, S2, K8),
- untersuchen experimentell die Abhängigkeit der Periodendauer und Amplitudenabnahme von Einflussgrößen bei mechanischen und elektromagnetischen harmonischen Schwingungen unter Anwendung digitaler Werkzeuge (E4, S4, MKR 1.2),
- untersuchen experimentell am Beispiel des Federpendels das Phänomen der Resonanz auch unter Rückbezug auf Alltagssituationen (E5, E6, K1),
- beurteilen Maßnahmen zur Vermeidung von Resonanzkatastrophen (B5, B6, K2),
- unterscheiden am Beispiel von Schwingungen deduktives und induktives Vorgehen als Grundmethoden der Erkenntnisgewinnung (B8, K4).

Inhaltsfelder:

Schwingende Systeme und Wellen

Inhaltliche Schwerpunkte:

Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Polarisation und Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer
Schwingende Systeme: Federpendel, Fadenpendel, Resonanz; Schwingkreis, Hertz'scher Dipol

Zeitbedarf: ca. 40 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben VI: Wellen und Interferenzphänomene

Warum kam es im 17. Jh. zu einem Streit über das Licht/die Natur des Lichts?
Ist für die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen ein Trägermedium notwendig?
(Gibt es den „Äther“?)

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4),
- 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),
- beschreiben mathematisch die räumliche und zeitliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle (S1, S2, S3, S7),
- erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),
- erläutern die lineare Polarisierung als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),
- stellen für Einzel-, Doppelspalt und Gitter die Bedingungen für konstruktive und destruktive Interferenz und deren quantitative Bestätigung im Experiment für mono- und polychromatisches Licht dar (S1, S3, S6, E6),
- erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (S1, K4),
- weisen anhand des Interferenzmusters bei Spalt- und Gitterversuchen die Welleneigenschaften des Lichts nach und bestimmen daraus die Wellenlänge des Lichts (E5, E6, E7, S6),
- erläutern Aufbau und Funktionsweise des Michelson-Interferometers (E2, E3, S3, K3).
- beurteilen die Bedeutung von Schwingkreisen für die Umsetzung des Sender-Empfänger-Prinzips an alltäglichen Beispielen (B1, B4, K1, VB B Z 1).

Inhaltsfelder:

Schwingende System und Wellen

Inhaltliche Schwerpunkte:

Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen;
Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Polarisierung und
Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer

Zeitbedarf: ca 16 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben VII: Quantenphysik als Weiterentwicklung des physikalischen Weltbildes

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

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- erklären den Photoeffekt mit der Einstein'schen Lichtquantenhypothese (S1, S2, E3).
- beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise der Röntgenröhre (S1),
- stellen anhand geeigneter Phänomene dar, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter aufweisen kann (S2, S3, E6, K8)

- erklären bei Quantenobjekten anhand des Delayed-Choice-Experiments unter Verwendung der Koinzidenzmethode das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (S1, S5, E3, K3),
- erklären am Beispiel von Elektronen die De-Broglie-Hypothese (S1, S3),
- berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3),
- deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte von Elektronen (S3),
- erläutern die Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation in der Version der Unmöglichkeit-Formulierung (S2, S3, E7, E11, K4).
- interpretieren die experimentellen Befunde zum Photoeffekt hinsichtlich des Widerspruchs zur klassischen Physik (E3, E8, S2, K3),
- bestimmen aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E6, S6),
- interpretieren das Auftreten der kurzwelligen Grenze des Bremsstrahlungsspektrums (E6, S1),
- erklären experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E3, E6),
- modellieren qualitativ das stochastische Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt bei gleichzeitiger Determiniertheit der Zufallsverteilung mithilfe der Eigenschaften der Wellenfunktion (E4, E6, K4).
- beurteilen die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8),
- stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9),
- beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der exakten Vorhersagbarkeit von physikalischen Phänomenen (B8, K8, E11).

Inhaltsfelder:

Quantenphysik

Inhaltliche Schwerpunkte:

Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt, Bremsstrahlung
 Photonen und Elektronen als Quantenobjekte: Doppelspaltexperiment, Bragg-Reflexion, Elektronenbeugung; Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Delayed-Choice-Experiment; Kopenhagener Deutung

Zeitbedarf: ca. 30 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben VIII: Struktur der Materie

Wie hat sich unsere Vorstellung vom Aufbau der Materie historisch bis heute entwickelt?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- geben wesentliche Beiträge in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis zum ersten Kern-Hülle-Modell (Dalton, Thomson, Rutherford) wieder (S2, K3),
- erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S3, E6, K4),
- erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4),
- beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Atome mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2),
- erläutern das Modell des eindimensionalen Potentialtopfs und seine Grenzen (S2, K4),

- beschreiben anhand des Modells des eindimensionalen Potentialtopfs die Verallgemeinerung eines quantenmechanischen Atommodells hin zu einem Ausblick auf Mehrelektronensysteme unter Verwendung des Pauli-Prinzips (S2, S3, E10),
- interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8),
- 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, K3),
- interpretieren Linienspektren bei Emission und Absorption sowie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mithilfe des Energieniveauschemas (E2, E10, S6),
- stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9).

Inhaltsfelder:

Atom- und Kernphysik

Inhaltliche Schwerpunkte:

Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung
Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung

Zeitbedarf: ca. 26 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben IX: Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ionisierender Strahlung

Welche Auswirkungen haben ionisierende Strahlung auf den Menschen und wie kann man sich davor schützen? Wie nutzt man die ionisierende Strahlung in der Medizin?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4),
- ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6),
- unterscheiden α -, β -, γ - Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),
- erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät ionisierender Strahlung (S4, S5, K8),
- erklären die Ablenkbarkeit in elektrischen und magnetischen Feldern sowie Durchdringungs- und Ionisierungsfähigkeit von ionisierender Strahlung mit ihren Eigenschaften (S1, S3),
- erläutern qualitativ an der β -Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4),
- leiten auf der Basis der Definition der Aktivität das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (S7, E9),
- wählen für die Planung von Experimenten mit ionisierender Strahlung zwischen dem Geiger-Müller-Zählrohr und einem energiesensiblen Detektor gezielt aus (E3, E5, S5, S6),
- konzipieren Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit kurzlebiger radioaktiver Substanzen (E2, E5, S5),
- quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2).

- wägen die Chancen und Risiken bildgebender Verfahren in der Medizin unter Verwendung ionisierender Strahlung gegeneinander ab (B1, B4, K3, VB B Z 3).

Inhaltsfelder:

Atom- und Kernphysik

Inhaltliche Schwerpunkte:

Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung

Ionisierende Strahlung: Strahlungsarten, Nachweismöglichkeiten ionisierender Strahlung, Eigenschaften ionisierender Strahlung, Absorption ionisierender Strahlung

Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung

Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden

Unterrichtsvorhaben X: Massendefekt und Kernumwandlung

Wie kann man natürliche Kernumwandlung beschreiben und wissenschaftlich nutzen? Welche Möglichkeiten der Energiegewinnung ergeben sich durch Kernumwandlungen in Natur und Technik?

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: Die Schülerinnen und Schüler...

- beschreiben natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse (Kernspaltung und -fusion, Neutroneneinfang) auch mithilfe der Nuklidkarte (S1),
- beschreiben Kernspaltung und Kernfusion mithilfe der starken Wechselwirkung zwischen den Nukleonen auch unter quantitativer Berücksichtigung von Bindungsenergien (S1, S2)
- bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C-14-Methode (E4, E7, S7, K1),
- bewerten Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion hinsichtlich der globalen Energieversorgung (B5, B7, K3, K10, VB D Z3),
- diskutieren ausgewählte Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle unter Berücksichtigung verschiedener Quellen (B2, B4, K2, K10, MKR 2.1, 2.3, VB D Z3).

Inhaltsfelder:

Atom- und Kernphysik

Inhaltliche Schwerpunkte:

Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung

Kernspaltung und -fusion: Bindungsenergien, Massendefekt; Kettenreaktion

Zeitbedarf: ca 20 Unterrichtsstunden

Summe Qualifikationsphase - Leistungskurs: 250 Stunden

2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit

In Absprache mit der Lehrerkonferenz sowie unter Berücksichtigung des Schulprogramms hat die Fachkonferenz Physik die folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze beschlossen.

Überfachliche Grundsätze:

- 1.) Schülerinnen und Schüler werden in dem Prozess unterstützt, selbstständige, eigenverantwortliche, selbstbewusste, sozial kompetente und engagierte Persönlichkeiten zu werden.
- 2.) Der Unterricht nimmt insbesondere in der Einführungsphase Rücksicht auf die unterschiedlichen Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler.
- 3.) Geeignete Problemstellungen bestimmen die Struktur der Lernprozesse.
- 4.) Die Unterrichtsgestaltung ist grundsätzlich kompetenzorientiert angelegt.
- 5.) Der Unterricht vermittelt einen kompetenten Umgang mit Medien. Dies betrifft sowohl die private Mediennutzung als auch die Verwendung verschiedener Medien zur Präsentation von Arbeitsergebnissen.
- 6.) Der Unterricht fördert das selbstständige Lernen und Finden individueller Lösungswege sowie die Kooperationsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler.
- 7.) Die Schülerinnen und Schüler werden in die Planung der Unterrichtsgestaltung einbezogen.
- 8.) Der Unterricht wird gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern evaluiert.
- 9.) Die Schülerinnen und Schüler erfahren regelmäßige, kriterienorientierte Rückmeldungen zu ihren Leistungen.
- 10.) In verschiedenen Unterrichtsvorhaben werden fächerübergreifende Aspekte berücksichtigt.

Fachliche Grundsätze:

Die Fachgruppe Physik legt darüber hinaus Wert auf eine korrekte Fachsprache und die Einhaltung fachspezifischer Darstellungsweisen.

2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 6 APO-GOST und des Kernlehrplans Physik hat die Fachgruppe die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen. Die Absprachen betreffen das lerngruppenübergreifende gemeinsame Handeln der Fachgruppenmitglieder.

I. Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen“:

Der Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht“ erfasst die im Unterrichtsgeschehen durch mündliche, schriftliche und praktische Beiträge erkennbare Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler. Bei der Bewertung berücksichtigt werden die Qualität, die Quantität und die Kontinuität der Beiträge. Der Stand der Kompetenzentwicklung im Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht“ wird sowohl durch kontinuierliche Beobachtung während des Schuljahres (Prozess der Kompetenzentwicklung) als auch durch punktuelle Überprüfungen (Stand der Kompetenzentwicklung) festgestellt.

Gemeinsam ist den zu erbringenden Leistungen, dass sie in der Regel einen längeren, zusammenhängenden Beitrag einer einzelnen Schülerin oder eines einzelnen Schülers oder einer Schülergruppe darstellen, der je nach unterrichtlicher Funktion, nach Unterrichtsverlauf, Fragestellung oder Materialvorgabe einen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad haben kann. Zum Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht“ – ggf. auch auf der Grundlage der außerschulischen Vor- und Nachbereitung von Unterricht – zählen u.a.:

Konkrete Formen von Unterrichtsbeiträgen im dargestellten Sinn sind:

- mündliche Beiträge wie Hypothesenbildung, Lösungsvorschläge, Darstellen von Zusammenhängen und Bewerten von Ergebnissen,
- qualitatives und quantitatives Beschreiben von Sachverhalten, auch in mathematisch-symbolischer Form
- Analyse und Interpretation von Texten, Graphiken und Diagrammen,
- selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten,
- Erstellen von Produkten wie Dokumentationen zu Aufgaben, Untersuchungen und Experimenten, Protokolle, Präsentationen, Lernplakate, Modelle,
- Erstellung und Präsentation von Referaten,
- Führung eines Heftes, Lerntagebuchs oder Portfolios,
- kurze schriftliche Überprüfungen.

Die konkrete inhaltliche und methodische Unterrichtsplanung und -gestaltung bleibt unter Berücksichtigung des Kernlehrplans sowie des schulinternen Lehrplans in der Zuständigkeit und Verantwortung der einzelnen Lehrkraft. Somit werden auch nicht immer alle genannten Formen der Mitarbeit im Unterricht gleichermaßen repräsentiert sein.

II. Bewertungskriterien

Die Bewertungskriterien für eine Leistung müssen auch für Schülerinnen und Schüler **transparent, klar** und **nachvollziehbar** sein.

- Die Zahl der Klausuren betragen in der Einführungsphase im ersten Halbjahr zwei und im zweiten Halbjahr eine; in der gesamten Qualifikationsphase variiert die Anzahl der Klausuren gemäß der Verordnung über den Bildungsgang und die Abiturprüfung in der gymnasialen Oberstufe.
- Darüberhinaus kann eine Lehrerin oder ein Lehrer gelegentlich ein bis zwei schriftliche Übungen pro Halbjahr schreiben lassen. Diese Überprüfungen sollen den Schülerinnen und Schülern in der Regel zuvor angekündigt werden und gehören in den Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“.
- Das Anfertigen von Hausaufgaben gehört nach § 42 (3) SchG zu den Pflichten der Schülerinnen und Schüler. Unterrichtsbeiträge auf der Basis der Hausaufgaben werden zur Leistungsbewertung herangezogen.
- Eine vollständige, strukturierte und richtige Heftführung ist in den Naturwissenschaften unerlässlich. Daher kann sie mit in die Note der Sonstigen Mitarbeit einfließen.
- Am Ende eines jeden Quartals erhalten die Schülerinnen und Schüler eine Note zur Sonstigen Mitarbeit, die Auskunft darüber gibt, inwieweit ihre Leistungen in der Sonstigen Mitarbeit den im Unterricht gestellten Anforderungen entsprochen haben. Dieser Beurteilungsbereich wird ggf. mit dem Beurteilungsbereich der Schriftlichen Arbeiten bei der abschließenden Leistungsbewertung angemessen (i. d. R. zu gleichen Teilen) berücksichtigt.
- Die Schülerinnen und Schüler können des Weiteren kurzfristig Auskunft über ihren Leistungsstand und ggf. Förderempfehlungen erhalten.

IV. Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung

Die Leistungsrückmeldung erfolgt zeitnah in engem Austausch mit den Schülerinnen und Schülern, so dass sie die Möglichkeit erhalten durch ein pädagogisches Miteinander ihre Leistungen zu verbessern.

2.4 Lehr- und Lernmittel

Die Fachgruppe Physik hat sich für die Sekundarstufe II für das Lehrwerk Physik Oberstufe Gesamtband aus dem Cornelsen-Verlag entschieden. Dieses Werk wird über das Ausleihsystem der Schule zur Verfügung gestellt.

Der Unterricht ist gemäß der Zusammenstellung der Unterrichtsvorhaben durch weitere Materialien zu ergänzen. Hierfür stehen in der Lehrerbibliothek etliche Bände mit Kopiervorlagen und anderen themenbezogenen Materialien als Präsenzexemplare zur Verfügung.

Für Förderangebote im Fach Physik entscheidet die jeweilige Lehrkraft in Abstimmung mit der Schulleitung, ob weiteres Begleitmaterial angeschafft wird.

IM LEHRPLANNAVIGATOR:

Vgl. die zugelassenen Lernmittel für Physik:

<https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulsystem/Medien/Lernmittel/>

3 Entscheidungen zu fach- oder unterrichtsübergreifenden Fragen

Fachübergreifende Vereinbarungen

Der Physikunterricht hat zahlreiche Berührungspunkte zu anderen Fächern und bietet daher vielfältige Möglichkeiten, die Arbeit auch in einer fachübergreifenden Perspektive zu planen und zu gestalten. Vernetzungsmöglichkeiten werden von der Fachgruppe Physik systematisch in den Blick genommen, um im Dialog mit anderen Fachgruppen die Optionen fachübergreifender Vereinbarungen zu prüfen und zu entwickeln.

4 Qualitätssicherung und Evaluation

Die unterrichtliche Qualität soll gesichert werden, indem auf Grundlage von systematisch gewonnenen Informationen über die Ergebnisse und Prozesse im Fach Physik geeignete Maßnahmen zur Unterrichtsentwicklung, zur Unterstützung sowie zur individuellen Förderung aller Schülerinnen und Schüler erarbeitet und umgesetzt werden. Die Informationen werden gewonnen u.a. durch die Auswertung der Ergebnisse aus der zentralen Abiturprüfungen.

Die Teilnahme an Fortbildungen im Fach Physik wird allen das Fach Physik unterrichtenden Lehrkräften ermöglicht, um fachliches Wissen zu aktualisieren und pädagogische und didaktische Handlungskompetenzen zu vertiefen. Dabei bringen die Lehrkräfte, die die jeweiligen Fortbildungen besucht haben, gewonnene Erkenntnisse in die gemeinsame Arbeit der Fachschaft Physik ein.

Überarbeitungs- und Planungsprozess:

Der schulinterne Lehrplan ist als „dynamisches Dokument“ zu sehen, eine Evaluation erfolgt jährlich. In den Dienstbesprechungen der Fachgruppe zu Schuljahresbeginn werden die Erfahrungen des vorangehenden Schuljahres ausgewertet und diskutiert sowie eventuell notwendige Konsequenzen formuliert. Die vorliegende Checkliste kann als Instrument einer solchen Bilanzierung genutzt werden. Nach der jährlichen Evaluation (s.u.) finden sich die Jahrgangsstufenteams zusammen und arbeiten die Änderungsvorschläge für den schulinternen Lehrplan ein. Insbesondere verständigen sie sich über alternative Materialien, Kontexte und die Zeitkontingente der einzelnen Unterrichtsvorhaben.

Die Ergebnisse dienen der/dem Fachvorsitzenden zur Rückmeldung an die Schulleitung und u.a. an den/die Fortbildungsbeauftragte, außerdem sollen wesentliche Tagesordnungspunkte und Beschlussvorlagen der Fachkonferenz daraus abgeleitet werden.

Handlungsfelder	Handlungsbedarf	verantwortlich	zu erledigen bis
<i>Ressourcen</i>			
räumlich	Unterrichtsräume		
	Bibliothek		
	Computerraum		
	Raum für Fachteamarbeit		
	...		
materiell/ sachlich	Lehrwerke		
	Fachzeitschriften		
	Geräte/ Medien		
	...		
<i>Kooperation bei Unterrichtsvorhaben</i>			
<i>Leistungsbewertung/ Leistungsdiagnose</i>			
<i>Fortbildung</i>			
<i>Fachspezifischer Bedarf</i>			
<i>Fachübergreifender Bedarf</i>			