

Jahrgangsstufe – Q1

Unterrichtseinheit / Kontext: Erforschung des Photons und Elektrons

Umfang 2 Halbjahre

Voraussetzungen / Bezüge zu vergangenem und folgenden Unterricht: Sek II

Möglichkeiten fächerübergreifender Kooperation
Biologie, Geschichte, Technik

Mögliche Bausteine (Inhaltsfelder): Erforschung des Photons

- Wellenaspekt des Photons
- Beugung, Reflexion, Brechung
- Interferenz von Wellen

Mögliche Bausteine (Inhaltsfelder): Erforschung des Elektrons

- Elektronen in elektrischen und magnetischen Feldern
- Erzeugung von freien Elektronen

Mögliche Bausteine (Inhaltsfelder): Photon und Elektron als Quantenobjekte

- Dualismus Welle - Teilchen

Mögliche Bausteine (Inhaltsfelder): Erforschung des Mikro- und Makrokosmos

- Atommodelle (historisch)
- Quantenphysikalisches Atommodell
- Linienspektrum

Mögliche Bausteine (Inhaltsfelder): Mensch und Strahlung

- Kernumwandlung
- Ionisierende Strahlung
- Spektrum der elektromagnetischen Strahlung
- Einheiten der Radioaktivität (Grenzwerte)

Materialien: Lehrbuch: Physikbuch, Arbeitsblätter, Filmmaterial, Computersimulationen.

Obligatorische Experimente: Wellenwanne, Doppelspalt und Gitter, Braunsche Röhre, Fadenstrahlrohr, Millikanversuch (Simulation), Elektronenbeugung (Simulation), Photoeffekt, Michelson- Morley Interferometer (Simulation), Linienspektren und Flammenfärbung, Sonnenspektrum mit Fraunhoferlinien, Frank-Hertz-Versuch (Simulation), Charakteristische Röntgenspektren, Absorptionsexperimente, Geiger-Müller-Zählrohr (Simulation).

Überprüfungsformate / Produkte / Testschwerpunkte (mündlich / schriftlich)

Obligatorisch: Zwei Klausuren pro Halbjahr

Fakultativ : Referate, Hausarbeit, Facharbeit, schriftliche/ mündliche Leistungsüberprüfung

Jahrgangsstufe – Q2

Unterrichtseinheit / Kontext: Forschung am CERN und DASY, Navigationssysteme, Teilchenbeschleuniger, das heutige Weltbild und elektrische Energieversorgung- und Transport

Umfang : 2 Halbjahre

Voraussetzungen / Bezüge zu vergangenem und folgenden Unterricht : Sek. II

Möglichkeiten fächerübergreifender Kooperation
Technik, Geschichte, Religion

Mögliche Bausteine (Inhaltsfelder): Forschung am CERN und DASY

- Standardmodell der Elementarteilchen

Mögliche Bausteine (Inhaltsfelder): Navigationssysteme

- Spezielle Relativitätstheorie (Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation)

Mögliche Bausteine (Inhaltsfelder): Teilchenbeschleuniger

- Spezielle Relativitätstheorie (Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse-Äquivalenz)

Mögliche Bausteine (Inhaltsfelder): Das heutige Weltbild

- Spezielle Relativitätstheorie (Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation, Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse-Äquivalenz)

Mögliche Bausteine (Inhaltsfelder): Elektrische Energieversorgung- und Transport

- Elektromagnetische Induktion (Generatoren, Transformatoren)

Materialien / Medien: Lehrbuch: Physikbuch, Arbeitsblätter, Simulationsversuche.

Obligatorische Experimente: Leiterschaukelversuch, Messung von Spannung mit unterschiedlichen Spannungsmessgeräte, Generatormodell, drehende Leiterschleifen in Magnetfeldern.

Überprüfungsformate / Produkte / Testschwerpunkte (mündlich / schriftlich)

Obligatorisch: Zwei / eine Klausuren

Fakultativ: Referate, Hausarbeiten, schriftliche/ mündliche Leistungsüberprüfung

Kompetenzen bis zum Ende der Qualifikationsphase:

Inhaltsfeld 2: Quantenobjekte

Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern anhand einer vereinfachten Version des *Millikanversuchs* die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),
- bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2),
- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1),
- erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim *Elektronenbeugungsexperiment* an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4).

Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7),
- modellieren Vorgänge im *Fadenstrahlrohr* (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5),
- bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit *Doppelspalt* und *Gitter* (E5),
- demonstrieren anhand eines *Experiments zum Photoeffekt* den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2),
- untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).

Kommunikation:

Die Schülerinnen und Schüler

- veranschaulichen mithilfe der *Wellenwanne* qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3),
- verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3).

Bewertung:

Die Schülerinnen und Schüler

- zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4),
- beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4).

Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

- zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),
- definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2),

- bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),
- erläutern am Beispiel der *Leiterschaukel* das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),
- führen Induktionserscheinungen an einer *Leiterschleife* auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),
- ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim *Transformator* (UF1, UF2).

Inhaltsfeld 3: Elektrodynamik

Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

- zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),
- definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2),
- bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),
- erläutern am Beispiel der *Leiterschaukel* das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),
- führen Induktionserscheinungen an einer *Leiterschleife* auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),
- ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim *Transformator* (UF1, UF2).

Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern anhand des *Thomson'schen Ringversuchs* die Lenz'sche Regel (E5, UF4),
- erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6),
- geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),
- werten Messdaten, die mit einem *Oszilloskop* bzw. mit einem *Messwerterfassungssystem* gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).

Kommunikation:

Die Schülerinnen und Schüler

- verwenden ein physikalisches *Modellexperiment zu Freileitungen*, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),
- recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),
- erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3).

Bewertung:

Die Schülerinnen und Schüler

- bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),
- bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1),
- beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).

Inhaltsfeld 4: Strahlung und Materie

Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

- erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2),
- erklären die Energie absorbiertes und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),
- unterscheiden Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3),
- erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (*Geiger-Müller-Zählrohr*) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),
- erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),
- beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),

- erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6),
- erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1).

Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),
- erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von *Absorptionsexperimenten* (E4, E5),
- erläutern die Bedeutung von *Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse*, die Ergebnisse des *Franck-Hertz-Versuches* sowie die *charakteristischen Röntgenspektren* für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),
- stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),
- begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4),
- vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).

Kommunikation:

Die Schülerinnen und Schüler

- interpretieren Spektraltafeln des *Sonnenspektrums* im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1),
- bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4),
- recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).

Bewertung:

Die Schülerinnen und Schüler

- bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),
- bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4),

- erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2).

Inhaltsfeld 5: Relativität von Raum und Zeit

Umgang mit Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler

- interpretieren das *Michelson-Morley-Experiment* als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4),
- erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),
- begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2), □ erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1).

Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler

- erklären anschaulich mit der *Lichtuhr* grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),
- erläutern qualitativ den *Myonenzerfalls* in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1).

Kommunikation:

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3),
- erläutern die Funktionsweise eines *Zyklotrons* und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),
- beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3).

Bewertung:

Die Schülerinnen und Schüler

- diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7)
 - bewerten die Bedeutung der Beziehung $E = mc^2$ für die Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3).