

Schulinterner Lehrplan

EBG, Sek II, Q1

Stand: 26.5.2015

Q1

Wellenaspekte des Lichtes

| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
|--|--|--|
| <i>Erforschung des Photons</i> Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden? | <i>Quantenobjekte</i> Photon (Wellenaspekt) | E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung K3 Präsentation |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|---|---|---|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung | veranschaulichen mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygensschen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3), bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> (E5), | Doppelspalt und Gitter, Wellenwanne quantitative Experimente mit Laserlicht |
| Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit | demonstrieren anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2), | Photoeffekt Hallwachsversuch Vakuumphotозelle |

Teilchenaspekt des Elektrons

| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
|--|--|---|
| <i>Erforschung des Elektrons</i> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? | <i>Quantenobjekte</i> Elektron (Teilchenaspekt) | UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|-----------------|--|--|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| Elementarladung | erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5), untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6). | schwebender Wattebausch Millikanversuch Schwebefeldmethode Auch als Simulation möglich |
| Elektronenmasse | beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1), bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2), | <i>e/m</i>-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten |

| | | |
|--|---|--|
| | modellieren Vorgänge im <i>Fadenstrahlrohr</i> (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), | (Lorentzkraft) evtl. Stromwaage bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit) Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde |
| Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge | erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4). | Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit Bragg-Bedingung |

Quantenobjekte

| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
|---|--|---|
| <p><i>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</i></p> <p>Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?</p> | <p><i>Quantenobjekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt) • Quantenobjekte und ihre Eigenschaften | <p>E6 Modelle</p> <p>E7 Arbeits- und Denkweisen</p> <p>K4 Argumentation</p> <p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p> |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

(K4) sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen.

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|-------------------|---|---|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| Licht und Materie | <p>erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7),</p> <p>verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3).</p> <p>zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4),</p> <p>beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4).</p> | <p>Computersimulation</p> <p>Doppelspalt</p> <p>Photoeffekt</p> |

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS

Elektrodynamik

| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
|---|---|--|
| <p><i>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</i></p> <p>Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?</p> | <p><i>Elektrodynamik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Spannung und elektrische Energie • Induktion • Spannungswandlung | <p>UF2 Auswahl</p> <p>UF4 Vernetzung</p> <p>E2 Wahrnehmung und Messung</p> <p>E5 Auswertung</p> <p>E6 Modelle</p> <p>K3 Präsentation</p> <p>B1 Kriterien</p> |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|---|---|--|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| <p>Wandlung von mechanischer in elektrische Energie:</p> <p>Elektromagnetische Induktion</p> <p>Induktionsspannung</p> | <p>erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),</p> <p>definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2),</p> | <p>bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „Leiterschaukelversuch“</p> <p>Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der Leiterschaukel)</p> <p>Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer</p> |

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|---|---|---|
| | <p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p> | <p>Ladung verrichtet wird.</p> <p>Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen U, v und B.</p> |
| <p>Technisch praktikable Generatoren:</p> <p>Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen</p> | <p>recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),</p> <p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p> | <p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip</p> <p>Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren</p> |
| | <p>erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p> <p>führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p> | <p>Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit Oszilloskop und digitalem Messwerterfassungssystem</p> |
| <p>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“</p> <p>Transformator</p> | <p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p> <p>ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim</p> | <p>diverse „Netzteile“ von Elektrokleingeräten (mit klassischem Transformator)</p> <p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen Demo-Aufbautransformator mit</p> |

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|--|---|--|
| | <p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p><i>Transformator</i> (UF1, UF2).</p> <p>geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p> <p>führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p> | <p>geeigneten Messgeräten</p> <p>ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule - mit Messwerterfassungssystem zur zeitaufgelösten Registrierung der Induktionsspannung und des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes</p> |
| <p>Energieerhaltung</p> <p>Ohm'sche „Verluste“</p> | <p>verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i>, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),</p> <p>bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1),</p> <p>zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),</p> <p>beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).</p> | <p>Modellexperiment (z.B. mit Hilfe von Aufbautransformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spann</p> |

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS

Induktion

| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
|--|--|--|
| <p><i>Wirbelströme im Alltag</i> Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?</p> | <p><i>Elektrodynamik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Induktion | <p>UF4 Vernetzung E5 Auswertung B1 Kriterien</p> |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|-----------------------|--|--|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| <p>Lenzsche Regel</p> | <p>erläutern anhand des <i>Thomson'schen Ringversuchs</i> die Lenz'sche Regel (E5, UF4),</p> <p>bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),</p> | <p>Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten</p> <p>Thomson'scher Ringversuch</p> <p>diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr.</p> |

Q1 – Leistungskurs

| Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – Leistungskurs | | |
|--|--|------------------------------|
| Relativitätstheorie: Gleichzeitigkeit und Konstanz der Lichtgeschwindigkeit | | |
| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
| <i>Zeitmessung ist nicht absolut</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? | <i>Relativitätstheorie</i> <ul style="list-style-type: none"> • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit • Problem der Gleichzeitigkeit | UF2 Auswahl E6 Modelle |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|---|--|--|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit Inertialsysteme Relativität der Gleichzeitigkeit | begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6), erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2), begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2). | Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation) Relativität der Gleichzeitigkeit |

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – Leistungskurs
Relativitätstheorie: Zeitdilatation und Längenkontraktion

| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
|---|--|---|
| <p><i>Höhenstrahlung</i></p> <p>Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche?</p> | <p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeitdilatation und Längenkontraktion | <p>E5 Auswertung</p> <p>K3 Präsentation</p> |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|--|---|--|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| Zeitdilatation und relativistischer Faktor | <p>leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5),</p> <p>reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7).</p> <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1).</p> | <p>Gedankenexperiment</p> <p>Lichtuhr</p> <p>Myonenzerfall</p> |
| Längenkontraktion | <p>begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6),</p> <p>erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1),</p> <p>beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)</p> | Myonenzerfall |

Relativitätstheorie: Masse

| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
|--|--|---|
| <p><i>Teilchenbeschleuniger - Warum Teilchen aus dem Takt geraten</i></p> <p>Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?</p> | <p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Relativistische Massenzunahme • Energie-Masse-Beziehung | <p>UF4 Vernetzung</p> <p>B1 Kriterien</p> |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|---|--|---|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| „Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern | erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3) | Bertozzi-Experiment |
| Ruhemasse und dynamische Masse | erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1) berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2) | |
| Bindungsenergie im Atomkern Annihilation | beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4), bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1), beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3) | Teilchenbahnen Bindungsenergie pro Nukleon |

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – Leistungskurs
Relativitätstheorie: Gravitation und Zeitmessung

| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
|---|--|------------------------------|
| <i>Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation</i> Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit? | <i>Relativitätstheorie</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung</i> | K3 Präsentation |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|---|---|---|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| Gravitation und Zeitmessung | beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4) | Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum (früheres Experimente der PTB Braunschweig) Flug von Atomuhren um die Erde |
| Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit) | veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“ (K3). | Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment Das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung) |

Relativitätstheorie: Weltbilder

| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
|---|---|-------------------------------------|
| <p><i>Das heutige Weltbild</i></p> <p>Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?</p> | <p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit • Problem der Gleichzeitigkeit • Zeitdilatation und Längenkontraktion • Relativistische Massenzunahme • Energie-Masse-Beziehung • Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung | <p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p> |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|--|--|----------------------------------|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit | bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4). | Lehrbuchtexte, Internetrecherche |

Das Elektron – Ladung und Masse

| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
|---|---|---|
| <p><i>Untersuchung von Elektronen</i></p> <p>Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?</p> | <p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder • Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern | <p>UF1 Wiedergabe</p> <p>UF2 Auswahl</p> <p>E6 Modelle</p> <p>K3 Präsentation</p> <p>B1 Kriterien</p> <p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p> |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|--|---|---|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| Elektrostatik | erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6), | Elektroskop |
| Bestimmung der Elementarladung: elektrische Felder, Feldlinien potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung | beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1), erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen | Millikanversuch Kondensator Elektrisches Feld |

| | | |
|--|---|--|
| <p>Kondensator Elementarladung</p> | <p>Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4)</p> <p>leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> | |
| <p>Bestimmung der Masse eines Elektrons:</p> <p>magnetische Felder, Feldlinien, potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger, Elektronenmasse</p> | <p>erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),</p> <p>treffen im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</p> <p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren</p> | <p>Stromwaage</p> <p>Lorentzkraft (Modelle)</p> <p>e/m</p> <p>Wienfilter</p> <p>Halleffekt</p> <p>Massenspektrometer</p> <p>Glühelastischer Effekt</p> <p>Beschleunigung von Elektronen</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>Feldlinienbilder (K3, E6, B4), bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6), leiten physikalische Gesetze (Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4), schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der e/m-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2),</p> | |
|--|--|--|

Elektrische und magnetische Felder

| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
|--|---|---|
| <p><i>Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen</i></p> <p>Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet?</p> | <p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder • Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern | <p>UF2 Auswahl</p> <p>UF4 Vernetzung</p> <p>E1 Probleme und Fragestellungen</p> <p>E5 Auswertung</p> <p>E6 Modelle</p> <p>K3 Präsentation</p> <p>B1 Kriterien</p> <p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p> |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(E1) in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|---|---|--|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| <p>Anwendungen in Forschung und Technik:</p> <p>Bewegung von Ladungsträgern in</p> | beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, | <p>Halleffekt</p> <p>Spulen</p> <p>Elektronenstrahlröhrenkröhre</p> <p>visuelle Medien und</p> |

| | | |
|--|--|--|
| Feldern | <p>UF4), erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3), beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3), ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1), schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern, (E5, UF2), erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6), erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4), leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2)</p> | Computersimulationen zum Massenspektrometer, Zyklotron |
| | <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1), wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</p> | |
| Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung : Auf- und Entladung von | <p>erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4), erläutern und veranschaulichen die</p> | Kondensatoren |

| | | |
|---|--|--|
| <p>Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes</p> | <p>Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1), wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2), leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator) (UF2), beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6),</p> | |
| | <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1), wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p> | |

Elektromagnetische Induktion

| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
|---|---|--|
| <p><i>Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie</i></p> <p>Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?</p> | <p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Induktion | <p>UF2 Auswahl</p> <p>E6 Modelle</p> <p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p> |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|--|---|--|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| <p>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie:</p> <p>Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel, Energie des magnetischen Feldes</p> | <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),</p> <p>führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung</p> | <p>Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie,</p> <p>Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel,</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke)</p> <p>quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße B</p> <p>Transformatoren</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>einer Wechselspannung) (E6), erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3), treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1), identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4),</p> | |
| | <p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4), ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2), bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6), begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),</p> | <p>Modellversuch zu einer „Überlandleitung“ Selbstinduktion Wirbelströme</p> |

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – Leistungskurs

Elektromagnetische Induktion

| <i>Kontext und Leitfrage</i> | <i>Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte</i> | <i>Kompetenzschwerpunkte</i> |
|--|---|---|
| <p><i>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</i></p> <p>Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden</p> | <p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Schwingungen und Wellen | <p>UF1 Wiedergabe</p> <p>UF2 Auswahl</p> <p>E4 Untersuchungen und Experimente</p> <p>E5 Auswertung</p> <p>E6 Modelle</p> <p>K3 Präsentation</p> <p>B1 Kriterien</p> <p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p> |

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(E4) Experimente mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten, auch historisch bedeutsame Experimente, mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

| Inhalt | Kompetenzen | Experiment / Medium |
|---|--|----------------------------|
| | Die Schülerinnen und Schüler... | |
| Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der | erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1), | Schwingkreis Radio |

| | | |
|---|---|--|
| <p>Nachrichtentechnik: Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis, Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis</p> | <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1), erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2), beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5), wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4), entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1), wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2), leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2).</p> | <p>Thomsongleichung Differentialgleichungen</p> |
| <p>Materiefreie Übertragung von Information und Energie: Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, Energietransport und Informationsübertragung durch</p> | <p>beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6), erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei <i>B</i>- bzw. <i>E</i>-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6), beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6), erläutern anhand schematischer</p> | <p>Das Phänomen der elektromagnetische Welle, ihre Erzeugung und Ausbreitung werden erarbeitet. Übergang vom Schwingkreis zum Hertz'schen Dipol durch Verkleinerung von L und C Überlegungen zum „Ausbreitungsmechanismus“ elektromagnetischer Wellen: · Induktion findet auch ohne Leiter („Induktionsschleife“)</p> |

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| <p>elektromagnetische Wellen,</p> | <p>Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6).</p> <p>ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5).</p> <p>beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6).</p> <p>erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1),</p> | <p>statt!</p> <ul style="list-style-type: none"> · (Z.B.) Versuch zur Demonstration des Magnetfeldes um stromdurchflossene Leiter, über die ein Kondensator aufgeladen wird. · Auch im Bereich zwischen den Kondensatorplatten existiert ein magnetisches Wirbelfeld |
| | <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>beschreiben die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima n-ter Ordnung her (E6, UF1, UF2),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3).</p> | <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle</p> <p>Wellenwanne</p> <p>Mikrowellensender / -empfänger mit Gerätesatz für Beugungs-, Brechungs- und Interferenzexperimente,</p> <p>Interferenz-, Beugungs- und Brechungsexperimente mit (Laser-) Licht an Doppelspalt und Gitter (quantitativ)</p> |