

**Schulinterner Lehrplan in der SEK II im Fach Physik**  
**für GK und LK der „Bettine-von-Arnim“-Gesamtschule Langenfeld**  
**Gültig ab dem Schuljahr 2022/23**

Die Fachkonferenz Physik hat folgenden Beschluss gefasst:

- **Achtung! Ab diesem SJ gilt ab sofort der neue KLP SII zunächst für die EF hochwachsend.**
- Ab SJ 2023/24 gilt dann für Q1 und ab SJ 2024/25 auch für die Q2 dieser neue LP.
- Es gibt zur Zeit keine Leistungskurse. Damit gilt das Folgende vornehmlich für GKs.
- Die Abiturvorgaben des Abiturs 2023 verweisen auf folgende Fokussierungen:  
"Grundlegende Erkenntnisse zu Teilchen und Welleneigenschaften" im Inhaltsfeld **Elektron und Photon**, "Untersuchung der Entstehung und Eigenschaften von Strahlung" in dem Inhaltsfeldern **Ionisierende Strahlung** sowie **Kernumwandlung** und "Experimente zu relativistischen Phänomenen" in den Inhaltsfeldern **Konstanz der Lichtgeschwindigkeit** sowie **Zeitdilatation**.

## Jahrgangsstufe EF

Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler sollen im Rahmen der Behandlung der nachfolgenden, für die Einführungsphase **obligatorischen Inhaltsfelder** entwickelt werden:

- Grundlagen der Mechanik
- Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder

### **Inhaltsfeld Grundlagen der Mechanik**

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Kinematik: gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung; freier Fall; waagerechter Wurf; vektorielle Größen
- Dynamik: Newton'sche Gesetze; beschleunigende Kräfte; Kräftegleichgewicht; Reibungskräfte
- Erhaltungssätze: Impuls; Energie (Lage-, Bewegungs- und Spannenergie); Energiebilanzen; Stoßvorgänge

# Inhaltsfeld Kreisbewegung, 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; Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie, Zeitdilatation

## Qualifikationsphase

Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler sollen im Rahmen der Behandlung der nachfolgenden, für die Qualifikationsphase **obligatorischen Inhaltsfelder** entwickelt werden:

- Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern
- Quantenobjekte
- Elektrodynamik und Energieübertragung
- Strahlung und Materie

## **Jahrgangsstufe Q1**

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

### **Inhaltsfeld Quantenobjekt**

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

## **Jahrgangsstufe Q2**

### **Inhaltsfeld Elektrodynamik und Energieübertragung**

Inhaltliche Schwerpunkte:

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

### **Inhaltsfeld Strahlung und Materie**

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Strahlung: Spektrum der elektromagnetischen Strahlung; ionisierende Strahlung, Geiger-Müller-Zählrohr, biologische Wirkungen
- Atomphysik: Linienspektrum, Energieniveauschema, Kern-Hülle-Modell, Röntgenstrahlung
- Kernphysik: Nukleonen; Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen, Kernspaltung und Kernfusion

## **Kompetenzerwartungen bis zum Ende der Einführungsphase**

### **Sachkompetenz:**

*Modelle und Konzepte zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen*

Die Schülerinnen und Schüler

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

S2 beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Konzepten und geben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten an

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

*Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen*

Die Schülerinnen und Schüler

S4 bauen einfache Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte

S5 beschreiben bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus

S6 nutzen bekannte Auswerteverfahren für Messergebnisse, Kompetenzbereiche, Inhaltsfelder und Kompetenzerwartungen

S7 wenden unter Anleitung mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an

### **Erkenntnisgewinnungskompetenz:**

*Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Konzepten bilden*

Die Schülerinnen und Schüler

E1 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten

E2 stellen überprüfbare Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf

*Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen*

Die Schülerinnen und Schüler

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

E4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe einfacher mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge

E5 konzipieren erste Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung unter Beachtung der Variablenkontrolle

*Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler

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

E7 berücksichtigen Messunsicherheiten bei der Interpretation der Ergebnisse

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

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

*Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler

E10 beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf zugrundeliegende Kontexte

E11 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses an ausgewählten Beispielen

### **Kommunikationskompetenz:**

*Informationen erschließen*

Die Schülerinnen und Schüler

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

K2 analysieren verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt

K3 entnehmen unter Anleitung und Berücksichtigung ihres Vorwissens aus



Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder

### *Informationen aufbereiten*

Die Schülerinnen und Schüler

K4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache kausal korrekt

K5 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von kurzen Vorträgen und schriftlichen Ausarbeitungen aus

K6 veranschaulichen Informationen und Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge

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

### *Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren*

Die Schülerinnen und Schüler

K8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener Darstellungen, Kompetenzbereiche, Inhaltsfelder und Kompetenzerwartungen

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

K10 belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate

## **Bewertungskompetenz:**

### *Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen*

Die Schülerinnen und Schüler

B1 erarbeiten aus verschiedenen Perspektiven eine schlüssige Argumentation

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

### *Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen*

Die Schülerinnen und Schüler

B3 entwickeln anhand festgelegter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug

B4 bilden sich reflektiert ein eigenes Urteil

### *Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler

B5 vollziehen Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen nach

B6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung auch in Alltagssituationen

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

B8 identifizieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung

physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhänge

## **Kompetenzerwartungen und Inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Qualifikationsphase**

### **Sachkompetenz:**

*Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen*

Die Schülerinnen und Schüler

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

S2 beschreiben Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und erläutern deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten

S3 wählen zur Bearbeitung physikalischer Probleme relevante Modelle und Theorien sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen begründet aus

*Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen*

Die Schülerinnen und Schüler

S4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen

Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte

S5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus

S6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an

S7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an

### **Erkenntnisgewinnungskompetenz:**

*Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden*

Die Schülerinnen und Schüler

E1 identifizieren und entwickeln in unterschiedlichen Kontexten naturwissenschaftlich-technische Probleme und Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten

E2 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf

*Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen*

Die Schülerinnen und Schüler

E3 beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen

E4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle

Erkenntnisse aufeinander beziehen

E5 konzipieren geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung unter Beachtung der Variablenkontrolle

*Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler

E6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen

E7 berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses

E8 beurteilen die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen

E9 reflektieren die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten im Prozess der physikalischen Erkenntnisgewinnung

*Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler

E10 beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf zugrundeliegende Kontexte und reflektieren ihre Generalisierbarkeit

E11 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit)

## **Kommunikationskompetenz**

### *Informationen erschließen*

Die Schülerinnen und Schüler

- K1 recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus
- K2 prüfen verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt
- K3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder

### *Informationen aufbereiten*

Die Schülerinnen und Schüler

- K4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert
- K5 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus
- K6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge

K7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien

*Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren*

Die Schülerinnen und Schüler

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

K9 tauschen sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt

K10 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate

## **Bewertungskompetenz**

*Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen*

Die Schülerinnen und Schüler

B1 erläutern aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation

B2 beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz

## *Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen*

Die Schülerinnen und Schüler

B3 entwickeln anhand geeigneter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen diese gegeneinander ab

B4 bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil

## *Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler

B5 reflektieren Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses

B6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein

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

B8 reflektieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen



## **Konkretisierungen zu den Inhaltsfeldern**

### **EF: Grundlagen der Mechanik**

- Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen
- gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und zugrunde liegende Ursachen auch beim waagerechten Wurf
- eindimensionale Stoßvorgänge mit Impuls- und Energieübertragung
- Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht
- Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition
- mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen erklären
- Reibungskräfte bei realen Bewegungen

### **EF: Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder**

- Radius, Drehwinkel, Umlaufzeit, Umlauffrequenz, Bahngeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit und Zentripetalbeschleunigung sowie deren Beziehungen

zueinander

- bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripetalkraft in Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung
- Massenanziehungskraft zweier Körper anhand des Newton'schen Gravitationsgesetzes im Rahmen des Feldkonzepts
- Bewegungen der Himmelskörper beim Übergang vom geozentrischen Weltbild zu modernen physikalischen Weltbildern auf der Basis zentraler astronomischer Beobachtungsergebnisse
- Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen
- Bedeutung der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie
- Gedankenexperiment der Lichtuhr unter Verwendung grundlegender Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und das Phänomen der Zeitdilatation zwischen bewegten Bezugssystemen qualitativ und quantitativ

## **GK Q1: Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern**

- Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge
- Energieumwandlungen harmonischer Schwingungen am Beispiel des Federpendels

- Wellenwanne, Huygens'sches Prinzip, Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz
- Superposition stehender Wellen
- lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen
- elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern
- Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und Definitionsgleichung der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte
- Beispiel Plattenkondensators zum Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld
- Geschwindigkeitsänderungen von Ladungsträgern nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung berechnen
- Fadenstrahlrohr und glühelektrischer Effekt, Beschleunigung von Elektronen beim Durchlaufen eines elektrischen Felds sowie deren Ablenkung im homogenen magnetischen Feld durch die Lorentzkraft
- Millikan-Versuch (vereinfacht), Zyklotron

## **GK Q1: Quantenobjekte**

- Photoeffekt und Quantencharakter von Licht
- Lichtquanten- und De-Broglie-Hypothese sowie deren Unterschied zur klassischen Betrachtungsweise
- Beugungsbild beim Doppelspaltversuch mit Elektronen quantitativ erklären
- Determiniertheit der Zufallsverteilung der diskreten Energieabgabe beim Doppelspaltexperiment mit stark intensitätsreduziertem Licht
- Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte berechnen
- Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte
- Auftreten oder Ausbleiben eines Interferenzmusters in einem Interferenzexperiment
- Experiment zum Photoeffekt
- Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt
- Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodell für Licht und Elektronen

## **GK Q2: Elektrodynamik und Energieübertragung**

- Leiterschaukel und Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger
- Induktionserscheinungen bei einer Leiterschleife durch Änderung der magnetischen Flussdichte oder zeitliche Änderung der durchsetzten Fläche zurück

- Induktionsgesetz mit der mittleren Änderungsrate und in differentieller Form des magnetischen Flusses
- Transformatoren als Beispiel für die technische Anwendung der Induktion
- Modellexperiment zu Freileitungen, Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie
- Kapazität als Kenngröße eines Kondensators
- elektromagnetische Schwingungen in der Spule und am Kondensator
- Auf- und Entladevorgang bei Kondensatoren experimentell
- Thomson'scher Ringversuch

## **GK Q2: Strahlung und Materie**

- Linienspektren leuchtender Gase und Fraunhofer'sche Linien, Energieniveaus in der Atomhülle
- Energiewerte für das Wasserstoffatom mit quantenphysikalischem Atommodell erklären
- Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron
- Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung
- radioaktive Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung

- Frequenzbereiche des elektromagnetischen Spektrums
- Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät für ionisierende Strahlung
- Begriff der Radioaktivität und zugehörige Kernumwandlungsprozesse auch mithilfe der Nuklidkarte
- Zerfallsgesetz für den radioaktiven Zerfall
- Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen, Aufbau der Nukleonen aus Quarks sowie die Rolle der starken Wechselwirkung für die Stabilität des Kerns
- Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauscheteilchen
- Zusammenhang  $E = \Delta m c^2$  als Grundlage der Energiefreisetzung bei Kernspaltung und Kernfusion über den Massendefekt
- Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse
- Franck-Hertz-Versuch
- Erklären des charakteristischen Röntgenspektrums mit den Energieniveaus der Atomhülle
- Stoffe in der Sonnen- und Erdatmosphäre anhand von Spektraltafeln des Sonnenspektrums bestimmen
- experimentell anhand der Zählraten bei Absorptionsexperimenten unterschiedliche Arten ionisierender Strahlung bestimmen

- radioaktiver Zerfall anhand der gemessenen Zählraten der Halbwertszeit
- biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung
- effektive Dosis, Wirkung ionisierender Strahlung und Strahlenschutzmaßnahmen