



Physik

Präambel

Aufgaben und Ziele des Unterrichts in den naturwissenschaftlichen Fächern Physik, Chemie und Biologie

Naturwissenschaften und Technik prägen unsere Gesellschaft an allen Bereichen. Sie bilden heute einen bedeutenden Teil unserer kulturellen Identität. Das Wechselspiel zwischen den Erkenntnissen der Physik, Chemie und Biologie und die darauf basierenden technischen Anwendungen bewirken Fortschritte auf allen Gebieten. Allerdings birgt die naturwissenschaftlich-technische Entwicklung auch Risiken, die erkannt, bewertet und beherrscht werden müssen.

Unter naturwissenschaftlicher Grundbildung wird die Fähigkeit verstanden, naturwissenschaftliche Fragen zu stellen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen. Dabei sollen in unserer auf christlichen Grundwerten beruhenden Gesellschaft der Respekt und die Ehrfurcht vor den Menschen und den Dingen, die Toleranz, die Kompromiss- und Konsensfähigkeit sowie die Verantwortung für die Mit-, Um- und Nachwelt im Vordergrund stehen.

Es ist Ziel dieser naturwissenschaftlichen Grundbildung, wichtige Phänomene in Natur und Technik zu kennen, Prozesse und Zusammenhänge zu durchschauen, die Sprache und Geschichte der naturwissenschaftlichen Fächer zu verstehen, ihre Erkenntnisse zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen unter Berücksichtigung einer Verantwortung für die Schöpfung auseinander zu setzen.

Eine Grundbildung in Physik, Chemie und Biologie ist deshalb ein wesentlicher Teil von Allgemeinbildung, da sie für unsere Gesellschaft eine wichtige Sicht auf die Welt ermöglicht und damit hilft, sowohl die Gesellschaft als auch das Individuum weiter zu entwickeln.

Das Fach **Physik** befasst sich mit der Erforschung grundlegender Phänomene und Gesetze der unbelebten Natur. Die Physik gilt als Leitwissenschaft im Bereich der Naturwissenschaften, weil sie die Grundlagen zum Verständnis chemischer und biologischer Strukturen und Prozesse legt und daher unverzichtbar für die naturwissenschaftliche Bildung junger Menschen ist.

Im Mittelpunkt des Physikunterrichts stehen Methoden der Erkenntnisgewinnung, die Einübung, Anwendung und Interpretation der Naturgesetze zur Vertiefung unseres Verständnisses der physischen Welt.



Inhaltsfeld: Das Licht und der Schall

Fachlicher Kontext: Sehen und Hören

Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept- bezogene Kompetenzen ¹	prozess- bezogene Kompetenzen ²	SB Seite
Sehen und Hören				
Unterschiedliche Sinne wahrnehmen: <ul style="list-style-type: none">• Tasten, Hören, Sehen, Riechen, Schmecken	verschiedene einfache Experimente (S. 129ff)			127- 133
Schwerpunkt Licht <ul style="list-style-type: none">• Lichtquellen• Ausbreitung des Lichtes• Streuung, Absorption und Durchgang• Schatten, Schattenbilder, Kern- und Halbschatten• Schatten im Weltraum, Mondphasen, Finsternisse• Tages- und Jahreszeiten*	Experiment zur geradlinigen Ausbreitung Silhouetten zeichnen Schatten von 1,2 und mehr Quellen Baaderplanetarium Simulation der Mondphasen Beobachtung der Mondphasen	W 1	EG 1,2 K 2,4 B 1	134- 167
Schwerpunkt Sprechen und Hören <ul style="list-style-type: none">• Einführende Versuche und Grundlagen der Stimme• Grundlagen des Gehörs• Schall und Schwingung: Lautstärke und Amplitude, Tonhöhe und Frequenz• Lautstärke und Abstand*• Schallausbreitung und Schallgeschwindigkeit*• Schall und Musik, Musikinstrumente*	Tamburin: Weitergabe der Schallschwingungen Stimmgabel und Rußscheibe, evtl. Oszilloskop Monochord Laufzeitmessung und Echo Vakuumversuch	S 2,3 W 2,3	EG 10 EG 4z.T.,5 B3 K 5,8	168- 191

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Inhaltsfeld: Elektrizität

Fachlicher Kontext: Elektrizität im Alltag

Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept-bezogene Kompetenzen ¹	prozess-bezogene Kompetenzen ²	SB Seite
Elektrizität im Alltag <ul style="list-style-type: none">• einfacher Stromkreis• elektrische Quellen• Fahrradbeleuchtung	ggf. kleiner Bausatz für Schülerversuche Reihen-, Parallel-, Wechselschaltung Stromkreis und Dynamo am Fahrrad	S 4 S 5 W 5 W6	EG 1 EG 4 EG 11 K 1 K 8	8-13 14-15 70-77
Sicherer Umgang mit Elektrizität <ul style="list-style-type: none">• Leiter / Nichtleiter• Mensch als elektrischer Leiter• Gefahren des elektrischen Stroms, Sicherung	Schülerversuche aus der Sammlung und/oder Bausatz s.o.	S 4 S 5 W 5 W 6	EG 4	24-27
Wirkungen des elektrischen Stroms <ul style="list-style-type: none">• Wärmewirkung• magnetische Wirkung	Versuche S. 28/29	S 5 W 5	EG 5	28-29
Magnetismus <ul style="list-style-type: none">• Dauermagnet• Elektromagnet• Modell: Elementarmagnete• Modell: Feldlinien	Lernstationen 1-8, S.38/39 Klingel, S.51 und/oder Bausatz s.o.	W 4	B 7 EG 2 K 4	38-51

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Inhaltsfeld: Temperatur und Energie

Fachlicher Kontext: Sonne – Temperatur – Jahreszeiten

Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept-bezogene Kompetenzen ¹	prozess-bezogene Kompetenzen ²	SB Seite
Energie bestimmt den Alltag <ul style="list-style-type: none"> • Energiewandler • Energieumwandlungsprozesse • Energieerhaltung/Energietransport 	Versuche S.59/60 Lernstation 1-8 (Auswahl)	E 1 E 2 E 3 E 4	EG 6 EG 10 B 5,9	58-69
Stand der Sonne - Der Tag und das Jahr		S 1	K 4	82-85
<ul style="list-style-type: none"> • Unser Temperatursinn und das Thermometer • Temperaturverläufe (z.B. Tag/Jahr) • Volumen -und Längenausdehnung bei Erwärmung und Abkühlung • Die Aggregatzustände • Teilchenmodell 	Temperaturempfinden Messen mit dem Thermometer Wärmeausdehnung von Festkörpern und Flüssigkeiten S.95 V1,V3 <i>oder Lernstationen 1-8, S.96/97</i> Bimetall Versuche S.102/S.105 V1	E 4 M 1 M 2	EG 1 EG 10 EG 11 K 3 K 5 K 6	88-99 100-105
<ul style="list-style-type: none"> • Energiequelle Sonne Wärmetransport: <ul style="list-style-type: none"> • Wärmestrahlung • Wärmemitführung • Wärmeleitung • Wärmedämmung/Ein warmes Zuhause/ Tiere 	Rettungsdecke Weihnachtspyramide Münze gegen Streichholz S.119 V2 Heizungsmodell „3-Leiter“-Versuch	E 1 E 2 E 3 E 4	K 2 EG 11	108-111 119-121

Lehrbuch: Fokus Physik Gymnasium 5/6 NRW

Anzahl der Wochenstunden: 2

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Inhaltsfeld: Optische Instrumente, Farbzerlegung des Lichtes

Fachlicher Kontext: Optik hilft dem Auge auf die Sprünge

Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept-bezogene Kompetenzen ¹	prozess-bezogene Kompetenzen ²	SB Seite
optische Abbildungen • Lochkamera	<ul style="list-style-type: none">• Einführung erster Fachbegriffe (Gegenstands- und Bildweite und -größe, Strahlenbündel)• qualitative Versuche zur Bildentstehung, eventuell mit selbst gebauten Lochkameras, Veranschaulichung mit Strahlenbündeln	S13	EG1,2,4,5 K1	8-20
• Fotoapparat und Lochkamera im Vergleich	<ul style="list-style-type: none">• qualitative Versuche zu scharfen und „hellen“ Bildern	S13	EG3,4 K1	
<ul style="list-style-type: none">• Abbildung mit Sammellinsen• Lage und Größe des Bildes<ul style="list-style-type: none">• Linsengleichung, Abbildungsmaßstab• einfache Konstruktionen mit Strahlenbündeln und Mittelpunktstrahl	<ul style="list-style-type: none">• experimentelle Bestimmung von Brennweiten• experimentelle Bestimmung der Zusammenhänge von b, g, f, und B, G		EG4,8,11 K3,6	
Bildentstehung am Auge • Aufbau des Auges • Nahpunkt und deutliche Sehweite	Lernstationen im SB, S. 22/23 * <i>Fehlsichtigkeit und ihre Korrektur (Schülerübung Phywe)</i> * <i>optische Täuschungen</i>	S13	K 8 EG 1,10	21-31

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept-bezogene Kompetenzen ¹	prozess-bezogene Kompetenzen ²	SB Seite
Reflexion und Brechung • Bildentstehung am ebenen Spiegel, Reflexionsgesetz • Brechung • Bilder durch Brechung • Brechung an verschiedenen Medien • optisch dichter/dünnere • Brechung an der Sammellinse • Totalreflexion	<ul style="list-style-type: none">• Lichtstrahl als Modell* <i>virtuelle Bilder</i>* <i>Hohl- und Wölbspiegel</i> • Treffen einer Münze• Brechungswinkel an Glas- und Wasser-Halbzylinder• graphische Auswertung von Messreihen * <i>Lichtdurchgang durch ein Prisma (ohne Farb-erscheinungen)</i> Anwendung: Lichtleiter* <i>Umkehrprisma</i>* <i>Luftspiegelungen</i>	W13	K 4,6 B 1,7 EG 2,4,9 K 3 B 3 EG 4	32-51
optische Instrumente • die Lupe • das Fernrohr oder das Mikroskop	<ul style="list-style-type: none">• Versuche Phywe oder Selbstbau (Astromedia)* <i>Vernetzung mit Astronomie</i>* <i>das Mikroskop oder das Fernrohr</i>	S 13	K 7 EG 8,10	52-59

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept-bezogene Kompetenzen ¹	prozess-bezogene Kompetenzen ²	SB Seite
Farben <ul style="list-style-type: none">• das sichtbare Spektrum• IR und UV• Farbaddition und Farbsubtraktion	<ul style="list-style-type: none">* <i>Der Regenbogen</i>* <i>Linienspektren leuchtender Gase</i>	W 14	EG 4,11 K 4	60-72

Lehrbuch: Fokus Physik Gymnasium 7/8 NRW

Anzahl der Wochenstunden: 2

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Inhaltsfeld: Elektrizität

Fachlicher Kontext: Elektrizität – messen, verstehen, anwenden

Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept-bezogene Kompetenzen ¹	prozess-bezogene Kompetenzen ²	SB Seite
Elektrische Energieübertragung	Generatorprinzip	E4, E5	EG 10,B8	93-99
Wirkungen des elektrischen Stromes Wärmewirkung Magnetische Wirkung	Verlängerung eines stromdurchflossenen Drahtes Elektromagnet Modell eines Drehspulinstrumentes	W5,W6,W17	EG1,K8	101
Reibungselektrizität positive und negative Ladungen Eigenschaften von Ladungen Elektrische Influenz Faraday – Käfig Gewitter Gefahr hoher Spannungen	Reibungsversuche Elektroskop Influenzmaschine Bandgenerator glühelektrischer Effekt	M3,M4,M5	EG1, EG2 K1, K2	124- 133
Einführung der Stromstärke Stromstärke und Ladung	Wassermodell, Messungen mit dem Multimeter	S11, S12	EG3, EG8, K1, K6, B3, B9	102- 109
Spannung Stromstärke und Spannung Widerstand Parallel- und Reihenschaltung	U-I-Kennlinien	S8, S9	EG4 K5, K6	113- 122

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Inhaltsfeld: Kraft, Druck, mechanische und innere Energie
Fachlicher Kontext: Werkzeuge und Maschinen erleichtern die Arbeit

Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept- bezogene Kompetenzen ¹	prozess- bezogene Kompetenzen ²	SB Seite
Bewegungsabläufe <ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit • gleichförmige Bewegung • Zeit-Weg-Diagramme • Geschwindigkeitsvektoren 	Positionsbeschreibungen Bewegung verschiedener Fahrzeuge untersuchen Geschwindigkeit im Weltall Vektoraddition über Maßstab und Distanzmessung oder Addition von Geschwindigkeiten, z.B. Boot- und Fließgeschwindigkeit	Bewegungsabläufe beschreiben Formeln zur gleichförmigen Bewegung kennen und damit rechnen Modell der Vektoraddition auf verschiedene Situationen übertragen (W 8)	B 1,6 EG 1,2,3,4 EG 5,6,9 K 1,2,6,7	139 bis 157
Kräfte und ihre Wirkungen <ul style="list-style-type: none"> • Verformen und Zustandsänderung als Wirkung von Kräften • Gewichtskraft Masse • Kräftegleichgewicht • Wechselwirkungsgesetz • Kräfteaddition • Kräfte messen (Gleichheit, Vielfachheit, Einheit) • Hookesches Gesetz 	Wägestück und Feder (Faden durchtrennen), Magnet und Kugel, fliegender Luftballon, Ball vor Wand,... oder Bildfolge: Tennisball auf Schläger, Kopfball, Hammer- wurf, Raketenstart,... 2 Skateboards und Seil Schlepper und Tanker Expander	W 7 W 12 Prinzip der Def. physikalischer Grundgrößen	B 7,8 EG 1,3,9,11 K 1, 2, 3	158 bis 175

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept-bezogene Kompetenzen ¹	prozess-bezogene Kompetenzen ²	SB Seite
<i>Kräftezerlegung*</i>	<i>Seil mit einer Last*</i> <i>Brückenkonstruktionen*</i> <i>Fachwerk*</i>	W 8	B 3, 7 EG 6 K 3	178 bis 185
Kleine Kräfte – Lange Wege <ul style="list-style-type: none">• Schiefe Ebene• Flaschenzug• Energie als Produkt aus Kraft und Weg• Energieerhaltung• Energie messen – Leistung bestimmen (mechanisch und elektrisch)• Ein- und zweiseitiger Hebel• Hebeltechniken beim Sport und in der Natur• Hydraulische Anlagen	Kraft und Längenmessung bei der schiefen Ebene Zusammenhang zwischen Kraft und Weg beim Flaschenzug Energieübertragung beim senkrechten Anheben Hydraulische Presse	W 9 E 5, 6, 9, 11 W 9	EG 10,11 K 7, 8	186 bis 202 und 73-90
Tauchen in der Natur <ul style="list-style-type: none">• Schweben, Steigen, Sinken• Dichtebestimmung	Experiment: Wer steigt, wer schwebt, wer sinkt? Kartesianischer Taucher Steigen, Schweben, Sinken beim Zeppelin, Heißluftballon und beim Fisch Legende von Archimedes	W 10 EG 10	EG 1, 3 K 3, 4 B6	203 bis 213

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept-bezogene Kompetenzen ¹	prozess-bezogene Kompetenzen ²	SB Seite
Druck <ul style="list-style-type: none">• Kolbendruck• Teilchenmodellvorstellung vom Druck• Schweredruck• Hydrostatisches Paradoxon• Druck in Gasen	Freihandexperimente zum Kolbendruck Schokoladenküsse im Vakuum Definition Druck mit Einheit Herleitung zum Schweredruck Druckunterschiede als Antrieb von Bewegungen	W10, 11 E 10	K 1,4 EG 8,9,10 B 1,7,8,9	214 bis 225
Auftrieb <ul style="list-style-type: none">• Formel zum Auftrieb• Steigen, Sinken, Schweben über den Vergleich von Auftriebskraft und Gewichtskraft	Deduktive Herleitung Aufstellen von Hypothesen, Herleitung und Überprüfung sowie Interpretation des Ergebnisses	W 11	K 1, 2, 3, 4 B 1, 2, 8, 10	228 bis 237

Lehrbuch: Fokus Physik Gymnasium 7/8 NRW

Anzahl der Wochenstunden: 2

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Inhaltsfeld: Energie, Leistung, Wirkungsgrad

Fachlicher Kontext: Effiziente Energienutzung: eine wichtige Zukunftsaufgabe der Physik

Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept- bezogene Kompetenzen	prozess- bezogene Kompetenzen	SB Seite
Erzeugung und Transport elektrischer Energie <ul style="list-style-type: none"> • Magnetfelder • Lorentzkraft auf bewegte Ladungen • Der Elektromotor • Elektromagnetische Induktion • Erzeugung von Wechselstrom • Sinusförmige Wechselspannung • Generatoren • Der Transformator • Das Europäische Energieverbundnetz 	Die Entdeckung von Hans Christian Oersted (1820) Versuch mit der Leiterschaukel Drei-Finger-Regel der linken Hand Energieerhaltungssatz und Lenzsche Regel Windungsverhältnis beim unbelasteten Transformator Hochstromschweißen Modell einer Überlandleitung Energieverluste beim Standby-Betrieb elektrischer Geräte	E 6,7,13 S 14 W 19	EG 1,2,6,7,8 K 1,4,8 B 7	272 bis 292
Optionale Auswahl aus folgenden vier Themenbereichen:				
1) Regenerative Energien <ul style="list-style-type: none"> • Energie von der Sonne • Absorption und Strahlung • Der Treibhauseffekt • Fotovoltaikanlagen • Thermische Energie aus Sonnenkollektoren 	Messung der Solarkonstanten	E 5,12	EG 1,3,5,6 K 1,2,3,5,6 B 9	347 bis 371

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept-bezogene Kompetenzen	prozess-bezogene Kompetenzen	SB Seite
2) Regenerative Energien • Wind als Energiequelle • Windenergieanlagen • Der Wirkungsgrad einer Windenergieanlage	Hoch- und Tiefdruckgebiete bestimmen das Wetter	E 6,12	EG 1,3,5,7 K 1,2,3,5,6 B 10	372 bis 383
3) Das Energiesparhaus • Thermische Energie und Wärmedämmung • Verdampfungs- und Kondensationswärme • Der Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine	Versuche zur Wärmeleitfähigkeit	E 7,8,10 S 15	EG 1,2,6,8 K 1,2,4,7 B 8	384 bis 403
4) Verkehrssysteme und Energieeinsatz • Energiebedarf und Umweltbelastung verschiedener Verkehrsmittel • Bewegungswiderstände	CO ₂ -Rechner des WWF c _w -Werte von PkW Vergleich Elektromotor - Generator	E 13,14 W 18	EG 6,7,9,10 K 1,3,4,6 B 5	404 bis 428

Lehrbuch: Fokus Physik Gymnasium 9 NRW

Anzahl der Wochenstunden: 2

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Inhaltsfeld: Radioaktivität und Kernenergie

Fachlicher Kontext: Radioaktivität und Kernenergie – Grundlagen, Anwendungen und Verantwortung

Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept-bezogene Kompetenzen ¹	prozess-bezogene Kompetenzen ²	SB Seite
Größe der Moleküle und Atome	Öltröpfchen-Experiment	M 5	EG 1,2,3,4	295, 297
Aufbau der Atome	Streuexperiment von Rutherford, Kern-Hülle-Modell	M 5	EG 11 B 9	300 bis 307
Zerfall von Atomkernen – Radioaktivität <ul style="list-style-type: none">• Aufbau der Atomkerne, Nuklide und Isotope• Radioaktivität: Alpha-, Beta- und Gammastrahlung	Entdeckungen von Henri Becquerel und Marie Curie	M 5	EG 10,11	308 bis 312
Eigenschaften der Kernstrahlung <ul style="list-style-type: none">• ionisierende Wirkung radioaktiver Strahlung• Nulleffekt, Impulsrate• Reichweite radioaktiver Strahlung, Abschirmung und Ablenkung• Halbwertszeit• Aktivität• Zerfallsreihen	Nachweis der ionisierenden Wirkung radioaktiver Strahlung mit Elektroskop und Funkenstrecke, Messung der Impulsrate radioaktiver Präparate mit einem Geigerzähler, Demonstration der Reichweite radioaktiver Strahlung mit der Nebelkammer nach Wilson, Altersbestimmung (z.B. Gletscherleiche Ötzi); Arbeiten mit der Nuklidkarte	M 6,7,9 W 16,17	EG 1,2,4,5,8,9 K 1,4,6,8	313 bis 320

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Themen	zentrale Versuche und Anregungen	konzept-bezogene Kompetenzen ¹	prozess-bezogene Kompetenzen ²	SB Seite
Kernspaltung und Kernfusion <ul style="list-style-type: none"> • Kernspaltung und Kettenreaktion • Kernkraftwerke und Brennstoffkreislauf • Kernfusion und Fusionsreaktoren • Massendefekt und Energie bei Kernspaltung und Kernfusion 	Entdeckung der Kernspaltung von Otto Hahn, Fritz Straßmann und Lise Meitner, Modellexperimente zur Kettenreaktion, Aufbau und Funktionsweise von Siede- und Druckwasserreaktoren	E 12 S 6	EG 6,7,10,11 K 1,5	322 bis 333
Chancen und Risiken der Kernenergie	Pro und Kontra Kernenergie, Lagerung radioaktiver Abfälle, GAU (z.B. Tschernobyl 1986, Fukushima 2011)	S 12,14 E 14	EG 6,7,11 B 2,4,6,7,10 K 1,2	331
Strahlenbelastung und Strahlenschutz <ul style="list-style-type: none"> • Wirkung radioaktiver Strahlung auf den menschlichen Körper • Größen und Angaben zur Strahlenbelastung (Dosimetrie) • Strahlenschäden • Die fünf „A“ des Strahlenschutzes, Warnhinweise 	Messung der Radioaktivität von Substanzen in unserer Umwelt (z.B. Radon, Kaliumchlorid, Glühstrumpf, ...), Darstellung der Wirkungen bei innerer und äußerer Bestrahlung	M 7,10 W 17	EG 6 K 1,2,4,5,6 B 3,5,6	334 bis 339
Strahlendiagnostik und Strahlentherapie Röntgenstrahlung und ihre Entstehung	Röntgens Entdeckung, Anwendungen der Röntgen- und der Kernstrahlung in der Medizin	S 12 W 17 M 7,10	EG 10 K 2 B 3	340 bis 345

Lehrbuch: Fokus Physik Gymnasium 9 NRW

Anzahl der Wochenstunden: 2

¹ Kompetenzen zu den Basiskonzepten „Energie“ (E), „Struktur der Materie“ (M), „System“ (S), „Wechselwirkung“ (W)

² Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“ (EG), „Kommunikation“ (K), „Bewertung“ (B)

* Zusatzangebote zur Erweiterung und Vertiefung



Inhaltsfeld: Mechanik

fachliche Inhalte (<i>Kontexte</i>)	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen
Gleichförmige Bewegung und gleichmäßig beschleunigte Bewegung: (<i>Straßenverkehrsphysik 1: Anfahren, bremsen, überholen, Sicherheitsabstand u.a.</i>) Momentangeschwindigkeit	<ul style="list-style-type: none">Weg-Zeit-Diagramme aufnehmen und interpretieren <i>E2</i>Geschwindigkeiten als Steigung im s-t-Diagramm, Weg als Fläche im v-t-Diagramm ablesen <i>UF1, UF2</i>negative Geschwindigkeiten und Wege deuten <i>UF1</i>Momentangeschwindigkeiten definieren und messen <i>E2</i>v-t-Diagramme und s-t-Diagramme aufnehmen und deuten <i>E2, E5</i>Beschleunigung definieren und messen <i>E2</i>a, v und s als Steigungen oder Flächen in Diagrammen interpretieren <i>UF1</i>negative Beschleunigungen am v-t-Diagramm deuten <i>UF1</i>einfache Bewegungsprobleme rechnerisch untersuchen <i>UF4</i> <p><i>UF1, UF2, UF4, E2, E5</i></p>	<ul style="list-style-type: none">Messungen am ElektrowagenVersuche mit Messstreifen und Zeitmarkengeber (auch als Schülerübung möglich)Versuche mit Cassy auf der Rollenfahrbahn: mit Lichtschranken oder Speichenrad<i>Videoanalyse von Bewegungsvorgänge: Verwendung fertiger Beispiele oder Erstellung eigener Videos</i>Graphische Auswertung von Messreihen durch Anlegen einer Zeichnung im Heft und/oder Graphik-Taschenrechner und/oder Tabellenkalkulationsprogramm und/oder Cassy<i>Fahrtenschreiber</i><i>Überholvorgang</i><i>Verkehrsstau aus dem Nichts</i><i>ABS</i><i>Knautschzone, Gurt, Helm, Airbag</i>

UF = Umgang mit Fachwissen

E = Erkenntnisgewinnung

K = Kommunikation

B = Bewertung



fachliche Inhalte (Kontexte)	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen
<p>Newton'sche Axiome (Straßenverkehrsphysik 2: auftretende Kräfte)</p>	<ul style="list-style-type: none">• Trägheit durch die Masse beschreiben UF1• Kräfte und ihre Wirkungen benennen UF1• eine konstante Kraft als Ursache einer konstanten Beschleunigung (bei konstanter Masse) benennen• die Grundgleichung der Mechanik experimentell gewinnen und an Beispielproblemen rechnerisch verwenden E2, E5• das Wechselwirkungsprinzip an Beispielen anwenden und vom Kräftegleichgewicht unterscheiden UF3• Reibung durch Kräfte beschreiben UF1, UF2• Kräfte an einfachen Beispielen, insbesondere der geneigten Ebene, in/aus Komponenten zerlegen/zusammensetzen UF1 <p>UF1, UF2, UF3, E2, E5</p>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Historischer Bezug: Aristoteles, Galilei und Newton</i>• Versuche zur Trägheit, Unterscheidung von Schwere• <i>Träge Masse – schwere Masse</i>• Konstante Kraft erzeugt konstante Beschleunigung: auch als Schülerübung mit Messstreifen möglich• Geschwindigkeits-/Beschleunigungsaufnahmegerät an der Luftkissenfahrbahn• Grundgleichung der Mechanik und Definition von 1N mit der Rollenfahrbahn und Cassy• Reibungskräfte messen auch als Schülerübung möglich
<p>Fall- und Wurfbewegungen (Physik und Sport/Freizeit 1: Ballwürfe)</p>	<ul style="list-style-type: none">• die Gesetze für den freien Fall (induktiv und/oder deduktiv) bestimmen E2, E3• den Zusammenhang zwischen Ortsfaktor und Erdbeschleunigung herstellen UF3• Abhängigkeit der Geschwindigkeit vom Bezugssystem erkennen und durch Vektorsummen von Geschwindigkeiten ausdrücken UF3• den waagerechten Wurf als Überlagerung aus einer gleichförmigen Bewegung und dem freien Fall beschreiben UF1, UF3, UF4• die Parabelbahn herleiten E3• Bahngeschwindigkeiten als Vektorsumme darstellen• Problemstellungen zu Fall- und Wurfbewegungen rechnerisch lösen UF4 <p>UF1, UF3, UF4, E2, E3</p>	<ul style="list-style-type: none">• Freier Fall mit Fallgerät (Messung von s und t)• Freier Fall mit Messstreifen (unterschiedliche Massen möglich), auch als Schülerübung• Freier Fall mit g-Leiter und Cassy (unterschiedliche Massen möglich)• Freier Fall mit Vakuumröhre• <i>Videoanalyse zur Fallbewegung</i>• <i>Einfluss des Luftwiderstandes</i>• Zur ungestörten Überlagerung mit der Fallbewegung: Bolzenspanngerät mit zwei Kugeln und/oder „Blattschussgerät“• Parabelbahn des waagerechten Wurfes mit Wasserstrahl und/oder Wurfgerät



fachliche Inhalte (<i>Kontexte</i>)	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen
Erhaltungssätze: Energie und Impuls <i>(Physik und Sport/Freizeit 2: Bungee-Springen, Looping)</i>	<ul style="list-style-type: none">• Lage-, Bewegungs- und Spannenergie und ihre Umwandlung bei mechanischen Vorgängen beschreiben und messen <i>UF1, E2</i>• den Energieerhaltungssatz formulieren und zur Berechnung bei Bewegungsvorgängen (Steighöhen, Geschwindigkeiten) nutzen <i>UF4</i>• Energie und Kraft unterscheiden <i>UF3</i>• den Begriff der physikalischen Arbeit definieren und in F_s-s-Diagrammen darstellen• den Impuls als weitere Erhaltungsgröße zur Beschreibung von Stoßvorgängen anwenden <i>UF2, E4</i> <i>UF1, UF2, UF3, UF4, E2, E4</i>	<ul style="list-style-type: none">• Beispiele für Energieumwandlungen, Messungen mit Lichtschranke: Fadenpendel, zwischen zwei Federn schwingender Wagen• Spielzeugautobahn• Elastischer und unelastischer Stoß an der Rollenfahrbahn mit Cassy• Leistung• <i>Luftwiderstand</i>
Kreisbewegung <i>(Straßenverkehrsphysik 3: überhöhte und nicht überhöhte Kurve, Physik und Sport/Freizeit 3: Kettenkarussell, Rotor, Kräfte bei der Loopingbahn)</i>	<ul style="list-style-type: none">• Umlaufdauer, Frequenz, Bahngeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit messen und in einander umrechnen <i>E2</i>• die Entstehung einer Kreisbahn mit dem Auftreten einer Zentripetalkraft erklären <i>UF1, UF2</i>• die Zentrifugalkraft als Scheinkraft im mitbewegten Bezugssystem deuten• die Abhängigkeit der Zentripetalkraft von Masse, Radius, Bahn- und/oder Winkelgeschwindigkeit messen und in einer Gleichung zusammenfassen <i>E2, E4, E5</i>• die Proportionalität zu r bzw. $1/r$ erklären <i>UF3</i>• die Zentripetalkraft zur Beschreibung und Berechnung von Kreisbewegungen nutzen <i>UF4</i> <i>UF1, UF2, UF3, UF4, E2, E4, E5</i>	<ul style="list-style-type: none">• Gerät zur Kreisbewegung nach Phywe• Messung der Zentripetalkraft mit Kraftsensor und Dreharm mit Cassy• Stopfen auf rotierender Kreisscheibe• <i>Kreisrinne</i>



fachliche Inhalte (<i>Kontexte</i>)	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen
Gravitation und Planetenbewegung <i>(Physik und Raumfahrt)</i>	<ul style="list-style-type: none">• die $1/r^2$ – Abhängigkeit des Newton'schen Gravitationsgesetzes erläutern <i>UF1</i>• die Abhängigkeit von der Masse beider Körper deuten <i>UF1</i>• die Gravitationskraft als Kraft zwischen allen Körpern mit Masse erkennen, das Gravitationsgesetz formulieren, prinzipiell ein Verfahren zur Messung der Gravitationskonstanten beschreiben, eine Vorstellung von der Größe der Kraft auf verschiedenen Massenskalen entwickeln <i>E2, E4</i>• die Gravitationskraft als Ursache der Bahnkurven der Planeten nennen <i>UF1, UF3</i>• Ellipsen konstruieren, ihre Kenngrößen berechnen und das 1. Kepler'sche Gesetz kennen <i>UF1</i>• die Wirkung einer Zentralkraft auf die Bewegung eines Körpers beschreiben und das 2. Kepler'sche Gesetz formulieren <i>UF1, UF2</i>• aus Bahndaten der Planeten das dritte Kepler'sche Gesetz ableiten und/oder für Kreisbahnen aus dem Gravitationsgesetz herleiten <i>E5</i> <i>UF1, UF2, UF3, E2, E4, E5</i>	<ul style="list-style-type: none">• Video zur Gravitation• <i>Schwereelosigkeit</i>• <i>Gezeiten</i>• <i>Massenbestimmung des Zentralkörpers</i>• <i>Schwarze Löcher</i>• <i>Äquivalenzprinzip und einfache Folgerungen</i>• <i>Forschung in Schwerelosigkeit: Fallturm und ISS</i>



fachliche Inhalte (<i>Kontexte</i>)	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen
Schwingungen und Wellen (<i>Physik und Schall/Musik</i>)	<ul style="list-style-type: none">• Schwingungen durch Amplitude und Frequenz/Periodendauer beschreiben <i>UF1</i>• Mechanische harmonische Schwingungen durch Zeigerdiagramm und Sinusfunktion beschreiben <i>UF1</i>• Eigenschwingungen von Feder- und Fadenpendel z.B. aus der Energiebetrachtung herleiten, durch Messung bestimmen und die auftretenden Parameter deuten <i>E3, E4, E5</i>• den Einfluss der Dämpfung auf die Amplitude unter dem Energieaspekt deuten <i>UF1, UF3, E1</i>• das Verhalten von schwingungsfähigen Systemen bei erzwungenen Schwingungen beschreiben und das Phänomen der Resonanz erklären <i>UF1, E4, E5</i>• mechanische Wellen durch Amplitude, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit beschreiben <i>UF1</i>• Longitudinal- und Transversalwellen im Zusammenhang mit dem Ausbreitungsmedium unterscheiden <i>UF1</i> <i>UF1, UF3, E1, E3, E4, E5</i>	<ul style="list-style-type: none">• Feder-, Fadenpendel• Projizierte Kreisbewegung• Erzwungene Schwingung beim Federpendel• Beispiele für erwünschte und unerwünschte Resonanz bei Musikinstrumenten, an Bauwerken, z.B. Tacoma-Bridge• Wasserwellen• Schallwellen• <i>Stehende Wellen bei Saiten und Luftsäulen, Tonerzeugung bei Musikinstrumenten K2, K3</i>

Anzahl der Wochenstunden: 3

Anzahl der Klausuren: 1 Klausur pro Halbjahr

Dauer der Klausuren: 2 Unterrichtsstunden (90 Minuten) je Klausur

Lehrbuch

Dorn/Bader: Physik Gymnasium SEK.II, Einführungsphase, Schroedel Verlag, Braunschweig 2010



Inhaltsfeld: Quantenobjekte (GK)

Kontext: Erforschung des Photons (Wellenaspekt)

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
Beugung und Interferenz, Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (7 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">• Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ veranschaulichen und auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips erklären (K3)• Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> bestimmen (E5)	<ul style="list-style-type: none">• Doppelspalt und Gitter, Wellenwanne• quantitative Experimente mit Laserlicht <p><u>Hinweis:</u> Beugung am Einzelspalt entfällt</p>
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (7 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">• anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht demonstrieren (E2)• den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen bestimmen (E5)	<ul style="list-style-type: none">• Photoeffekt• Hallwachsversuch• Vakuumphotozelle• Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums und der Austrittsarbeit <p><u>Hinweise:</u> Die Formel für die maximale kinetische Energie der Photoelektronen wird zunächst vorgegeben. Der Zusammenhang zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit wird ebenfalls vorgegeben und nur plausibel gemacht.</p>



Quantenobjekte (GK) Fortsetzung 1

Kontext: Erforschung des Elektrons (Teilchenaspekt)

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
Elementarladung (5 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung erläutern (UF1, E5)ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten untersuchen (E6)	<ul style="list-style-type: none">schwebender WattebauschMillikanversuch, auch als Simulation möglichSchwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung) <p><u>Hinweise:</u> Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld besprechen, Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, in diesem Fall die Ladung, definieren, beim homogenen elektrischen Feld im Plattenkondensator, den Zusammenhang zwischen Feldstärke, Spannung und Abstand der Kondensatorplatten vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren</p>
Elektronenmasse (7 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder beschreiben und deren Definitionsgleichungen erläutern (UF2, UF1)Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung bestimmen (UF2)Vorgänge im <i>Fadenstrahlrohr</i> (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch modellieren, Parameter variieren und dafür deduktiv Schlussfolgerungen herleiten, die sich experimentell überprüfen lassen, und Elektronenmasse ermitteln (E6, E3, E5)	<ul style="list-style-type: none"><i>e/m</i>-Bestimmung mit Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaarauch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft)evtl. Stromwaage bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit)Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde <p><u>Hinweise:</u> Einführung der 3-Finger-Regel und Angabe der Gleichung für die Lorentzkraft; Einführung des Begriffs des magnetischen Feldes (in Analogie zu den beiden anderen Feldern durch Kraft auf Probekörper, in diesem Fall bewegte Ladung oder stromdurchflossener Leiter) und des Zusammenhangs zwischen magnetischer Kraft, Leiterlänge und Stromstärke; Vertiefung des Zusammenhangs zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit am Beispiel Elektronenkanone</p>



Quantenobjekte (GK) Fortsetzung 2

Kontext: Erforschung des Elektrons (Teilchenaspekt)

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge (3 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">Aussage der de Broglie-Hypothese erläutern, diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> anwenden und die Wellenlänge der Elektronen bestimmen (UF1, UF2, E4)	<ul style="list-style-type: none">Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem GraphitVeranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung

Kontext: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte (Wellen- und Teilchenaspekt)

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
Licht und Materie (5 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik erläutern (E6, E7)die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen verdeutlichen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3)an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen aufzeigen (B4, K4)die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus beschreiben und diskutieren (B4, K4)	<ul style="list-style-type: none">ComputersimulationDoppelspaltPhotoeffektReflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik

Anzahl der Unterrichtsstunden Quantenobjekte: 34



Inhaltsfeld: Elektrodynamik (GK)

Kontext: Energieversorgung und -transport mit Generatoren und Transformatoren

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
<p>Wandlung von mechanischer in elektrische Energie:</p> <p>Elektromagnetische Induktion</p> <p>Induktionsspannung</p> <p>(5 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none">• am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger erläutern (UF1, E6)• die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung bestimmen und damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen definieren (UF2)• die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel bestimmen (UF2,E6)• Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen auswerten (E2, E5)	<ul style="list-style-type: none">• „Leiterschaukelversuch“ bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld• Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der Leiterschaukel)• Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird• Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen U, v und B
<p>Technisch praktikable Generatoren:</p> <p>Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none">• bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen recherchieren (K2)• adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich erläutern (K3)• das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren erläutern (E2, E6)• Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen auswerten (E2,E5)• Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurückführen (UF3, UF4)	<ul style="list-style-type: none">• Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren• Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit Oszilloskop und/oder digitalem Messwerterfassungssystem (MES)• Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip



Elektrodynamik (GK) Fortsetzung 1

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“ Transformator (5 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">• adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich erläutern (K3)• die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> ermitteln (UF1, UF2)• Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung angeben (E4)• Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen auswerten (E2, E5)• Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurückführen (UF3, UF4)	<ul style="list-style-type: none">• diverse „Netzteile“ von Elektro-Kleingeräten (mit klassischem Transformator)• Demo-Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten• ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule mit Messwerterfassungssystem zur zeitaufgelösten Registrierung der Induktionsspannung und des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes• Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen
Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“ (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">• ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i> verwenden, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3)• die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen bewerten (B1)• den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie aufzeigen (UF4)• Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen beurteilen (B2, B1, B4)	<ul style="list-style-type: none">• Modellexperiment (z.B. mit Hilfe von Aufbautransformatoren) zur Energieübertragung („Freileitungen“)• Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen



Elektrodynamik (GK) Fortsetzung 2

Kontext: Wirbelströme im Alltag

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
Lenz'sche Regel (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">• anhand des <i>Thomson'schen Ringversuchs</i> die Lenz'sche Regel erläutern (E5, UF4)• bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme bewerten (B1)	<ul style="list-style-type: none">• Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten• Thomson'scher Ringversuch• diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr

Anzahl der Unterrichtsstunden Elektrodynamik: 22



Inhaltsfeld: Strahlung und Materie (GK)

Kontext: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen erläutern, vergleichen und beurteilen (E6, UF3, B4)	Ausgewählte Beispiele für Atommodelle Literaturrecherche, Schulbuch
Energieniveaus der Atomhülle (2 Ustd.)	Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle erklären (UF1, E6)	Erzeugung von Linienpektren mithilfe von Gasentladungslampen Deutung der Linienpektren
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (3 Ustd.)	die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienpektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle erläutern (E2, E5, E6, E7)	Franck-Hertz-Versuch <u>Hinweis:</u> Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)
Röntgenstrahlung (3 Ustd.)		Aufnahme von Röntgenspektren (kann mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch geschehen, weil Schulröntgeneinrichtung seit 2002 stillgelegt ist) <u>Hinweise:</u> Im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden; mögliche Ergänzungen: Bremspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion



Strahlung und Materie (GK) Fortsetzung 1

Kontext: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
Sternspektren und Fraunhoferlinien (3 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">• Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe interpretieren (K3, K1),• Sternspektren und Fraunhoferlinien erklären (UF1, E5, K2),• darstellen, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),	<ul style="list-style-type: none">• Flammenfärbung• Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)• Darstellung des Sonnenspektrums mit seinen Fraunhoferlinien• Spektralanalyse

Kontext: Mensch und Strahlung

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
Strahlungsarten (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">• α-, β-, γ-Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung unterscheiden (UF3)• den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten erläutern (E4, E5)• an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik bewerten (B1, B3)	Absorptionsexperimente zu α-, β-, γ-Strahlung <u>Hinweise:</u> Wiederholung und Vertiefung entsprechende Kenntnisse aus der Sek. I
Elementumwandlung (1 Ustd.)	den Begriff Radioaktivität erläutern und zugehörige Kernumwandlungsprozesse beschreiben (UF1, K1)	Nuklidkarte



Strahlung und Materie (GK) Fortsetzung 2

Kontext: Mensch und Strahlung

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
Detektoren (3 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (<i>Geiger-Müller-Zählrohr</i>) erläutern und Halbwertszeiten und Zählraten bestimmen (UF1, E2),	<ul style="list-style-type: none">Geiger-Müller-Zählrohr An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.
Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe Dosimetrie (3 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen beschreiben (UF1),Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf bereiten (K2, K3, B3, B4),in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften begründen (E6, UF4),das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung erläutern, deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein ordnen und Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag bewerten (B1, K2)Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten bewerten (B3, B4)Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien bewerten (B3, B4)	Sinnvolle Beispiele sind die Nutzung von ionisierender Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle technische Anlagen. ggf. Einsatz eines Films / eines Videos Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffen: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis



Strahlung und Materie (GK) Fortsetzung 3

Kontext: Forschung am CERN und DESY (Standardmodell der Elementarteilchen)

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">• mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine erläutern und mit ihm Phänomene der Kernphysik erklären (UF3, E6)• an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell erklären (UF1)• in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik recherchieren (K2)	<p><u>Hinweise:</u> In diesem Bereich sind i.d.R. keine Realexperimente für Schulen möglich. Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.</p> <p>Mögliche Schwerpunktsetzung: Paarerzeugung, Paarvernichtung</p>
(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung Konzept der Austausch- teilchen vs. Feldkonzept (2 Ustd.)	in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes vergleichen (E6).	Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Problematik dieser Modelle thematisieren Lehrbuch, Animationen

Anzahl der Unterrichtsstunden Strahlung und Materie: 28



Inhaltsfeld: Relativität von Raum und Zeit (GK)

Kontext: Navigationssysteme

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
Relativität der Zeit (5 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">• das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit interpretieren (UF4)• anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie erklären und quantitativ die Formel für die Zeitdilatation ermitteln (E6, E7)• qualitativ den <i>Myonenzerfalls</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation erläutern (E5, UF1)• die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung erläutern (K3)• mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten begründen, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2)• die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie erläutern (UF1)	<ul style="list-style-type: none">• Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation)• Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation)• Myonenzerfall (Experimentepool der Universität Wuppertal) <p><u>Hinweise:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Als Ausgangsproblem kann die: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen herangezogen werden.• Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation. Betrachtet man das Bezugssystem der Myonen als ruhend, kann die Längenkontraktion der Atmosphäre plausibel gemacht werden.• Die Formel für die Längenkontraktion wird angegeben.



Relativität von Raum und Zeit (GK) Fortsetzung 1

Kontext: Teilchenbeschleuniger

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> erläutern und deren Grenzen zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte aufzeigen (K4, UF4) 	<p>Zyklotron (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)</p> <p>Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.</p>
Ruhemasse und dynamische Masse (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> die Energie-Masse Äquivalenz erläutern (UF1). die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für die Kernspaltung und Kernfusion auf zeigen (B1, B3) 	<p>Die Formeln für die dynamische Masse und $E=mc^2$ werden als deduktiv herleitbar angegeben.</p> <p>Anwendung der Formel $E=mc^2$: z.B. paarweise Erzeugung und Vernichtung von Teilchen, Atomkernspaltung</p> <p>Einsatz von Filmen zu Hiroshima und Nagasaki.</p>

Kontext: Das heutige Weltbild

Inhalte	Kompetenzen	zentrale Versuche und Anregungen (Schlüsselexperimente fett gedruckt)
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie diskutieren (B4, E7), Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen beschreiben (K3) 	Lehrbuch, Film / Video

Anzahl der Unterrichtsstunden Relativität von Raum und Zeit: 13



Anzahl der Unterrichtsstunden für die Inhaltsfelder (GK):

- 34 Quantenobjekte (Q1)
- 22 Elektrodynamik(Q1)
- 28 Strahlung und Materie (Q2)
- 13 Relativität von Raum und Zeit (Q2)

Anzahl der Unterrichtsstunden (GK, Q1): 56

Anzahl der Unterrichtsstunden (GK, Q2): 41

Gesamtzahl der Unterrichtsstunden: 97

Anzahl der Wochenstunden (GK, Qualifikationsphase): 3

Anzahl der Klausuren: 2 Klausuren pro Halbjahr

Dauer der Klausuren: 2 Unterrichtsstunden (90 Minuten) (Q1.1 und Q 1.2)
3 Unterrichtsstunden (155 Minuten inklusive 20 Minuten Pause) (Q 2.1)
3 Zeitstunden (180 Minuten) (Q 2.2)

Lehrbücher zum neuen KLP, Qualifikationsphase (GK)

Dorn/Bader: Physik Gymnasium SEK.II, NRW, Qualifikationsphase, Schroedel Verlag, Braunschweig 2015
J.Grehn, J.Krause: Metzler Physik, Qualifikationsphase Grundkurs, NRW, Schroedel Verlag, Braunschweig 2015
Impulse Physik, Qualifikationsphase Grundkurs für Gymnasien in NRW, Stuttgart 2015



Inhaltsfeld: Relativitätstheorie (LK)

Kontext: Satellitennavigation – Zeitmessung ist nicht absolut

Leitfrage: Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit

Schlüsselexperimente sind fett gedruckt

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit Inertialsysteme Relativität der Gleichzeitigkeit (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit begründen (UF4, E5, E6) das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren erläutern (UF2) mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten begründen (UF2) 	Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation) Relativität der Gleichzeitigkeit (Video / Film)	Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson- und Morley-Experiments (Computersimulation). Das Additionstheorem für relativistische Geschwindigkeiten kann ergänzend ohne Herleitung angegeben werden.



Kontext: Höhenstrahlung

Leitfrage: Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche?

Inhaltliche Schwerpunkte: Zeitdilatation und Längenkontraktion

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Zeitdilatation und relativistischer Faktor (2 Ustd., zusätzlich Exkursion)	<ul style="list-style-type: none">mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation herleiten (E5)die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors reflektieren (E7)die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie erläutern (UF1)	Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation) Myonenzerfall (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität)	Mit der Lichtuhr wird der relativistische Faktor γ hergeleitet. Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als eine experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation.
Längenkontraktion (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none">den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion begründen (E6)die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen erläutern (UF1)Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen beschreiben (K3)	Myonenzerfall (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität) – s. o.	Der Myonenzerfall dient als experimentelle Bestätigung der Längenkontraktion (im Vergleich zur Zeitdilatation) – s. o. Herleitung der Formel für die Längenkontraktion



Kontext: Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme erläutern (K2, K3) 	Bertozzi-Experiment (anhand von Literatur)	Hier würde sich eine Schülerpräsentation des Bertozzi-Experiments anbieten. Der Einfluss der Massenzunahme wird in einer Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geraten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht. Die Formel für die dynamische Masse wird als deduktiv herleitbar angegeben.
Ruhemasse und dynamische Masse (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> die Energie-Masse-Beziehung erläutern (UF1) die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung berechnen (UF2) 		Die Differenz aus dynamischer Masse und Ruhemasse wird als Maß für die kinetische Energie eines Körpers identifiziert.
Bindungsenergie im Atomkern Annihilation (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen beschreiben (UF4) den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag bestimmen und bewerten (E7, B1) die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion beurteilen (B1, B3) 	Historische Aufnahme von Teilchenbahnen	Interpretation des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie pro Nukleon und der Kernspaltungs- bzw. Kernfusionsenergie bei den entsprechenden Prozessen. Es können Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden. Erzeugung und Vernichtung von Teilchen



Kontext: Satellitennavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation

Leitfrage: Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?

Inhaltliche Schwerpunkte: Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Gravitation und Zeitmessung (2 Ustd.)	qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung beschreiben (UF4)	Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum (früheres Experimente der PTB Braunschweig) Flug von Atomuhren um die Erde (Video)	Dieser Unterrichtsabschnitt soll lediglich einen ersten – qualitativ orientierten – Einblick in die Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen geben. Elemente des Kontextes Satellitennavigation können genutzt werden, um sowohl die Zeitdilatation (infolge der unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Satelliten) als auch die Gravitationswirkung (infolge ihres Aufenthalts an verschiedenen Orten im Gravitationsfeld der Erde) zu verdeutlichen.
Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit) (2 Ustd.)	mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“ veranschaulichen (K3)	Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment Das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung Film / Video	An dieser Stelle könnte eine Schülerpräsentation erfolgen (mithilfe der Nutzung von Informationen und Animationen aus dem Internet)



Kontext: Das heutige Weltbild

Leitfrage: Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit, Zeitdilatation und Längenkontraktion, Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung, Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds bewerten (B4)	Lehrbuchtexte, Internetrecherche	Ggf. Schülervortrag

Anzahl der Unterrichtsstunden Relativitätstheorie: 22



Inhaltsfeld: Elektrik (LK)

Kontext: Untersuchung von Elektronen

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder, Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern

Schlüsselexperimente sind fett gedruckt

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
<p>Grundlagen: Ladungstrennung, Ladungsträger</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<p>erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6)</p>	<p>einfache Versuche zur Reibungselektrizität – Anziehung / Abstoßung, halbquantitative Versuche mit Hilfe eines Elektrometerverstäarkers: Zwei aneinander geriebene Kunststoffstäbe aus unterschiedlichen Materialien tragen betragsmäßig gleiche, aber entgegengesetzte Ladungen, Influenzversuche</p>	<p>An dieser Stelle sollte ein Rückgriff auf die S I erfolgen. Das Elektron soll als (ein) Träger der negativen Ladung benannt und seine Eigenschaften untersucht werden.</p>
<p>Bestimmung der Elementarladung: elektrische Felder, Feldlinien potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung Kondensator Elementarladung</p> <p>(10 Ustd.)</p>	<p>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 Feldlinien- modellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4)</p>	<p>Skizzen zum prinzipiellen Aufbau des Millikanversuchs realer Versuchsaufbau oder entsprechende Medien (z. B: RCL: remote control labora- tory) einfache Versuche und visuelle Medien zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell Plattenkondensator (homogenes E-Feld)</p>	<p>Die Versuchsidee „eines“ Millikanversuchs wird erarbeitet. Der Begriff des elektrischen Feldes und das Feldlinienmodell werden eingeführt. Die elektrische Feldstärke in einem Punkt eines elektrischen Feldes, der Begriff „homogenes Feld“ und die Spannung werden definiert.</p>



Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
	<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 Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1)</p>	<p>evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition, Spannungsmessung am Plattenkondensator, Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch</p>	<p>Zusammenhang zwischen E und U im homogenen Feld</p> <p>Bestimmung der Elementarladung mit Diskussion der Messgenauigkeit</p> <p>An dieser Stelle sollten Übungsaufgaben erfolgen, z.B. auch zum Coulomb'schen Gesetz. Dieses kann auch nur per Plausibilitätsbetrachtung eingeführt werden.</p>
<p>Bestimmung der Masse eines Elektrons: magnetische Felder, Feldlinien, potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger, Elektronenmasse</p> <p>(10 Ustd.)</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 Elektrik 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>Fadenstrahlrohr (zunächst) zur Erarbeitung der Versuchsidee</p> <p>Stromwaage zur Demonstration der Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld sowie zur Veranschaulichung der Definition der magnetischen Feldstärke</p> <p>Versuche mit z.B. Oszilloskop, Fadenstrahlrohr, altem (Monochrom-) Röhrenmonitor o. ä. zur Demonstration der Lorentzkraft</p> <p>Fadenstrahlrohr zur e/m – Bestimmung (das Problem der Messung der magnetischen Feldstärke wird ausgelagert)</p>	<p>Die Frage nach der Masse eines Elektrons führt zu weiteren Überlegungen.</p> <p>Als Versuchsidee wird (evtl. in Anlehnung an astronomischen Berechnungen in der EF) die Auswertung der Daten einer erzwungenen Kreisbewegung des Teilchens erarbeitet.</p> <p>Dazu wird der Begriff des magnetischen Feldes eingeführt sowie die Veranschaulichung magnetischer Felder (inkl. Feldlinienmodell) erarbeitet.</p> <p>Definition der magnetischen Feldstärke, Definition des homogenen Magnetfeldes</p> <p>Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld, Herleitung der Formel für die Lorentzkraft</p>



Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
	<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 Elektrik, 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 Feldlinienbilder (K3, E6, B4)</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6)</p> <p>leiten physikalische Gesetze (Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2)</p> <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, UF4)</p> <p>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>		<p>Ein Verfahren zur Beschleunigung der Elektronen sowie zur Bestimmung ihrer Geschwindigkeit wird erarbeitet.</p>



Kontext: Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen

Leitfrage: Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet?

Inhaltliche Schwerpunkte: Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder, Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
<p>Anwendungen in Forschung und Technik: Bewegung von Ladungsträgern in Feldern (12 Ustd.)</p>	<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, UF4) erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (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) entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, 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>	<p>Halleffektgerät, Hallsonde Hall-Effekt Wien-Filter diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen) Elektronenstrahlröhre visuelle Medien und Computersimulationen (ggf. RCLs) zum Massenspektrometer, Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern</p>	<p>Das Problem der Messung der Stärke des magnetischen Feldes der Helmholtzspulen (e/m – Bestimmung) wird wieder aufgegriffen Vorstellung des Aufbaus einer Hallsonde und Erarbeitung der Funktionsweise einer Hallsonde Veranschaulichung mit dem Halleffektgerät (Silber) Kalibrierung einer Hallsonde Messungen mit der Hallsonde, u. a. nachträgliche Vermessung des Helmholtzspulenfeldes Bestimmung der magnetischen Feldkonstante Arbeits- und Funktionsweisen sowie die Verwendungszwecke diverser Elektronenröhren, Teilchenbeschleuniger und eines Massenspektrometers werden untersucht.</p>



Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
<p>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung: Auf- und Entladung von Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes</p> <p>(10 Ustd.)</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>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4)</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>ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator) (UF2)</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6)</p>	<p>diverse Kondensatoren (als Ladungs-/ Energiespeicher)</p> <p>Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren</p> <p>statische Voltmeter bzw. Elektrometermessverstärker</p> <p>Schülerversuche zur Auf- und Entladung von Kondensatoren sowohl mit großen Kapazitäten (Messungen mit Multimeter) als auch mit kleineren Kapazitäten (Messungen mit Hilfe von Messwerterfassungssystemen)</p> <p>Computer oder GTR/CAS-Rechner zur Messwertverarbeitung</p>	<p>Kondensatoren werden als Ladungs-/ Energiespeicher vorgestellt (z.B. bei elektronischen Geräten wie Computern).</p> <p>Die (Speicher-) Kapazität wird definiert und der Zusammenhang zwischen Kapazität, Plattenabstand und Plattenfläche für den Plattenkondensator (deduktiv mit Hilfe der Grundgleichung des elektrischen Feldes) ermittelt.</p> <p>Plausibilitätsbetrachtung zur Grundgleichung des elektrischen Feldes im Feldlinienmodell,</p> <p>Ermittlung der elektrischen Feldkonstante (evtl. Messung),</p> <p>Auf- und Entladevorgänge bei Kondensatoren werden messtechnisch erfasst, computerbasiert ausgewertet und mithilfe von Differentialgleichungen beschrieben.</p> <p>deduktive Herleitung der im elektrischen Feld eines Kondensators gespeicherten elektrischen Energie</p>



Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
	<p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1)</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)</p>		

Kontext: *Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie*

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektromagnetische Induktion



Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
<p>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie: Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel, Energie des magnetischen Feldes</p> <p>(22 Ustd.)</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 einer Wechselspannung) (E6)</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3)</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1)</p> <p>identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4)</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>einfaches elektrodynamisches Mikrofon</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke)</p> <p>quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße B, registrierende Messung von $B(t)$ und $U_{\text{ind}}(t)$</p> <p>„Aufbau-“ Transformatoren zur Spannungswandlung</p>	<p>Leiterschaukelversuch evtl. auch im Hinblick auf die Registrierung einer gedämpften mechanischen Schwingung auswertbar,</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren werden nur qualitativ behandelt.</p> <p>Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Flächenänderung (deduktive Herleitung)2. Änderung der Feldgröße B (quantitatives Experiment) <p>Drehung einer Leiterschleife (qualitative Betrachtung)</p> <p>Der magnetische Fluss wird definiert, das Induktionsgesetz als Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse formuliert.</p> <p>qualitative Deutung des Versuchsergebnisses zur Selbstinduktion</p>



Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
	<p>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> <p>ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2)</p> <p>bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6)</p> <p>begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4)</p>	<p>Modellversuch zu einer „Überlandleitung“ (aus CrNi-Draht) mit zwei „Trafo-Stationen“, zur Untersuchung der Energieverluste bei unterschiedlich hohen Spannungen</p> <p>Versuch (qualitativ und quantitativ) zur Demonstration der Selbstinduktion (registrierende Messung und Vergleich der Ein- und Ausschaltströme in parallelen Stromkreisen mit rein ohmscher bzw. mit induktiver Last)</p> <p>Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen</p> <p>diverse „Ringversuche“</p>	<p>Deduktive Herleitung des Terms für die Selbstinduktionsspannung einer langen Spule (ausgehend vom Induktionsgesetz), Interpretation des Vorzeichens mit Hilfe der Lenz'schen Regel</p> <p>Definition der Induktivität,</p> <p>messtechnische Erfassung und computerbasierte Auswertung von Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen</p> <p>deduktive Herleitung der im magnetischen Feld einer Spule gespeicherten magnetischen Energie</p>



Kontext: Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung

Leitfrage: Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
<p>Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik: Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis, Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis</p> <p>(12 Ustd.)</p>	<p>erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1)</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1)</p> <p>erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2)</p> <p>beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5)</p>	<p>MW-Radio aus Aufbauteilen der Elektriksammlung mit der Möglichkeit, die modulierte Trägerschwingung z.B. oszilloskopisch zu registrieren</p> <p>einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik / Akustik)</p>	<p>Zur Einbindung der Inhalte in den Kontext wird zunächst ein Mittelwellenradio aus Aufbauteilen der Elektriksammlung vorgestellt.</p> <p>Der Schwingkreis als zentrale Funktionseinheit des MW-Radios: Es kann leicht gezeigt werden, dass durch Veränderung von L bzw. C der Schwingkreis so „abgestimmt“ werden kann, dass (z.B. oszilloskopisch) eine modulierte Trägerschwingung registriert werden kann, also der Schwingkreis „von außen“ angeregt wird.</p> <p>Die Analogie zu mechanischen Resonanzversuchen wird aufgezeigt.</p>



Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
	<p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4)</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1)</p>	<p>RLC - Serienschwingkreis insbesondere mit registrierenden Messverfahren und computergestützten Auswerteverfahren</p> <p>ggf. Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung zur Erzeugung / Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen</p>	<p>Die zentrale Funktionseinheit „Schwingkreis“ wird genauer untersucht.</p> <p>Spannungen und Ströme im RCL – Kreis werden zeitaufgelöst registriert, die Diagramme sind Grundlage für die qualitative Beschreibung der Vorgänge in Spule und Kondensator.</p> <p>Quantitativ wird nur die ungedämpfte Schwingung beschrieben (Herleitung der Thomsonformel).</p>
	<p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2)</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2)</p>		<p>Die Möglichkeiten zur mathematischen Beschreibung gedämpfter Schwingungen sowie Möglichkeiten der Entdämpfung / Rückkopplung können kurz und rein qualitativ angesprochen werden.</p>



Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
<p>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</p> <p>Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen</p> <p>(16 Ustd.)</p>	<p>beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6)</p> <p>erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6)</p> <p>beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6)</p> <p>erläutern anhand schematischer 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>L-C-Kreis, der sich mit einem magnetischen Wechselfeld über eine „Antenne“ zu Schwingungen anregen lässt</p> <p>dm-Wellen-Sender mit Zubehör (Empfängerdipol, Feldindikatorlampe)</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der E- und B-Felder beim Hertz'schen Dipol, entsprechende Computersimulationen</p> <p>Ringentladungsröhre (zur Vertiefung der elektromagnetischen Induktion)</p> <p>visuelle Medien zur magneto-elektrischen Induktion</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, entsprechende Computersimulationen</p> <p>Versuche mit dem dm-Wellen-Sender (s.o.),</p>	<p>Erinnerung an die Anregung des MW-Radio-Schwingkreises durch „Radiowellen“ zur Motivation der Erforschung sogenannter elektromagnetischer Wellen,</p> <p>Das Phänomen der elektromagnetische Welle, ihre Erzeugung und Ausbreitung werden erarbeitet.</p> <p>Übergang vom Schwingkreis zum Hertz'schen Dipol durch Verkleinerung von L und C,</p> <p>Überlegungen zum „Ausbreitungsmechanismus“ elektromagnetischer Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Induktion findet auch ohne Leiter („Induktionsschleife“) statt!• (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.



Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, 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, auch Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, entsprechende Computersimulationen</p> <p>Wellenwanne</p> <p>Mikrowellensender / Mikrowellenempfänger mit Gerätesatz für Beugungs-, Brechungs- und Interferenzexperimente</p> <p>Interferenz-, Beugungs- und Brechungsexperimente mit (Laser-) Licht an Doppelspalt und Gitter (quantitativ) – sowie z.B. an Kanten, dünnen Schichten,... (qualitativ)</p>	<p>Beugungs-, Brechungs- und Interferenzerscheinungen zum Nachweis des Wellencharakters elektromagnetischer Wellen</p>

Anzahl der Unterrichtsstunden Elektrik: 96



Inhaltsfeld: Quantenphysik (LK)

Kontext: Erforschung des Photons

Leitfrage: Besteht Licht doch aus Teilchen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte, Welle-Teilchen-Dualismus, Quantenphysik und klassische Physik

Schlüsselexperimente sind fett gedruckt

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Lichtelektrischer Effekt (1 Ustd.)	diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6) legen am Beispiel des Photoeffekts und seiner Deutung dar, dass neue physikalische Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Weltbildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können (E7)	Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen (frisch geschmirgelten) Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampf-Lampe (ohne und mit UV-absorbierender Glasscheibe) Photoeffekt	Qualitative Demonstration des Photoeffekts
Teilcheneigenschaften von Photonen Planck'sches Wirkungsquantum (7 Ustd.)	erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3) erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1) diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7) beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2) ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6)	1. Versuch zur h-Bestimmung: Gegenspannungsmethode (Hg-Linien mit Cs-Diode) 2. Versuch zur h-Bestimmung: Mit Simulationsprogramm (in häuslicher Arbeit)	Spannungsbestimmung mithilfe Kondensator-aufladung erwähnen Wenn genügend Zeit zur Verfügung steht, kann an dieser Stelle auch der Compton-Effekt behandelt werden: Bedeutung der Anwendbarkeit der (mechanischen) Stoßgesetze hinsichtlich der Zuordnung eines Impulses für Photonen Keine detaillierte (vollständig relativistische) Rechnung im Unterricht notwendig, Rechnung ggf. als Referat vorstellen lassen



Kontext: Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons

Leitfrage: Was ist Röntgenstrahlung?

Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Röntgenröhre Röntgenspektrum (2 Ustd.)	beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1)	Röntgenröhre der Schulröntgen- einrichtung Sollte keine Röntgenröhre zur Verfügung stehen, kann mit einem interaktiven Bildschirmexperiment (IBE) gearbeitet werden (z.B. http://www.mackspace.de/unterricht/ simulationen_physik/quantenphysik/ sv/roentgen.php oder http://www.uni- due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10 /roentgen_b10_uebersicht.html)	Die Behandlung der Röntgenstrahlung erscheint an dieser Stelle als „Einschub“ in die Reihe zur Quantenphysik sinnvoll, obwohl sie auch zu anderen Sachbereichen Querverbindungen hat und dort durchgeführt werden könnte (z.B. „Physik der Atomhülle“) Zu diesem Zeitpunkt müssen kurze Sachinformationen zum Aufbau der Atomhülle und den Energiezuständen der Hüllelektronen gegeben (recherchiert) werden. Das IBE sollte für die häusliche Arbeit genutzt werden.
Bragg'sche Reflexionsbedingung (2 Ustd.)	erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6)	Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Intensitätsdiagramm vs. Wellenlängen-Intensitätsdiagramm)	Die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teilchenaspekt im Vordergrund
Planck'sches Wirkungsquantum (1 Ustd.)	deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6)		Eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum



Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode Strukturanalyse nach Debye-Scherrer (2 Ustd.)			Schülerreferate mit Präsentationen zur Debye-Scherrer-Methode
Röntgenröhre in Medizin und Technik (2 Ustd.)	führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3)	Film / Video / Foto Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)	Schülerreferate mit Präsentationen anhand Literatur- und Internetrecherchen Ggf. Exkursion zum Röntgenmuseum in Lennep Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses (die aber auch in Rahmen der Kernphysik (s. dort: „Biologische Wirkung ionisierender Strahlung“) durchgeführt werden kann)



Kontext: Erforschung des Elektrons

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Welle-Teilchen-Dualismus

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Wellencharakter von Elektronen (2 Ustd.)	interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6)	Qualitative Demonstrationen mit der Elektronenbeugungsröhre Qualitative Demonstrationen mithilfe RCL (Uni Kaiserslautern: http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/)	Hinweise auf erlaubte nichtrelativistische Betrachtung (bei der verwendeten Elektronenbeugungsröhre der Schule)
Streuung und Beugung von Elektronen De Broglie-Hypothese (4 Ustd.)	beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2) erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1)	Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre	Herausstellen der Bedeutung der Bragg'schen Reflexionsbedingung für (Röntgen-) Photonen wie für Elektronen mit Blick auf den Wellenaspekt von Quantenobjekten Dabei Betonung der herausragenden Bedeutung der de Broglie-Gleichung für die quantitative Beschreibung der (lichtschnellen und nicht lichtschneller) Quantenobjekte



Kontext: Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie

Leitfrage: Was ist anders im Mikrokosmos?

Inhaltliche Schwerpunkte: Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Quantenphysik und klassische Physik

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
linearer Potentialtopf Energiewerte im linearen Potentialtopf (4 Ustd.)	deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4) ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6)		Auf die Anwendbarkeit des Potentialtopf-Modells bei Farbstoffmolekülen wird hingewiesen. Die Anwendbarkeit des (mechanischen) Modells der stehenden Welle kann insofern bestätigt werden, als dass die für die stehenden Wellen sich ergebende DGI mit derjenigen der (zeitunabhängigen) Schrödinger-DGI strukturell übereinstimmt. Ein Ausblick auf die Schrödinger-Gleichung genügt.



Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit (4 Ustd.)	erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4) erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7) erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3) diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7) stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1)	Demonstration des Durchgangs eines einzelnen Quantenobjekts durch einen Doppelspalt mithilfe eines Simulationsprogramms und mithilfe von Videos	
Heisenberg'sche Unschärferelation (2 Ustd.)	erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3), bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).		Die Heisenberg'sche Unschärferelation kann (aus fachlicher Sicht) plausibel gemacht werden aufgrund des sich aus der Interferenzbedingung ergebenden Querimpulses eines Quantenobjekts, wenn dieses einen Spalt passiert.

Anzahl der Unterrichtsstunden Quantenphysik: 33



Inhaltsfeld: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik (LK)

Kontext: Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Atomaufbau

Schlüsselexperimente sind fett gedruckt

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Atomaufbau: Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1)	Recherche in Literatur und Internet Rutherford'scher Streuversuch	Diverse Atommodelle (Antike bis Anfang 20. Jhd.) Per Arbeitsblatt oder Applet (z.B.. http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/rutherford.html)
Energiequantelung der Hüllelektronen (3 Ustd.)	erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5)	Linienspektren Franck-Hertz-Versuch	Linienspektren deuten auf diskrete Energien hin
Linienspektren (3 Ustd.)	stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7)	Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung), Linienspektren von H	Demonstrationsversuch, Arbeitsblatt
Bohr'sche Postulate (2 Ustd.)	formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4)	Literatur, Arbeitsblatt	Berechnung der Energieniveaus, Bohr'scher Radius



Kontext: Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)

Leitfrage: Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?

Inhaltliche Schwerpunkte: Ionisierende Strahlung, Radioaktiver Zerfall

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Ionisierende Strahlung: Detektoren (3 Ustd.)	benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6)	Geiger-Müller-Zählrohr Nebelkammer	Ggf. Schülermessungen mit Zählrohren (Alltagsgegenstände, Nulleffekt, Präparate etc.) Demonstration der Nebelkammer, ggf. Schülerbausatz Material zu Halbleiterdetektoren
Strahlungsarten (5 Ustd.)	erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3) erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1) benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6) erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3)	Absorption von α-, β-, γ-Strahlung Ablenkung von β-Strahlen im Magnetfeld Literatur (zur Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung)	Ggf. Absorption und Ablenkung in Schülerexperimenten



Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Dosimetrie (2 Ustd.)	erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3)	Video zur Dosimetrie Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich	
Bildgebende Verfahren (4 Ustd.)	stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4) beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4)	Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen) Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses	Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen



Kontext: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen

Leitfrage: Wie funktioniert die ^{14}C -Methode?

Inhaltliche Schwerpunkte: Radioaktiver Zerfall

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Radioaktiver Zerfall: Kernkräfte (1 Ustd.)	benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1)	Ausschnitt aus Nuklidkarte	Aufbauend auf Physik- und Chemieunterricht der S I
Zerfallsprozesse (7 Ustd.)	identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2)	Elektronische Nuklidkarte	Umgang mit einer Nuklidkarte
	entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5) nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3) leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6)	Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit Radon-Messung im Schulkeller (Zentralabitur 2008) Tabellenkalkulation Ggf. CAS	Siehe http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html Ggf. Auswertung mit Tabellenkalkulation durch Schüler Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung Ansatz analog zur quantitativen Beschreibung von Kondensatorentladungen
Altersbestimmung (2 Ustd.)	bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der ^{14}C -Methode (UF2),	Arbeitsblatt	Ggf. Uran-Blei-Datierung



Kontext: Energiegewinnung durch nukleare Prozesse

Leitfrage: Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kernspaltung und Kernfusion, Ionisierende Strahlung

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Kernspaltung und Kernfusion: Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie (2 Ustd.)	bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1) bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1)	Video zu Kernwaffenexplosion	z.B. YouTube
Kettenreaktion (2 Ustd.)	erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6) beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4)	Mausefallenmodell, Video, Applet	Videos zum Mausefallenmodell sind im Netz (z.B. bei YouTube) verfügbar
Kernspaltung, Kernfusion (5 Ustd.)	beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4) hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4)	Diagramm B/A gegen A , Tabellenwerk, ggf. Applet Recherche in Literatur und Internet Schülerdiskussion, ggf. Fish Bowl, Amerikanische Debatte, Pro- und Kontra-Diskussion	z.B. http://www.leifiphysik.de siehe http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompndium/module/2/1.htm



Kontext: Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen

Inhalte	Kompetenzen	Experimente/ Medien	Kommentare
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3)	Existenz von Quarks (Video) Internet (CERN / DESY)	Da in der Schule kaum Experimente zum Thema „Elementarteilchenphysik“ vorhanden sind, sollen besonders Rechercheaufgaben und Präsentationen im Unterricht genutzt werden. Schülerreferate und Internet: http://project-physics-teaching.web.cern.ch/project-physics-teaching/german/
Kernkräfte Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen (4 Ustd.)	vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6) erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1)	Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur)	Besonderer Hinweis auf andere Sichtweise der „Kraftübertragung“: Feldbegriff vs. Austauschteilchen Die Bedeutung der Gleichung $E=mc^2$ (den SuS bekannt aus Relativitätstheorie) in Verbindung mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Form $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$ (den SuS bekannt aus Elementen der Quantenphysik) für die Möglichkeit des kurzzeitigen Entstehens von Austauschteilchen ist herauszustellen.
Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) (3 Ustd.)	recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2)	Literatur und Recherche im Internet „CERN-Rap“: http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8	Hier muss fortlaufend berücksichtigt werden, welches der aktuelle Stand der Forschung in der Elementarteilchenphysik ist (derzeit: Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) Der CERN-Rap gibt eine für Schülerinnen und Schüler motivierend dargestellte Übersicht über die aktuelle Forschung im Bereich der Elementarteilchenphysik

Anzahl der Unterrichtsstunden Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik: 54



Anzahl der Unterrichtsstunden für die Inhaltsfelder (LK):

22 Relativitätstheorie (Q1)

96 Elektrik (Q1)

33 Quantenphysik (Q2)

54 Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik (Q2)

Anzahl der Unterrichtsstunden (LK, Q1): 118

Anzahl der Unterrichtsstunden (LK, Q2): 87

Gesamtzahl der Unterrichtsstunden: 205

Anzahl der Wochenstunden (LK, Qualifikationsphase): 5

Anzahl der Klausuren: 2 Klausuren pro Halbjahr

Dauer der Klausuren: 3 Unterrichtsstunden (155 Minuten inklusive 20 Minuten Pause) (Q1.1 und Q 1.2)

4 Unterrichtsstunden (200 Minuten inklusive 20 Minuten Pause) (Q 2.1)

4,25 Zeitstunden (255 Minuten) (Q 2.2)

Lehrbuch zum neuen KLP, Qualifikationsphase (LK) nach Wahl des Kursleiters

z.B. Fokus Physik SII, Qualifikationsphase, Cornelsen Verlag, Berlin 2014



Zentralabitur Physik 2017

Schwerpunktthemen (GK)

- Inhaltsfeld Quantenobjekte → Elektron und Photon (Teilchen- und Wellenaspekt) → **Das Wellenmodell als ein gemeinsames Beschreibungsmittel für Elektronen und Photonen**
- Inhaltsfeld Strahlung und Materie → Energiequantelung in der Atomhülle → **Erkenntnisse über den Aufbau der Atome**

Die Schulen erhalten für den GK Physik zwei Aufgaben, aus denen die Fachlehrkraft eine Aufgabe zur Bearbeitung auswählt.

Schwerpunktthemen (LK)

- Inhaltsfeld Elektrik → Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern → **Gewinnung von Erkenntnissen über Eigenschaften elektrisch geladener Teilchen**
- Inhaltsfeld Quantenphysik → Licht und Elektronen als Quantenobjekte → **Vergleich der Eigenschaften der Quantenobjekte Photon und Elektron**
- Inhaltsfeld Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik → Ionisierende Strahlung → **Eigenschaften ionisierender Strahlung und ihre Nutzung in Wissenschaft und Medizin**

Die Schulen erhalten für den LK Physik drei Aufgaben, aus denen die Fachlehrkraft zwei Aufgaben zur Bearbeitung auswählt.