

Schulinterner Lehrplan des

Ernst-Moritz-Arndt-Gymnasiums

**zum Kernlehrplan von 2022 für die gymnasiale Ober-
stufe**

Physik

1. Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

Das Ernst-Moritz-Arndt-Gymnasium liegt zentral in Bonn-West in unmittelbarer Nähe zu den naturwissenschaftlichen Fakultäten der Universität Bonn. Exkursionen zum physikalischen Institut könnten somit problemlos zu Fuß durchgeführt werden.

Das Schulgebäude verfügt über zwei Physikfachräume und einen NW-Raum, der gemeinsam mit den Fachschaften Biologie und Chemie genutzt wird. In der Sammlung sind zentrale Versuche der Oberstufe vorhanden. Ebenso stehen diverse Materialien wie z.B. Federn, Gewichte, Laser der Schutzklasse 1, Spalte, ... zur Verfügung, um unterschiedliche Experimente auch als Schülerversuch durchführen zu können. Sind Versuche nicht im Unterricht durchführbar, verfügt die Fachgruppe über 14 mobile Laptops, die für Rechercheaufträge, der digitalen Auswertung von Versuchen oder zur Durchführung von Simulationen genutzt werden können. Für größere Projekte stehen auch zwei Informatikräume mit jeweils 20 Computern zur Verfügung, die im Vorfeld reserviert werden müssen. Ebenso gibt es iPads, die im Unterricht z.B. zu Messungen mit der App PhyPhox, genutzt werden können.

Die Lehrerbesetzung und die übrigen Rahmenbedingungen der Schule ermöglichen einen ordnungsgemäßen laut Stundentafel der Schule vorgesehenen Physikunterricht. In der Oberstufe befinden sich durchschnittlich ca. 130 Schülerinnen und Schüler in jeder Stufe. Das Fach Physik ist in der Einführungsphase in der Regel mit 2-3 Grundkursen vertreten. Je nach Wahlverhalten wird in der Einführungsphase ein Kurs bilingual unterrichtet, die Unterrichtssprache ist dabei vornehmlich Englisch. In der Qualifikationsphase können auf Grund der Schülerwahlen in der Regel 2 Grundkurse und 1 Leistungskurs gebildet werden. Die Unterrichtstaktung an der Schule folgt einem 45 Minutenraster, wobei angestrebt wird, dass der naturwissenschaftliche Unterricht möglichst in Doppelstunden stattfindet. Die Verteilung der Wochenstundenzahlen in der Sekundarstufe II ist wie folgt:

Stufe	GK	LK
EF	3	-
Q1/Q2	3	5

2. Entscheidungen zum Unterricht

2.1. Unterrichtsvorhaben

In der nachfolgenden Übersicht über die *Unterrichtsvorhaben (UV)* wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Die Übersicht dient dazu, für die einzelnen Jahrgangsstufen allen am Bildungsprozess Beteiligten einen schnellen Überblick über Themen bzw. Fragestellungen der Unterrichtsvorhaben unter Angabe besonderer Schwerpunkte in den Inhalten und in der Kompetenzentwicklung zu verschaffen. Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann. Der schulinterne Lehrplan ist so gestaltet, dass er zusätzlichen Spielraum für Vertiefungen, besondere Interessen von Schülerinnen und Schülern, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Praktika, Studienfahrten o.Ä.) belässt. Abweichungen über die notwendigen Absprachen hinaus sind im Rahmen des pädagogischen Gestaltungsspielraumes der Lehrkräfte möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden.

2.2. Übersicht der Unterrichtsvorhaben - Tabellarische Übersicht (SiLp)

Stufe	UV	Thema des UV
EF	I	Grundlagen der Mechanik – Physik in Sport und Verkehr I
	II	Grundlagen der Mechanik – Physik in Sport und Verkehr II
	III	Grundlagen der Mechanik – Superhelden und Crashtests
	IV	Kreisbewegung, Gravitation und phys. Weltbilder – Bewegung im Weltraum
	V	Kreisbewegung, Gravitation und phys. Weltbilder – Weltbilder in der Physik

Stufe	UV	Thema des UV
Q1 GK	I	Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern – periodische Vorgänge
	II	Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern – Beugung und Interferenz von Wellen
	III	Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern – Erforschung des Elektrons
	IV	Quantenobjekte – Photonen und Elektronen als Quantenobjekte
	V	Elektrodynamik und Energieübertragung – Energieversorgung und Transport
	VI	Elektrodynamik und Energieübertragung – Anwendungsbereiche des Kondensators
Q2 GK	VII	Strahlung und Materie – Mensch und Strahlung: Chancen und Risiken ionisierender Strahlung
	VIII	Strahlung und Materie – Erforschung des Mikro- und Makrokosmos
	IX	Strahlung und Materie – Massendefekt und Kernumwandlung

Stufe	UV	Thema des UV
Q1 LK	I	Ladungen, Felder und Induktion – Untersuchung von Ladungsträgern in Feldern
	II	Ladungen, Felder und Induktion – Massenspektrometer und Zyklotron als Anwendung
	III	Ladungen, Felder und Induktion – Die elektromagnetische Induktion
	IV	Ladungen, Felder und Induktion – Kondensator & Spule: zeitliche und energetische Betrachtung
	V	Schwingende Systeme und Wellen – mechanische und elektromagnetische Schwingungen
	VI	Schwingende Systeme und Wellen – Wellen- und Interferenzphänomene
Q2 LK	VII	Quantenphysik – Quantenphysik als Weiterentwicklung des phys. Weltbildes
	VIII	Atom- und Kernphysik – Struktur der Materie
	IX	Atom- und Kernphysik – Mensch und Strahlung: Chancen und Risiken ionisierender Strahlung
	X	Atom- und Kernphysik – Massendefekt und Kernumwandlung

2.3. Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase (ca. 80 Stunden)		
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen gemäß KLP von 2022 Schülerinnen und Schüler...
<p><u>UV I</u></p> <p>Physik in Sport und Verkehr I</p> <p><i>Wie lassen sich Bewegungen beschreiben, vermessen und analysieren?</i></p> <p>ca. 24 Ustd.</p>	<p>Grundlagen der Mechanik</p> <ul style="list-style-type: none"> Kinematik: gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung; freier Fall; waagerechter Wurf; vektorielle Größen 	<ul style="list-style-type: none"> erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4), unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S7), stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzersetzung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7), planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen (E5, S5), interpretieren die Messdatenauswertung von Bewegungen unter qualitativer Berücksichtigung von Messunsicherheiten (E7, S6, K9), ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6), bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7). (MKR 1.2) beurteilen die Güte digitaler Messungen von Bewegungsvorgängen mithilfe geeigneter Kriterien (B4, B5, E7, K7), (MKR 1.2, 2.3)

<p><u>UV II</u></p> <p>Physik in Sport und Verkehr II</p> <p><i>Wie lassen sich Ursachen von Bewegungen erklären?</i></p> <p>ca. 14 Ustd.</p>	<p>Grundlagen der Mechanik</p> <ul style="list-style-type: none">• Dynamik: Newton'sche Gesetze; beschleunigende Kräfte; Kräftegleichgewicht; Reibungskräfte	<ul style="list-style-type: none">• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),• analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7),• stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),• erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),• erläutern qualitativ die Auswirkungen von Reibungskräften bei realen Bewegungen (S1, S2, K4).• untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),• begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),
---	---	---

<p><u>UV III</u></p> <p>Superhelden und Crashtests - Erhaltungssätze in verschiedenen Situationen</p> <p><i>Wie lassen sich mit Erhaltungssätzen Bewegungsvorgänge vorher-sagen und analysieren?</i></p> <p>ca. 12 Ustd.</p>	<p>Grundlagen der Mechanik</p> <ul style="list-style-type: none">• Erhaltungssätze: Impuls; Energie (Lage-, Bewegungs- und Spannenergie); Energiebilanzen; Stoßvorgänge	<ul style="list-style-type: none">• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),• beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Impuls- und Energieübertragung (S1, S2, K3),• analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7),• erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),• untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),• begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),• bewerten Ansätze aktueller und zukünftiger Mobilitätsentwicklung unter den Aspekten Sicherheit und mechanischer Energiebilanz (B6, K1, K5), (VB D Z 3)• bewerten die Darstellung bekannter vorrangig mechanischer Phänomene in verschiedenen Medien bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (B1, B2, K2, K8). (MKR 2.2, 2.3)
--	--	--

<p><u>UV IV</u></p> <p>Bewegungen im Welt- raum</p> <p><i>Wie bewegen sich die Pla- neten im Sonnensystem?</i></p> <p><i>Wie lassen sich aus (himmlischen) Beobach- tungen Gesetze ableiten?</i></p> <p>ca. 20 Ustd.</p>	<p>Kreisbewegung, Gravita- tion und physikalische Weltbilder</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kreisbewegung: gleichförmige Kreisbewegung, Zentripetalkraft • Gravitation: Schwerkraft, Newton'sches Gravitationsgesetz, Kepler'sche Gesetze, Gravitationsfeld • Wandel physikalischer Weltbilder: geo- und heliozentrische Weltbilder; Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie, Zeitdilatation 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern auch quantitativ die kinematischen Größen der gleichförmigen Kreisbewegung Radius, Drehwinkel, Umlaufzeit, Umlauffrequenz, Bahngeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit und Zentripetalbeschleunigung sowie deren Beziehungen zueinander an Beispielen (S1, S7, K4), • beschreiben quantitativ die bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripetalkraft in Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung (S1, K3), • erläutern die Abhängigkeiten der Massenanziehungskraft zweier Körper anhand des Newton'schen Gravitationsgesetzes im Rahmen des Feldkonzepts (S2, S3, K4), • erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4), • interpretieren Messergebnisse aus Experimenten zur quantitativen Untersuchung der Zentripetalkraft (E4, E6, S6, K9), • deuten eine vereinfachte Darstellung des Cavendish-Experiments qualitativ als direkten Nachweis der allgemeinen Massenanziehung (E3, E6), • ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Newton'schen Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E4, E8),
--	---	---

<p><u>UV V</u></p> <p>Weltbilder in der Physik</p> <p><i>Revolutioniert die Physik unsere Sicht auf die Welt?</i></p> <p>ca. 10 Ustd.</p>	<p>Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder</p> <ul style="list-style-type: none"> Wandel physikalischer Weltbilder: geo- und heliozentrische Weltbilder; Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie, Zeitdilatation 	<ul style="list-style-type: none"> stellen Änderungen bei der Beschreibung von Bewegungen der Himmelskörper beim Übergang vom geozentrischen Weltbild zu modernen physikalischen Weltbildern auf der Basis zentraler astronomischer Beobachtungsergebnisse dar (S2, K1, K3, K10), erläutern die Bedeutung der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (S2, S3, K4), erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4), erklären mit dem Gedankenexperiment der Lichtuhr unter Verwendung grundlegender Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie das Phänomen der Zeitdilatation zwischen bewegten Bezugssystemen qualitativ und quantitativ (S3, S5, S7). ziehen das Ergebnis des Gedankenexperiments der Lichtuhr zur Widerlegung der absoluten Zeit heran (E9, E11, K9, B1). ordnen die Bedeutung des Wandels vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild für die Emanzipation der Naturwissenschaften von der Religion ein (B8, K3), beurteilen Informationen zu verschiedenen Weltbildern und deren Darstellungen aus unterschiedlichen Quellen hinsichtlich ihrer Vertrauenswürdigkeit und Relevanz (B2, K9, K10) (MKR 5.2)
---	---	---

2.4. Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase -Grundkurs (ca. 156 Stunden)		
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen gemäß KLP von 2022 Schülerinnen und Schüler...
<p><u>UV I</u></p> <p>Periodische Vorgänge in alltäglichen Situationen</p> <p><i>Wie lassen sich zeitlich und räumlich periodische Vorgänge am Beispiel von harmonischen Schwingungen sowie mechanischen Wellen beschreiben und erklären?</i></p> <p>ca. 12 Ustd.</p>	<p>Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klassische Wellen: Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen • Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition • Polarisation von Wellen 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3), • erläutern am Beispiel des Federpendels Energieumwandlungen harmonischer Schwingungen (S1, S2, K4), • erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3), • erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8), • konzipieren Experimente zur Abhängigkeit der Periodendauer von Einflussgrößen beim Federpendel und werten diese unter Anwendung digitaler Werkzeuge aus (E6, S4, K6), (MKR 1.2) • beurteilen Maßnahmen zur Störgeräuschreduzierung hinsichtlich deren Eignung (B7, K1, K5). (VB B Z1)

<p><u>UV II</u></p> <p>Beugung und Interferenz von Wellen - ein neues Lichtmodell</p> <p><i>Wie kann man Ausbreitungsphänomene von Licht beschreiben und erklären?</i></p> <p>ca. 18 Ustd.</p>	<p>Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klassische Wellen: Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen; • Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition und Polarisation von Wellen 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6), • erläutern die lineare Polarisierung als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8), • weisen anhand des Interferenzmusters bei <i>Doppelspalt- und Gitterversuchen</i> mit mono- und polychromatischem Licht die Wellennatur des Lichts nach und bestimmen daraus Wellenlängen (E7, E8, K4).
<p><u>UV III</u></p> <p>Erforschung des Elektrons</p> <p><i>Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?</i></p> <p>ca. 26 Ustd.</p>	<p>Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teilchen in Feldern: elektrische und magnetische Felder; elektrische Feldstärke, • elektrische Spannung; magnetische Flussdichte; Bahnformen von geladenen Teilchen in homogenen Feldern 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6), • beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6), • erläutern am Beispiel des Plattenkondensators den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld (S3) • berechnen Geschwindigkeitsänderungen von Ladungsträgern nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (S1, S3, K3), • erläutern am <i>Fadenstrahlrohr</i> die Erzeugung freier Elektronen durch den glühelektrischen Effekt, deren Beschleunigung beim Durchlaufen eines elektrischen Felds sowie deren Ablenkung im homogenen magnetischen

		<p>Feld durch die Lorentzkraft (S4, S6, E6, K5),</p> <ul style="list-style-type: none"> entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6), modellieren mathematisch die Beobachtungen am <i>Fadenstrahlrohr</i> und ermitteln aus den Messergebnissen die Elektronenmasse (E4, E9, K7), erläutern Experimente zur Variation elektrischer Einflussgrößen und deren Auswirkungen auf die Bahnformen von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern (E2, K4), schließen aus der statistischen Auswertung einer vereinfachten Version des <i>Millikan-Versuchs</i> auf die Existenz einer kleinsten Ladung (E3, E11, K8), wenden eine Messmethode zur Bestimmung der magnetischen Flussdichte an (E3, K6), erschließen sich die Funktionsweise des <i>Zyklotrons</i> auch mithilfe von Simulationen (E1, E10, S1, K1), beurteilen die Schutzwirkung des Erdmagnetfeldes gegen den Strom geladener Teilchen aus dem Weltall
<p><u>UV IV</u></p> <p>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</p> <p><i>Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?</i></p> <p>ca. 20 Ustd.</p>	<p>Quantenobjekte</p> <ul style="list-style-type: none"> Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt Wellenaspekt von Elektronen: De-Broglie-Wellenlänge, Interferenz von Elektronen am Doppelspalt Photon und Elektron als Quantenobjekte: 	<ul style="list-style-type: none"> erläutern anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht (S1, E9, K3), stellen die Lichtquanten- und De-Broglie-Hypothese sowie deren Unterschied zur klassischen Betrachtungsweise dar (S1, S2, E8, K4), wenden die De-Broglie-Hypothese an, um das Beugungsbild beim <i>Doppelspaltversuch mit Elektronen</i> quantitativ zu erklären (S1, S5, E6, K9), erläutern die Determiniertheit der Zufallsverteilung der diskreten Energieabgabe beim Doppelspaltexperiment mit stark intensitätsreduziertem Licht (S3, E6, K3), berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3), erklären an geeigneten Darstellungen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für

	Wellen- und Teilchenmodell, Kopenhagener Deutung	<p>Quantenobjekte (S1, K3),</p> <ul style="list-style-type: none">• erläutern bei Quantenobjekten die „Welcher-Weg“-Information als Bedingung für das Auftreten oder Ausbleiben eines Interferenzmusters in einem Interferenzexperiment (S2, K4),• leiten anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen ab (E6, S6),• untersuchen mithilfe von Simulationen das Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt (E4, E8, K6, K7), (MKR 1.2)• beurteilen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen (E9, E11, K8),• erläutern die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8),• stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9),• beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der physikalischen Erkenntnisfähigkeit (B8, E11, K8).
--	---	---

<p><u>UV V</u></p> <p>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</p> <p><i>Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?</i></p> <p>ca. 16 Ustd.</p>	<p>Elektrodynamik und Energieübertragung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz; Wechselspannung; Auf- und Entladevorgang am Kondensator • Energieübertragung: Generator, Transformator; elektromagnetische Schwingung 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern das Auftreten von Induktionsspannungen am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (S3, S4, K4), • führen Induktionserscheinungen bei einer Leiterschleife auf die zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte oder die zeitliche Änderung der durchsetzten Fläche zurück (S1, S2, K4), • beschreiben das Induktionsgesetz mit der mittleren Änderungsrate und in differentieller Form des magnetischen Flusses (S7), • untersuchen die gezielte Veränderung elektrischer Spannungen und Stromstärken durch <i>Transformatoren</i> mithilfe angeleiteter Experimente als Beispiel für die technische Anwendung der Induktion (S1, S4, E6, K8), • erklären am physikalischen <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i> technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie (S1, S3, K8), • interpretieren die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. <i>Messwerterfassungssystem</i> aufgenommenen Daten bei elektromagnetischen Induktions- und Schwingungsversuchen unter Rückbezug auf die experimentellen Parameter (E6, E7, K9), • modellieren mathematisch das Entstehen von Induktionsspannungen für die beiden Spezialfälle einer zeitlich konstanten Fläche und einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte (E4, E6, K7), • erklären das Entstehen von sinusförmigen Wechselspannungen in <i>Generatoren</i> mithilfe des Induktionsgesetzes (E6, E10, K3, K4), • stellen Hypothesen zum Verhalten des Rings beim <i>Thomson'schen Ringversuch</i> bei Zunahme und Abnahme des magnetischen Flusses im Ring auf und erklären diese mithilfe des Induktionsgesetzes (E2, E9, S3, K4, K8), • beurteilen ausgewählte Beispiele zur Energiebereitstellung und -umwandlung unter technischen und ökologischen Aspekten (B3, B6, K8, K10), (VB ÜB Z2) • beurteilen das Potential der Energierückgewinnung auf der Basis von
--	--	--

<p><u>UV VI</u></p> <p>Anwendungsbereiche des Kondensators</p> <p><i>Wie kann man Energie in elektrischen Systemen speichern?</i></p> <p><i>Wie kann man elektrische Schwingungen erzeugen?</i></p> <p>ca. 14 UStd.</p>	<p>Elektrodynamik und Energieübertragung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz; Wechselspannung; • Auf- und Entladevorgang am Kondensator • Energieübertragung: Generator, Transformator; elektromagnetische Schwingung 	<p>Induktionsphänomenen bei elektrischen Antriebssystemen (B7, K2).</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Kapazität als Kenngröße eines Kondensators und bestimmen diese für den Spezialfall des Plattenkondensators in Abhängigkeit seiner geometrischen Daten (S1, S3), • erläutern qualitativ die bei einer elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (S1, S4, E4), • untersuchen den <i>Auf- und Entladevorgang bei Kondensatoren</i> unter Anleitung experimentell (S4, S6, K6), • modellieren mathematisch den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei <i>Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren</i> (E4, E6, S7), • interpretieren den Flächeninhalt zwischen Graph und Abszissenachse im <i>Q-U-Diagramm</i> als Energiegehalt des Plattenkondensators (E6, K8), • beurteilen den Einsatz des Kondensators als Energiespeicher in ausgewählten alltäglichen Situationen (B3, B4, K9).
---	---	---

<p><u>UV VII</u></p> <p>Mensch und Strahlung</p> <p>-</p> <p>Chancen und Risiken ionisierender Strahlung</p> <p><i>Wie wirkt ionisierende Strahlung auf den menschlichen Körper?</i></p> <p>ca. 12 Ustd.</p>	<p>Strahlung und Materie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strahlung: Spektrum der elektromagnetischen Strahlung; ionisierende Strahlung, Geiger-Müller-Zählrohr, biologische Wirkungen 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären die Entstehung von <i>Bremsstrahlung</i> und <i>charakteristischer Röntgenstrahlung</i> (S3, E6, K4), • unterscheiden α-, β-, γ- Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1), • ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6), • erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des <i>Geiger-Müller-Zählrohrs</i> als Nachweisgerät für ionisierende Strahlung (S4, S5, K8), • untersuchen experimentell anhand der Zählraten bei <i>Absorptionsexperimenten</i> unterschiedliche Arten ionisierender Strahlung (E3, E5, S4, S5), • begründen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, K3), • quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2). • bewerten die Bedeutung hochenergetischer Strahlung hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung sowie ihres Nutzens bei medizinischer Diagnose und Therapie (B5, B6, K1, K10). (VB B Z3).
<p><u>UV VIII</u></p> <p>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</p> <p><i>Wie lassen sich aus Spektralanalysen Rückschlüsse auf die Struktur von Atomen ziehen?</i></p> <p>ca. 22 Ustd.</p>	<p>Strahlung und Materie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atomphysik: Linienspektrum, Energieniveauschema, Kern-Hülle-Modell, Röntgenstrahlung 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären die Energie emittierter und absorbierter Photonen am Beispiel von Linienspektren leuchtender Gase und Fraunhofer'scher Linien mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S1, S3, E6, K4), • beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2), • interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8), • erklären die Entstehung von <i>Bremsstrahlung</i> und <i>charakteristischer Röntgenstrahlung</i> (S3, E6, K4), • interpretieren die Bedeutung von <i>Flammenfärbung</i> und <i>Linienspektren</i> bzw. <i>Spektralanalyse</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E6, E10),

		<ul style="list-style-type: none"> • interpretieren die Messergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuchs</i> (E6, E8, K8), • erklären das <i>charakteristische Röntgenspektrum</i> mit den Energieniveaus der Atomhülle (E6), • identifizieren vorhandene Stoffe in der Sonnen- und Erdatmosphäre anhand von Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> (E3, E6, K1), • stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9).
<p><u>UV IX</u></p> <p>Massendefekt und Kernumwandlungen</p> <p><i>Wie lassen sich energetische Bilanzen bei Umwandlungs- und Zerfallsprozessen quantifizieren?</i></p> <p><i>Wie entsteht ionisierende Strahlung?</i></p> <p>ca. 16 Ustd.</p>	<p>Strahlung und Materie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kernphysik: Nukleonen; Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen, Kernspaltung und -fusion 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern den Begriff der Radioaktivität und zugehörige Kernumwandlungsprozesse auch mithilfe der Nuklidkarte (S1, S2), • wenden das zeitliche Zerfallsgesetz für den radioaktiven Zerfall an (S5, S6, K6), • erläutern qualitativ den Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen, den Aufbau der Nukleonen aus Quarks sowie die Rolle der starken Wechselwirkung für die Stabilität des Kerns (S1, S2), • erläutern qualitativ am β^--Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauscheteilchen (S1, S2, K4), • erklären anhand des Zusammenhangs $E = \Delta mc^2$ die Grundlagen der Energiefreisetzung bei Kernspaltung und -fusion über den Massendefekt (S1) (S1), • ermitteln im Falle eines einstufigen radioaktiven Zerfalls anhand der gemessenen Zählraten die Halbwertszeit (E5, E8, S6), • vergleichen verschiedene Vorstellungen von der Materie mit den Konzepten der modernen Physik (B8, K9).

2.5. Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase -Leistungskurs (ca. 245 Stunden)		
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwer- punkte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen gemäß KLP von 2022 Schülerinnen und Schüler...
<p><u>UV I</u></p> <p>Untersuchung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</p> <p><i>Wie lassen sich Kräfte auf bewegte Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern beschreiben?</i></p> <p><i>Wie können Ladung und Masse eines Elektrons bestimmt werden?</i></p> <p>ca. 45 Ustd.</p>	<p>Ladungen, Felder und Induktion</p> <ul style="list-style-type: none"> Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektrische Felder, elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte Bewegungen in Feldern: geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Querfeldern; Lorentzkraft; geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und 	<ul style="list-style-type: none"> erklären grundlegende elektrostatische Phänomene mithilfe der Eigenschaften elektrischer Ladungen (S1), stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6), beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6), erläutern anhand einer einfachen Version des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (S3, S5, E7, K9) erläutern die Bestimmung der Elektronenmasse am Beispiel des Fadenstrahlrohrs mithilfe der Lorentzkraft sowie die Erzeugung und Beschleunigung freier Elektronen (S4, S5, S6, E6, K5) bestimmen mithilfe des Coulomb'schen Gesetzes Kräfte von punktförmigen Ladungen aufeinander sowie resultierende Beträge und Richtungen von Feldstärken (E8, E10, S1, S3), entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6, K5), modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Querfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7), erläutern die Untersuchung magnetischer Flussdichten mithilfe des Hall-Effekts (E4, E7, S1, S5)

	magnetischen Feldern	<ul style="list-style-type: none"> • konzipieren Experimente zur Bestimmung der Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule von ihren Einflussgrößen (E2, E5),
<p><u>UV II</u></p> <p>Massenspektrometer und Zyklotron als Anwendung in der physikalischen Forschung</p> <p><i>Welche weiterführenden Anwendungen von bewegten Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern gibt es in Forschung und Technik?</i></p> <p>ca. 12 Ustd.</p>	<p>Ladungen, Felder und Induktion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bewegungen in Feldern: geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Querfeldern; Lorentzkraft; geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern 	<ul style="list-style-type: none"> • modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Querfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7), • stellen Hypothesen zum Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron auf (E2, E4, S1, K4), • bewerten Teilchenbeschleuniger in Großforschungseinrichtungen im Hinblick auf ihre Realisierbarkeit und ihren gesellschaftlichen Nutzen hin (B3, B4, K1, K7),
<p><u>UV III</u></p> <p>Die elektromagnetische Induktion als Grundlage für die Kopplung elektrischer und magnetischer Felder und als Element von Energieumwandlungsketten</p>	<p>Ladungen, Felder und Induktion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; 	<ul style="list-style-type: none"> • nutzen das Induktionsgesetz auch in differentieller Form unter Verwendung des magnetischen Flusses (S2, S3, S7), • erklären Verzögerungen bei Einschaltvorgängen sowie das Auftreten von Spannungstößen bei Ausschaltvorgängen mit der Kenngröße Induktivität einer Spule anhand der Selbstinduktion (S1, S7, E6), • führen die Funktionsweise eines Generators auf das Induktionsgesetz zurück (E10, K4), • begründen qualitative Versuche zur Lenz'schen Regel sowohl mit dem Wechselwirkungs- als auch mit dem Energiekonzept (E2, E9, K3). • identifizieren und beurteilen Anwendungsbeispiele für die elektromagnetische

<p><i>Wie kann elektrische Energie gewonnen und im Alltag bereits gestellt werden?</i></p> <p>ca. 25 Ustd.</p>	<p>Selbstinduktion, Induktivität</p>	<p>Induktion im Alltag (B6, K8).</p>
<p><u>UV IV</u></p> <p>Zeitliche und energetische Betrachtungen bei Kondensator und Spule</p> <p><i>Wie speichern elektrische und magnetische Felder Energie und wie geben sie diese wieder ab?</i></p> <p>ca. 20 Ustd.</p>	<p>Ladungen, Felder und Induktion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektrische Felder, elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte • Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; Selbstinduktion, Induktivität 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben qualitativ und quantitativ die Zusammenhänge von Ladung, Spannung und Stromstärke unter Berücksichtigung der Parameter Kapazität und Widerstand bei Lade- und Entladevorgängen am Kondensator auch mithilfe von Differentialgleichungen und deren vorgegebenen Lösungsansätzen (S3, S6, S7, E4, K7), • geben die in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern gespeicherte Energie in Abhängigkeit der elektrischen Größen und der Kenngrößen der Bauelemente an (S1, S3, E2) • prüfen Hypothesen zur Veränderung der Kapazität eines Kondensators durch ein Dielektrikum (E2, E3, S1), • ermitteln anhand von Messkurven zu Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren sowie zu Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen zugehörige Kenngrößen (E4, E6, S6),

<p><u>UV V</u></p> <p>Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und deren Eigenschaften</p> <p><i>Welche Analogien gibt es zwischen mechanischen und elektromagnetischen schwingenden Systemen?</i></p> <p>ca. 40 Ustd.</p>	<p>Schwingende Systeme und Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Polarisation und Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer • Schwingende Systeme: Federpendel, Fadenpendel, Resonanz; Schwingkreis, Hertz'scher Dipol 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4), • vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Aspekten und hinsichtlich der jeweiligen Kenngrößen (S1, S3), • erläutern qualitativ die physikalischen Prozesse bei ungedämpften, gedämpften und erzwungenen mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen (S1, E1), • leiten für das Federpendel und unter Berücksichtigung der Kleinwinkelnäherung für das Fadenpendel aus dem linearen Kraftgesetz die zugehörigen Differentialgleichungen her (S3, S7, E2), • ermitteln mithilfe der Differentialgleichungen und der Lösungsansätze für das ungedämpfte Fadenpendel, die ungedämpfte Federschwingung und den ungedämpften Schwingkreis die Periodendauer sowie die Thomson'sche Gleichung (S3, S7, E8), • beschreiben den Hertz'schen Dipol als (offenen) Schwingkreis (S1, S2, K8), • untersuchen experimentell die Abhängigkeit der Periodendauer und Amplitudenabnahme von Einflussgrößen bei mechanischen und elektromagnetischen harmonischen Schwingungen unter Anwendung digitaler Werkzeuge (E4, S4), • untersuchen experimentell am Beispiel des Federpendels das Phänomen der Resonanz auch unter Rückbezug auf Alltagssituationen (E5, E6, K1), • beurteilen Maßnahmen zur Vermeidung von Resonanzkatastrophen (B5, B6, K2), • unterscheiden am Beispiel von Schwingungen deduktives und induktives Vorgehen als Grundmethoden der Erkenntnisgewinnung (B8, K4)
---	--	--

<p><u>UV VI</u></p> <p>Wellen und Interferenzphänomene</p> <p><i>Warum kam es im 17. Jh. zu einem Streit über das Licht/die Natur des Lichts?</i></p> <p><i>Ist für die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen ein Trägermedium notwendig? (Gibt es den „Äther“?)</i></p> <p>ca. 10-15 Ustd.</p>	<p>Schwingende Systeme und Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Polarisation und Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4), • erläutern mithilfe der Wellenwanne qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6), • beschreiben mathematisch die räumliche und zeitliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle (S1, S2, S3, S7), • erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3), • erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8), • stellen für Einzel-, Doppelspalt und Gitter die Bedingungen für konstruktive und destruktive Interferenz und deren quantitative Bestätigung im Experiment für mono- und polychromatisches Licht dar (S1, S3, S6, E6), • erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (S1, K4). • weisen anhand des Interferenzmusters bei Spalt- und Gitterversuchen die Welleneigenschaften des Lichts nach und bestimmen daraus die Wellenlänge des Lichts (E5, E6, E7, S6), • erläutern Aufbau und Funktionsweise des Michelson-Interferometers (E2, E3, S3, K3). • beurteilen die Bedeutung von Schwingkreisen für die Umsetzung des Sender-Empfänger-Prinzips an alltäglichen Beispielen (B1, B4, K1),
--	---	--

<p><u>UV VII</u></p> <p>Quantenphysik als Weiterentwicklung des physikalischen Weltbildes</p> <p><i>Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?</i></p> <p>ca. 30 Ustd.</p>	<p>Quantenphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt, Bremsstrahlung • Photonen und Elektronen als Quantenobjekte: Doppelspaltexperiment, Bragg-Reflexion, Elektronenbeugung; Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Delayed-Choice-Experiment; Kopenhagener Deutung 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären den Photoeffekt mit der Einsteinschen Lichtquantenhypothese (S1, S2, E3). • beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise der Röntgenröhre (S1), • stellen anhand geeigneter Phänomene dar, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter aufweisen kann (S2, S3, E6, K8) • erklären bei Quantenobjekten anhand des Delayed-Choice-Experiments unter Verwendung der Koinzidenzmethode das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (S1, S5, E3, K3), • erklären am Beispiel von Elektronen die De-Broglie-Hypothese (S1, S3), • berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3), • deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte von Elektronen (S3), • erläutern die Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation in der Version der Unmöglichkeit-Formulierung (S2, S3, E7, E11, K4). • interpretieren die experimentellen Befunde zum Photoeffekt hinsichtlich des Widerspruchs zur klassischen Physik (E3, E8, S2, K3), • bestimmen aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E6, S6), • interpretieren das Auftreten der kurzwelligen Grenze des Bremsstrahlungsspektrums (E6, S1), • erklären experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E3, E6), • modellieren qualitativ das stochastische Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt bei gleichzeitiger Determiniertheit der Zufallsverteilung mithilfe der Eigenschaften der Wellenfunktion (E4, E6, K4). • beurteilen die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8), • stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9),
---	---	---

		<ul style="list-style-type: none">• beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der exakten Vorhersagbarkeit von physikalischen Phänomenen (B8, K8, E11).
--	--	--

<p><u>UV VIII</u></p> <p>Struktur der Materie</p> <p><i>Wie hat sich unsere Vorstellung vom Aufbau der Materie historisch bis heute entwickelt?</i></p> <p>ca. 20 Ustd.</p>	<p>Atom- und Kernphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung • Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung 	<ul style="list-style-type: none"> • geben wesentliche Beiträge in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis zum ersten Kern-Hülle-Modell (Dalton, Thomson, Rutherford) wieder (S2, K3), • erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S3, E6, K4), • erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4), • beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Atome mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2), • erläutern das Modell des eindimensionalen Potentialtopfs und seine Grenzen (S2, K4), • beschreiben anhand des Modells des eindimensionalen Potentialtopfs die Verallgemeinerung eines quantenmechanischen Atommodells hin zu einem Ausblick auf Mehrelektronensysteme unter Verwendung des Pauli-Prinzips (S2, S3, E10), • interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8), • erläutern qualitativ den Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen, den Aufbau der Nukleonen aus Quarks sowie die Rolle der starken Wechselwirkung für die Stabilität des Kerns (S1, S2, K3), • interpretieren Linienspektren bei Emission und Absorption sowie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mithilfe des Energieniveauschemas (E2, E10, S6), • stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9),
<p><u>UV IX</u></p> <p>Mensch und Strahlung</p> <p>-</p>	<p>Atom- und Kernphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4), • ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6), • unterscheiden α-, β-, γ- Strahlung, Röntgenstrahlung und

<p>Chancen und Risiken ionisierender Strahlung</p> <p><i>Welche Auswirkungen haben ionisierende Strahlung auf den Menschen und wie kann man sich davor schützen?</i></p> <p><i>Wie nutzt man die ionisierende Strahlung in der Medizin?</i></p> <p>ca. 22 Ustd.</p>	<p>Energienveauschema; Röntgenstrahlung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ionisierende Strahlung: Strahlungsarten, Nachweismöglichkeiten ionisierender Strahlung, Eigenschaften ionisierender Strahlung, Absorption ionisierender Strahlung • Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung 	<p>Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),</p> <ul style="list-style-type: none"> • erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät ionisierender Strahlung (S4, S5, K8), • erklären die Ablenkbarkeit in elektrischen und magnetischen Feldern sowie Durchdringungs- und Ionisierungsfähigkeit von ionisierender Strahlung mit ihren Eigenschaften (S1, S3), • erläutern qualitativ an der β^--Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4). • leiten auf der Basis der Definition der Aktivität das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (S7, E9), • wählen für die Planung von Experimenten mit ionisierender Strahlung zwischen dem Geiger-Müller-Zählrohr und einem energiesensiblen Detektor gezielt aus (E3, E5, S5, S6), • konzipieren Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit kurzlebiger radioaktiver Substanzen (E2, E5, S5), • quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2). • wägen die Chancen und Risiken bildgebender Verfahren in der Medizin unter Verwendung ionisierender Strahlung gegeneinander ab (B1, B4, K3),
<p><u>UV X</u></p> <p>Massendefekt und Kernumwandlung</p> <p><i>Wie kann man natürliche Kernumwandlung</i></p>	<p>Atom- und Kernphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse (Kernspaltung und -fusion, Neutroneneinfang) auch mithilfe der Nuklidkarte (S1), • beschreiben Kernspaltung und Kernfusion mithilfe der starken Wechselwirkung zwischen den Nukleonen auch unter quantitativer Berücksichtigung von Bindungsenergien (S1, S2) • bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C-

<p><i>beschreiben und wissenschaftlich nutzen?</i></p> <p><i>Welche Möglichkeiten der Energiegewinnung ergeben sich durch Kernumwandlungen in Natur und Technik?</i></p> <p>ca. 20 Ustd.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Kernspaltung und -fusion: Bindungsenergien, Massendefekt; Kettenreaktion	<p>14-Methode (E4, E7, S7, K1),</p> <ul style="list-style-type: none">• bewerten Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion hinsichtlich der globalen Energieversorgung (B5, B7, K3, K10),• diskutieren ausgewählte Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle unter Berücksichtigung verschiedener Quellen (B2, B4, K2, K10)
--	--	--

3. Leistungsbewertung

3.1. Grundsätze und Formen der Leistungsbewertung

Die Leistungsbeurteilung im Fach Physik erfolgt auf der Grundlage der gültigen Richtlinien/Lehrpläne und basiert auf dem Leistungskonzept des Ernst-Moritz-Arndt-Gymnasiums. Die Bewertung der Leistungen erfolgt nach den im dritten Absatz des Schulgesetzes definierten Notenstufen. Es ist dabei zu gewährleisten, dass die Notengebung transparent gestaltet ist und eine Hilfe für weiteres Lernen darstellt. Nicht erbrachte Leistungen können nach Entscheidung der Fachlehrerin/des Fachlehrers nachgeholt oder durch eine den Leistungsstand feststellende Prüfung ersetzt werden, falls die SuS für das Versäumnis der Leistung keine Verantwortung tragen. Verweigert eine Schülerin / ein Schüler die Leistung, so wird dies wie eine ungenügende Leistung bewertet. Bei einem Täuschungsversuch ist nach § 6 der APO-SI bzw. nach § 13 der APO-GOST zu verfahren.

Der momentane Leistungsstand kann von den Schülerinnen und Schülern erfragt werden. Die Fachlehrkräfte sollten den Leistungsstand in der Sekundarstufe I zum Ende eines Quartals den Schülerinnen und Schülern mitteilen, bei defizitären Leistungen sollten die Eltern spätestens zum Quartalsende informiert werden.

In der Sekundarstufe II werden die Quartalsnoten den Schülerinnen und Schülern mitgeteilt (APO GOST §13.3).

3.2. Leistungskonzept für die Sekundarstufe 2

3.2.1. Schriftliche Leistungen

Im Fach Physik sind in der Sekundarstufe II im Grund- sowie im Leistungskurs Bereich in jedem Halbjahr schriftliche Klausuren vorgesehen. Bei der Formulierung von Aufgaben werden dabei die für die Abiturprüfungen geltenden Operatoren des Faches Physik schrittweise eingeführt, erläutert und dann im Rahmen der Aufgabenstellungen für die Klausuren benutzt. Die folgenden Rahmenbedingungen für die schriftlichen Klausuren werden verbindlich vereinbart:

	1. Halbjahr	2. Halbjahr
EF	1 Klausur à 2 Unterrichtsstunden	2 Klausuren à 2 Unterrichtsstunden
Q1, GK	2 Klausuren à 2 Unterrichtsstunden	2 Klausuren à 2 Unterrichtsstunden
Q1, LK	2 Klausuren à 3 Unterrichtsstunden	2 Klausuren à 3 Unterrichtsstunden
Q2, GK	2 Klausuren à 3 Unterrichtsstunden	-
Q2, LK	2 Klausuren à 5 Unterrichtsstunden	1 Klausur unter Abiturbedingung

Anstelle einer Klausur kann gemäß dem Beschluss der Lehrerkonferenz in Q1.2 eine Facharbeit geschrieben werden. Für die Wahl der Aufgabentypen sowie der Anforderungsbereiche I-III sind die Vorgaben in Kapitel 3 des Kernlehrplans zu beachten.

In der Qualifikationsphase werden die Notenpunkte durch äquidistante Unterteilung der Notenbereiche (mit Ausnahme des Bereichs ungenügend) erreicht.

Die Leistungsbewertung in den Klausuren wird mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung mit Hilfe eines Kriterienrasters zu den Teilleistungen durchgeführt. Dieses Kriterienraster wird den korrigierten Klausuren beigelegt und den Schülerinnen und Schülern auf diese Weise transparent gemacht.

Die Zuordnung der Hilfspunkte zu den Notenstufen orientiert sich in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Die Note ausreichend soll bei Erreichen von ca. 50 % der Hilfspunkte erteilt werden. Von dem Zuordnungsschema kann abgewichen werden, wenn sich z.B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizonts abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung angemessen erscheint (APO-GOST §13 (2)).

3.2.2. Sonstige Leistungen

In der Sek 2 müssen pro Halbjahr für die sonstige Mitarbeit zwei Möglichkeiten zur Leistungsfeststellung geboten werden. Es wird bei der Leistungsfeststellung darauf geachtet, dass aus dem breiten Spektrum der Möglichkeiten im Fach Physik Gebrauch gemacht wird. (vgl. KLP GOST Kapitel 3)

Mögliche Leistungsfeststellungen können sein:

- Unterrichtsbeteiligung
- Versuchsprotokoll
- Selbstständige Versuchsentwicklung
- Durchführen von Experimenten
- Rechercheaufgabe
- Referat/Vortrag
- Test/schriftliche Überprüfung
- Versuchsauswertung von Simulationen
- Hausaufgabenabgabe
- Schriftliches Lernprodukt (Plakat, Übungsaufgaben, Protokoll, ...)
- ...

Für Präsentationen, Arbeitsprotokolle, Dokumentationen und andere Lernprodukte der sonstigen Mitarbeit erfolgt eine Leistungsrückmeldung, bei der inhalts- und darstellungsbezogene Kriterien angesprochen werden. Hier werden zentrale Stärken als auch Optimierungsperspektiven für jede Schülerin bzw. jeden Schüler hervorgehoben.

Die Leistungsrückmeldungen bezogen auf die mündliche Mitarbeit erfolgen auf Nachfrage der Schülerinnen und Schüler außerhalb der Unterrichtszeit, spätestens aber in Form von mündlichem Quartalsfeedback oder Eltern-/Schülersprechtagen. Auch hier

erfolgt eine individuelle Beratung im Hinblick auf Stärken und Verbesserungsperspektiven.

3.2.3. Leistungsbewertung im Zusammenhang mit unterrichtlichen Beobachtungen in der Sek. 2

Folgende Aspekte können bei der Leistungsbewertung der sonstigen Mitarbeit eine Rolle spielen (die Liste ist nicht abschließend, vgl. KLP GOST):

- Sicherheit, Eigenständigkeit und Kreativität beim Anwenden fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen
- Verständlichkeit und Präzision beim zusammenfassenden Darstellen und Erläutern von Lösungen einer Einzel-, Partner-, Gruppenarbeit oder einer anderen Sozialform sowie konstruktive Mitarbeit bei dieser Arbeit
- Klarheit und Richtigkeit beim Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben physikalischer Sachverhalte
- sichere Verfügbarkeit physikalischen Grundwissens (z. B. physikalische Größen, deren Einheiten, Formeln, fachmethodische Verfahren)
- situationsgerechtes Anwenden geübter Fertigkeiten
- angemessenes Verwenden der physikalischen Fachsprache
- konstruktives Umgehen mit Fehlern
- fachlich sinnvoller, sicherheitsbewusster und zielgerichteter Umgang mit Experimentalmedien
- fachlich sinnvoller und zielgerichteter Umgang mit Modellen, Hilfsmitteln und Simulationen
- zielgerichtetes Beschaffen von Informationen
- Erstellen von nutzbaren Unterrichtsdokumentationen, ggf. Portfolio
- Klarheit, Strukturiertheit, Fokussierung, Zielbezogenheit und Adressatengerechtigkeit von Präsentationen, auch mediengestützt (vgl. Kriterienkatalog von Jugend präsentiert)
- sachgerechte Kommunikationsfähigkeit in Unterrichtsgesprächen und Kleingruppenarbeiten
- Einbringen kreativer Ideen
- fachliche Richtigkeit bei kurzen, auf die Inhalte weniger vorangegangener Stunden beschränkten schriftlichen Überprüfungen

3.2.4. Kriterien zur Leistungsbewertung in konkreten Leistungssituationen

	Qualität der mündlichen Mitarbeit	Quantität der mündlichen Mitarbeit	Selbstständiges Arbeiten / Anfertigung von Lernprodukten	Beherrschung physikalischer Fachmethoden / Experimentieren	Zuverlässigkeit und Sorgfalt bei Hausaufgaben und Heftführung	Zusammenarbeit in Lerngruppen	Beherrschung der physikalischen Fachsprache
Die Schülerin / Der Schüler ...							
sehr gut (Die Leistung entspricht den Anforderungen in besonderem Maße.)	... kann Gelerntes sicher wiedergeben, anwenden und findet auch neue Lösungswege (Transfer).	... arbeitet in jeder Unterrichtsstunde kontinuierlich mit.	... setzt sich mit den gestellten Anforderungen auseinander und erstellte Lernprodukte lassen stets richtige Lösungen erkennen.	... kann die gelernten Methoden sicher anwenden und auch auf neue Sachverhalte übertragen. Experimentiert sicher und selbstständig.	... bringt die Arbeitsmaterialien immer mit und geht sachgerecht damit um. Die Hausaufgaben zeugen immer von vorbildlicher Auseinandersetzung in Form und Inhalt.	... ist stets in der Lage kooperative Arbeitsprozesse zielorientiert voranzubringen und Arbeitsergebnisse adressatengerecht zu präsentieren.	... ist jederzeit und sicher in der Lage physikalische Sachverhalte passend in der Fachsprache zu formulieren.
gut (Die Leistung entspricht voll den Anforderungen.)	... kann Gelerntes sicher wiedergeben und anwenden und findet manchmal auch neue Lösungswege.	... arbeitet in jeder Unterrichtsstunde mehrfach mit.	... setzt sich mit den gestellten Anforderungen auseinander und erstellte Lernprodukte lassen oft Lösungsansätze erkennen.	... kann die gelernten Methoden sicher anwenden und in der Regel auf neue Sachverhalte übertragen. Experimentiert sicher und meist selbstständig.	... bringt die Arbeitsmaterialien immer mit und geht sachgerecht damit um. Die Hausaufgaben zeugen von adäquater Auseinandersetzung in Form und Inhalt.	... ist häufig in der Lage kooperative Arbeitsprozesse zielorientiert voranzubringen und Arbeitsergebnisse adressatengerecht zu präsentieren.	... ist fast immer in der Lage physikalische Sachverhalte in der Fachsprache zu formulieren.
befriedigend (Die Leistung entspricht im Allgemeinen den Anforderungen.)	... kann Gelerntes wiedergeben, meist auch anwenden und ist bereit nach neuen Lösungswegen zu suchen.	... arbeitet meist mit.	... setzt sich mit den gestellten Anforderungen auseinander und erstellte Lernprodukte lassen gelegentlich Lösungsansätze erkennen.	... kann die gelernten Methoden anwenden und gelegentlich auf neue Sachverhalte übertragen. Experimentiert sicher unter Anleitung.	... bringt die Arbeitsmaterialien immer mit und hält sie in Ordnung. Die Hausaufgaben zeugen immer von Auseinandersetzung mit den Anforderungen.	... ist manchmal in der Lage kooperative Arbeitsprozesse voranzubringen und Arbeitsergebnisse zu präsentieren	... ist oft in der Lage physikalische Sachverhalte in der Fachsprache zu formulieren.

ausreichend (Die Leistung zeigt Mängel, entspricht im Ganzen aber den Anforderungen.)	... kann Gelerntes wiedergeben und in einfachen Zusammenhängen anwenden.	... arbeitet nur selten mit und muss meistens aufgefordert werden.	... ist bereits sich mit den gestellten Anforderungen selbstständig auseinanderzusetzen.	... kann die gelernten Methoden meist anwenden und experimentiert unter Anleitung meist sicher.	... bringt die Arbeitsmaterialien fast immer mit und macht fast immer die Hausaufgaben.	... ist in der Lage an kooperativen Arbeitsprozessen teilzunehmen und ist selten bereit Arbeitsergebnisse zu präsentieren.	... ist gelegentlich in der Lage physikalische Sachverhalte in der Fachsprache zu formulieren.
mangelhaft (Die Leistung nicht den Anforderungen. Grundkenntnisse sind vorhanden. Mängel können in absehbarer Zeit behoben werden.)	... kann Gelerntes nur mit Lücken oder falsch wiedergeben.	... arbeitet ganz selten freiwillig mit und muss fast immer aufgefordert werden.	... ist oft nicht bereits sich mit den gestellten Anforderungen auseinanderzusetzen	... kann die gelernten Methoden nicht immer anwenden und benötigt häufig Hilfe beim Experimentieren.	... hat die Arbeitsmaterialien nicht immer vollständig dabei und macht die Hausaufgaben nur unregelmäßig.	... hat Schwierigkeiten an kooperativen Arbeitsprozessen teilzunehmen und ist gelegentlich nach Aufforderung bereit Arbeitsergebnisse zu präsentieren.	... ist meist nicht in der Lage physikalische Sachverhalte in der Fachsprache zu formulieren.
Ungenügend wird erteilt, wenn die Leistung den Anforderungen nicht entspricht und auch die Grundkenntnisse so lückenhaft sind, dass die Mängel in absehbarer Zeit nicht behoben werden können.							

4. Anhang

Kriterienkatalog zur Bewertung von Präsentationen (vgl. Jugend präsentiert)

Kriterienkatalog Präsentation

Bei der Sachkenntnis

geht es um die Inhalte der Präsentation.

☐ Wenig gelungene Präsentation				Sehr gelungene Präsentation ☑			
Fragestellung/Hypothese klar konturiert							
0	1	2	3	4	5	6	7
Thema/Inhalte gut erarbeitet							
0	1	2	3	4	5	6	7
Informationsgehalt angemessen							
0	1	2	3	4	5	6	7
Sachlich richtig							
0	1	2	3	4	5	6	7

Das Darstellungsvermögen

umfasst das „Wie“ der Präsentation.

☐ Wenig gelungene Präsentation				Sehr gelungene Präsentation ☑			
Argumentation nachvollziehbar							
0	1	2	3	4	5	6	7
Aussagen anschaulich (Beispiele, Vergleiche, sprachliche Bilder)							
0	1	2	3	4	5	6	7
Aufbau funktional (Einleitung, Hauptteil, Schluss, roter Faden)							
0	1	2	3	4	5	6	7
Medieneinsatz funktional							
0	1	2	3	4	5	6	7
Performanz (Körpersprache und Stimme) unterstützt die Präsentation							
0	1	2	3	4	5	6	7

Die Adressatenorientierung

umfasst die Fähigkeit, das Publikum gezielt anzusprechen.

☐ Wenig gelungene Präsentation				Sehr gelungene Präsentation ☑			
Vorwissen der Zuhörer berücksichtigt							
0	1	2	3	4	5	6	7
Bezug zum Publikum hergestellt							
0	1	2	3	4	5	6	7
Zeitmanagement überzeugend							
0	1	2	3	4	5	6	7
Raumsituation berücksichtigt							
0	1	2	3	4	5	6	7

5. Anhang (nicht öffentlich)