Physik in der Oberstufe am Arndt-Gymnasium-Dahlem

Schulinternes Curriculum Physik Sek II ab Schuljahr 2023/2024

Die im Schuljahr 2022/2023 letztmalig gültige Fassung zum alten RLP ist dem AGD SchiC Physik Sek I angefügt (Siehe dort).

Inhalt:

Kurs Physik Q1 (Gravitationsfeld, elektrisches und magnetisches Feld) **S. 1**

Kurs Physik Q2 (Bewegung geladener Teilchen in Feldern; elektromagnetische Induktion; Schwingungen) **S. 7**

Kurs Physik Q3 (Wellen; Quantenobjekte) **S. 14**

Kurs Physik Q4 (Atome) **S. 21**

Zusammenfassung Verbindliche Experimente in der Qualifikationsphase **S. 24**

Zusammenfassung Fachbegriffe **S. 26**

Farbschema

Kontexte:	**grün**
Rahmenlehrplanvorgaben:	**schwarz**
Ergänzungen:	**blau**
Verbindliche (zusätzliche) Experimente:	**Schwarz (blau) /fett**

Grundkurs Physik Q1 und Ergänzungen für den Leistungskurs Physik Q1

1.1. Gravitationsfeld (Q1, GK: ca. 20 h; LK ca. 33 h)

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / *Fachbegriffe*
• **Wie bewegen sich die Planeten in unserem Sonnensystem?** • **Weltbilder in historischer Entwicklung** **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – ***KEPLERsche Gesetze*** – ***KEPLER-Konstante*** EXP. LEISTUNGSKURS: Veranschaulichung der Kepler-Gesetze mithilfe von Computersimulationen	Die Lernenden … – **LK (ZUSÄTZLICH):** erklären mithilfe des 2. Keplergesetzes die Gleichung $\frac{v_A}{v_P} = \frac{r_P}{r_A}$ und wenden Sie auf Kometen an. (S1, S 7) – **LK (ZUSÄTZLICH):** erklären anhand von Werten für die KEPLER-Konstante den Zusammenhang zwischen Gravitationsgesetz und 3. KEPLERschem Gesetz. (E 6) – **LK (ZUSÄTZLICH):** reflektieren am Beispiel des Übergangs vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild die Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtungen. (B 8)	EXP: https://www.leifiphysik.de/mechanik/weltbilder-keplersche-gesetze/downloads/erstes-keplersches-gesetz-animation - ***Kepler-Konstante*** - ***Weltbilder*** LB: Metzler Physik, S. 89 LB: Fokus Physik, S. 112/113
• **Wo befinden sich geostationäre Satelliten und wie bekommt man sie dahin?** – Gravitationsgesetz und Gravitationsfeld, Feldlinienbilder, Feld, Feldlinienmodell, Probekörper, Gravitationskonstante, homogenes Feld, Radialfeld, – Gravitationsfeldstärke $g = \frac{F}{m}$ – Bewegungen von Körpern im Gravitationsfeld, Radialkraft $F_r = m \cdot \frac{v^2}{r}$ EXP: Veranschaulichung von Feldeigenschaften mithilfe von Computersimulationen und Modellexperimenten EXP. LEISTUNGSKURS: Bestimmung der Gravitationskonstante mit der der vorhandenen stationären Gravitationsdrehwaage nach Cavendish in Raum 2.04	– entnehmen aus Feldlinienbildern relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder. (K 3) – erklären Kreisbahnen von Satelliten mithilfe eines Kraftansatzes. (**Erhaltung und Gleichgewicht**) – berechnen Umlaufzeit und Kreisbahngeschwindigkeit bzw. Bahnradius von Satelliten. (**Mathematisieren und Vorhersagen**) – berechnen die 1. kosmische Geschwindigkeit und Gravitationsfeldstärken an der Oberfläche anderer Himmelkörper, z. B. Erdmond, Mars, Komet 67P/Churyumov-Gerasimenko. (S 7)	https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab/latest/gravity-force-lab_de.html https://www.leifiphysik.de/mechanik/gravitationsgesetz-und-feld/grundwissen/gravitationsfeld - ***Feld, Feldlinienmodell, Probekörper,*** - ***Gravitationskonstante*** - ***Homogenes Feld, Radialfeld, Dipolfeld*** - ***Planetenbewegung*** - ***Geostationärer Orbit*** LB: Metzler Physik, S. 88 ff LB: Fokus Physik, S. 80/81 LB: Metzler Physik, S. 93

1.2. Elektrisches Feld und Magnetfeld (Q1, GK: ca. 30 h; LK ca. 50 h)

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / Fachbegriffe
• **Entstehung von Gewittern** • **Wie funktionieren Blitzableiter?** – elektrische Ladung – Kräfte zwischen elektrisch geladenen Körpern, Feld, Feldlinienmodell, Probekörper, Dipolfeld – Feldlinienbilder – elektrische Feldstärke $E = \frac{F}{Q}$ – Stromstärke $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ – Spannung $U = \frac{W_{el}}{Q}$, **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – Influenz und Polarisation – Deutung der Vorgänge im Dielektrikum – Spannung als Potenzialdifferenz $U = \Delta\varphi$ – COULOMBsches Gesetz – Superposition von Feldern (qualitativ und quantitativ mithilfe von Kraftpfeilen) EXP.: Veranschaulichung von Feldeigenschaften mithilfe von Computersimulationen und Modellexperimenten	Die Lernenden … – entnehmen aus Feldlinienbildern relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder. (K 3) – beschreiben die Überlagerung von Feldern zweier Punktladungen anhand von Zeichnungen. **(Superposition und Komponenten)** – werten Daten mithilfe digitaler Werkzeuge aus. **(Mathematisieren und Vorhersagen)** – **LK (ZUSÄTZLICH):** ermitteln Betrag und Richtung der resultierenden elektrischen Feldstärke. **(Superposition und Komponenten)**	- *Feld, Feldlinienmodell, Probekörper,* - *Elektrische Feldkonstante, elektrische Ladung* - *Homogenes Feld, Radialfeld, Dipolfeld* - *Dielektrizitätszahl, Permeabilitätszahl* - *LK: Potenzial und potenzielle Energie im E-Feld* - *LK: Äquipotenzialflächen* https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/ladungen-elektrisches-feld https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/kondensator-kapazitaet/versuche https://www.ulfkonrad.de/physik/12-13/1-semester LB: Metzler Physik, S. 186 ff LB: Fokus Physik, S. 108 ff

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / Fachbegriffe
• **Kapazitiver Feuchtesensor** • **Glätten einer pulsierenden Gleichspannung** • **Defibrillator** – Kapazität eines Kondensators $C = \frac{Q}{U}$ – Feldstärke im Inneren eines Plattenkondensators $E = \frac{U}{d}$ – Abhängigkeit der Kapazität eines Plattenkondensators von der Fläche, vom Plattenabstand und vom Dielektrikum $C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ – elektrische Feldkonstante, Dielektrizitätszahl, Deutung der Vorgänge im Dielektrikum – Energie geladener Kondensatoren $E_{el} = \frac{1}{2} C \cdot U^2$ – Anwendungen von Kondensatoren in der Technik – mathematische Beschreibung des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke beim Auf- und Entladen von Kondensatoren **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – mathematische Beschreibung des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke und der Spannung beim Auf- und Entladen von Kondensatoren, Halbwertszeit – Parallel- und Reihenschaltung von Kondensatoren EXP.: Erfassen des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke beim Auf- und Entladen eines Kondensators auch **computerunterstützt im Schülerversuch** auch mithilfe von Sensoren EXP.: *LEISTUNGSKURS*: Erfassen des zeitlichen Verlaufs der Spannung beim Auf- und Entladen eines Kondensators **computerunterstützt im Schülerversuch** auch mithilfe von Sensoren EXP.: *LEISTUNGSKURS:* Zusammenhang zwischen Spannung und Ladung eines Kondensators	– bauen Versuchsanordnungen zu Auf- und Entladevorgängen nach Anleitung auf, führen Experimente durch und werten diese aus. (S 4) – modellieren Auf- oder Entladung eines Kondensators mithilfe mathematischer Gleichungen und digitaler Werkzeuge. (E 4) – berücksichtigen Messuntersicherheiten, indem sie Mittelwert und Standardabweichung berechnen, und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses, z. B. bei der Bestimmung der Kapazität eines Kondensators aus einer Messreihe. (E 7) – bestimmen die Ladung eines Kondensators mithilfe einer Flächenbestimmung aus dem zeitlichen Verlauf der Stromstärke beim Entladen. **(Mathematisieren und Vorhersagen)** – ermitteln C oder R aus Auf- oder Entladekurven U(t) oder I(t), die in linearisierter Form dargestellt sind. **(Mathematisieren und Vorhersagen)** – **LK (ZUSÄTZLICH):** bestimmen die Ladung eines Kondensators mithilfe einer Flächenbestimmung aus dem zeitlichen Verlauf der Stromstärke beim Entladen. **(Mathematisieren und Vorhersagen)** – **LK (ZUSÄTZLICH):** ermitteln von Größen aus Messreihen (C oder R aus Auf- oder Entladekurven U(t) oder I(t)), die in linearisierter Form dargestellt sind. **(Mathematisieren und Vorhersagen)**	- ***Halbwertszeit*** https://de.wikipedia.org/wiki/Kondensator_(Elektrotechnik) https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/physik/unterrichtsmaterialien/e_lehre_2/efeld/reihpara.htm https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/ladungen-elektrisches-feld https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/kondensator-kapazitaet/versuche https://www.ulfkonrad.de/physik/12-13/1-semester LB: Metzler Physik, S. 186 ff LB: Fokus Physik, S. 108 ff **EXP.:** SE: SuS vergleichen den Wechselspannungsanteil einer pulsierenden Gleichspannung für verschiedene C

EXP.: *LEISTUNGSKURS:* Glätten einer pulsierenden Gleichspannung mithilfe eines Kondensators und Nachweis **computerunterstützt im Schülerversuch**		

Fortsetzung – 1.2 Magnetfeld

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / Fachbegriffe
• **Wozu benötigt man in der Technik Magnetfelder und wie erzeugt man sie?** • **Ursache des Erdmagnetfelds** – Feldlinienbilder von Permanentmagneten, geradem Leiter und Spule – magnetische Flussdichte $B = \frac{F_L}{I \cdot \ell}$ – magnetische Flussdichte im Inneren einer langen Spule, Einfluss von Materie auf die Flussdichte $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N \cdot I}{l}$ – LORENTZkraft $F_L = Q \cdot v \cdot B$ – Gegenüberstellung der Feldeigenschaften von Gravitationsfeldern, elektrischen und magnetischen Feldern – magnetische Feldkonstante, Permeabilitätszahl **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – Kräfte zwischen zwei stromdurchflossenen Leitern (qualitativ) EXP.: Messung von Flussdichten, z. B. von Elektromagneten, des Erdmagnetfelds **computerunterstützt im Schülerversuch** mithilfe von Sensoren EXP. Erfassen des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke beim Auf- und Entladen eines Kondensators **computerunterstützt im Schülerversuch** auch mithilfe von (Magnetfeld-)Sensoren EXP.: Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld	Die Lernenden … – entnehmen aus Feldlinienbildern relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder. (K 3) – stellen Hypothesen zu den Abhängigkeiten $B = f(N, I, \ell)$ der magnetischen Flussdichte in einer Spule auf. (E 2) – erläutern Gültigkeitsbereich und Vorhersagemöglichkeiten des Modells „lange Spule“. (S 2) – ermitteln der Horizontalkomponente des Erdmagnetfelds **computerunterstützt im Schülerversuch** aus der Überlagerung mit dem Feld einer Spule. (**Superposition und Komponenten)**	- ***magnetische Feldkonstante*** - ***Permeabilitätszahl*** https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/stroeme-magnetisches-feld https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/stroeme-magnetisches-feld/versuche https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/stroeme-magnetisches-feld/versuche/parallele-leiter https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/stroeme-magnetisches-feld/aufgabe/kraft-zwischen-geraden-leitern https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion/grundwissen/selbstinduktion-und-induktivitaet https://www.ulfkonrad.de/physik/12-13/1-semester LB: Metzler Physik, S. 232 ff LB: Fokus Physik, S. 144 ff

Bezug zur Sprachbildung (Teil B, RLP)	Bezug zur Medienbildung (Teil B, RLP)	Bezug zu den übergreifenden Themen (Teil B, RLP)
Die Lernenden … – erschließen Fachtexte zu Anwendungen elektrischer und magnetischer Felder sowie zu Fragestellungen rund um die Gravitation. – lesen Originalliteratur auch in einer Fremdsprache. – Zu Beginn des Kursunterrichts sollen Aspekte der Sprachbildung besonders in den Blick genommen werden. Insbesondere sind ein bewusster Umgang mit Alltags- und Fachsprache sowie die Verfügbarkeit geeigneter sprachlicher Mittel Voraussetzung für das präzise Kommunizieren von Fachinhalten im weiteren Unterricht.	Die Lernenden … – nutzen digitale Tools, um Felder zu veranschaulichen. – präsentieren unter Einbeziehung von Experimenten technische Anwendungen von Kondensatoren (Speicher el. Energie) und Spulen (induktives, schnurloses Laden von Akkumulatoren). – nutzen interaktive Tafeln zur Präsentation mit Dokumentenkameras, Filmsequenzen und Simulationen auch unter Nutzung von Online-Streaming.	– Gefahren im Leben Weltraum (Leben in der ISS, bemannter Flug zum Mars) **→ ÜT Gesundheitsförderung** – Reisen zum Mars – Pro und Contra **→ ÜT Mobilitätsbildung und Verkehrserziehung** – Verhalten bei Gewitter **→ ÜT Gesundheitsförderung** – sachgerechter und sicherer Umgang mit elektrischen Geräten (bei Schülerexperimenten) **→ ÜT Gesundheitsförderung** – Laden eines Kondensators/eines Akkus (Analogiebetrachtung), Wirkungsgradbetrachtungen **→ ÜT Verbraucherbildung** **→ ÜT Nachhaltige Entwicklung/Lernen in globalen Zusammenhängen**

Fachinterne Vereinbarungen:

Im Grundkurs je Semester 1 Klausur, im Leistungskurs 2 Klausuren. Mindestdauer lt. VO-GO in aktueller Fassung. Im 3. oder 4. Semester davon eine Klausur in voller Abiturlänge (bezogen auf die reine Bearbeitungszeit ohne Lese-und Auswahlzeit). Wertung Klausur(en) zu Allg. Teil: Grundkurs: 1/3 zu 2/3, LK 1:1.

Experimentelle Arbeit, Mitarbeit, zusätzliche Lernerfolgskontrollen, schriftliche Ausarbeitungen, Referate usw. werden dem Allgemeinen Teil zugerechnet.

Grundsätzliches zum Themenfeld:

Aus der Sekundarstufe I bekannte Fachinhalte werden aufgegriffen, verallgemeinert und mathematisiert. Dabei stellt das Basiskonzept „Erhaltung und Gleichgewicht“ mit der Nutzung von Kraft- und Energieansätzen eine wichtige Grundlage dar.
In Experimenten sollen die Methoden der Auswertung und der Umgang mit Messunsicherheiten vertieft werden. An geeigneten Messreihen sind die Größen systematische und zufällige Messabweichungen, absolute und relative Abweichungen, Mittelwert und Standardabweichung zu thematisieren. Diese Verfahren sind in den nachfolgenden Themenfeldern weiter zu festigen.

Die Besonderheiten des magnetischen Felds gegenüber dem Gravitationsfeld und dem elektrischen Feld sind klar herauszuarbeiten. Die Stärke des Magnetfelds wird mithilfe der magnetischen Flussdichte **B** beschrieben.

Sprachbildung: Diese umfasst neben der Fachsprache alle nonverbalen, bildlichen, verbal-sprachlichen, symbolischen und formalen Darstellungen naturwissenschaftlicher Sachverhalte. Das Verstehen in den Naturwissenschaften ist vielfach durch Sprachhürden gefährdet. Sprachsensibler Unterricht stärkt die sprachlichen Kompetenzen und schafft so gute Lernbedingungen für das fachliche Verstehen. Literaturempfehlung: Josef Leisen: Sprachbildung und sprachsensibler Fachunterricht in den Naturwissenschaften, Kohlhammer-Verlag, Stuttgart, 2022

Grundkurs Physik Q2 und Ergänzungen für den Leistungskurs Physik Q2

2. Bewegung von geladenen Teilchen in Feldern (Q2, GK: ca. 12 h; LK ca. 20 h)

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / Fachbegriffe
• **Teilchenbeschleuniger** • **LK: Massenspektrometer** – Glühemission – mathematische Beschreibung der Bewegung geladener Teilchen im homogenen elektrischen Längsfeld – qualitative Beschreibung der Teilchenbahn im homogenen elektrischen Querfeld – Vakuumlichtgeschwindigkeit c_0 als Obergrenze für Geschwindigkeiten – MILLIKAN-Experiment (Schwebefall) – Berechnung von Kreisbahnen von geladenen Teilchen im homogenen Magnetfeld – Bestimmung der spezifischen Ladung des Elektrons, Ruhemasse **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – mathematische Beschreibung der Bahnkurven geladener Teilchen im homogenen elektrischen Längs- und Querfeld – relativistische Massenzunahme – Ablenkung von Ladungsträgern in Magnetfeldern für beliebige Eintrittswinkel $F_L = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$ – geladene Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern mit senkrecht aufeinander stehenden Feldstärkevektoren – HALL-Effekt EXP.: Ablenkung von Ladungsträgern in einer Elektronenstrahlröhre durch elektrische und magnetische Felder EXP.: Bestimmung der spezifischen Ladung EXP.: *LEISTUNGSKURS*: Bestimmung der Hall-Spannung	Die Lernenden … – beschreiben die Elektronenbahn im elektrischen Querfeld kausal korrekt strukturiert. (K 4) – entwickeln Handlungsoptionen am Beispiel von Teilchenbeschleunigern unter Berücksichtigung gegebener Bewertungskriterien wie Kosten, Energieaufwand, gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Nutzen. (B 3) – reflektieren die Relevanz des Ergebnisses des MILLIKAN-Experiments hinsichtlich der Bestimmung der Elektronenmasse. (E 9) – leiten die Gleichung $v = \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}}$ aus einem Energieansatz her. **(Erhaltung und Gleichgewicht)** – entwickeln einen Kraftansatzes für ein schwebendes Öltröpfchen im MILLIKAN-Experiment. **(Erhaltung und Gleichgewicht)** – berechnen Größen aus dem Kraftansatz $m \cdot \frac{v^2}{r} = Q \cdot v \cdot B$. **(Erhaltung und Gleichgewicht)** – leiten die Gleichung $\frac{e}{m_e} = \frac{2 \cdot U}{B^2 \cdot r^2}$ aus einem Kraft- und Energieansatz her. **(Erhaltung und Gleichgewicht)** – beschreiben die Bewegung eines Ladungsträgers im homogenen elektrischen Querfeld als Überlagerung einer gleichförmigen und einer beschleunigten Bewegung. **(Superposition und Komponenten)** – – **LK (ZUSÄTZLICH):** leiten die Gleichung mithilfe eines Kraftansatzes $U_H = \cdot b \cdot v \cdot B$ her. **(Erhaltung und Gleichgewicht)**	- *Glühemission* - *Spezifische Ladung des Elektrons* - *Ruhemasse* - *LK: HALL-Spannung* LB: Fokus Physik, S. 133/146 f https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/bewegte-ladungen-feldern/ausblick/teilchenbeschleuniger https://de.wikipedia.org/wiki/Millikan-Versuch https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/ladungen-elektrisches-feld/versuche/millikan-versuch-schwebemethode-simulation https://www.kippenbergs.de/mint-millikan https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/gluehelektrischer-effekt/grundwissen/gluehelektrischer-oder-edison-effekt https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/bewegte-ladungen-feldern/grundwissen/hall-effekt https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/bewegte-ladungen-feldern/versuche/hall-effekt-komplett Im Leistungskurs ist zur Beschreibung der relativistischen Massenzunahme schnell

	– **LK (ZUSÄTZLICH):** leiten die Gleichung für den Geschwindigkeitsfilter $v = \frac{E}{B}$ her. **(Erhaltung und Gleichgewicht)** – **LK (ZUSÄTZLICH):** berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen bei der Interpretation von Messdaten aus dem MILLIKAN-Experiment bei der Bestimmung der Elementarladung. (E 7) – **LK (ZUSÄTZLICH):** wenden bekannte mathematische Verfahren zur Beschreibung der Bahnkurven von Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern an. (S 7) – **LK (ZUSÄTZLICH):** erklären mithilfe der relativistischen Massenzunahme experimentelle Daten zu schnell bewegten Elektronen. (E 6)	bewegter Teilchen keine detaillierte mathematische Herleitung erforderlich. LB: Metzler Physik, S. 232 ff LB: Fokus Physik, S. 134 ff

3. Elektromagnetische Induktion (Q2, GK: ca. 15 h; LK ca. 25 h)

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / Fachbegriffe
• **Kontaktloses Aufladen von Akkus** • **Spule als Sensor** – Möglichkeiten der Erzeugung von Induktionsspannungen – Magnetischer Fluss – Induktionsgesetz unter Verwendung des Differenzenquotienten $U_{\text{ind}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ – Betrachtung der Spezialfälle konstanter Fläche und konstanter magnetischer Flussdichte beim Erzeugen von Induktionsspannungen – Erzeugung von Wechselspannung (qualitativ) – Effektivwerte von Stromstärke und Spannung **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – Induktionsgesetz unter Verwendung des Differenzenquotienten $U_{\text{ind}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ und in differentieller Form $U_{ind}=-N d\Phi/dt$ – mathematische Betrachtung sinusförmiger Wechselspannungen $U_{ind}(t)=U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$ mit $U_0 = N \cdot B \cdot A \cdot \omega$ EXP.: Nachweis der elektromagnetischen Induktion im bewegten und im ruhenden Leiter EXP.: Experiment zur Spannungsübersetzung EXP.: Experiment zur LENZschen Regel EXP. *LEISTUNGSKURS:* Aufnahme des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke beim Einschalten einer Spule **computerunterstützt im Schülerversuch**	Die Lernenden … – entnehmen einem $\Phi(t)$-Diagramm relevante Informationen und entwickeln daraus das $U_{ind}(t)$-Diagramm. (K 3) – prüfen verwendete Quellen zu Alltagskontexten des Themenfeldes hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt. (K 2) – beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art zu Alltagskontexten des Themenfeldes hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz. (B 2) – beschreiben den Zusammenhangs zwischen LENZscher Regel und Energieerhaltungssatz. **(Erhaltung und Gleichgewicht)** – erklären den Verlaufs der resultierenden Spannung beim Einschalten einer Spule aus der Überlagerung von angelegter Spannung und Induktionsspannung. (**Superposition und Komponenten)** – sagen Messergebnissen mithilfe des Induktionsgesetzes vorher. **(Mathematisieren und Vorhersagen)** – **LK (ZUSÄTZLICH):** leiten die Gleichung für eine sinusförmige Wechselspannung aus dem Induktionsgesetz her. **(Mathematisieren und Vorhersagen)**	- ***magnetischer Fluss*** - ***Induktivität*** - ***Selbstinduktion*** - ***Effektivwerte von Stromstärke und Spannung*** - ***LEISTUNGSKURS: Kreisfrequenz*** https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion/grundwissen/magnetischer-fluss-und-induktionsgesetz https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion/grundwissen/ein-und-ausschalten-von-rl-kreisen https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion/grundwissen/lenzsche-regel

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / Fachbegriffe
• **LK: Erzeugen hoher Spannungen und Stromstärken in der Technik** • **Spule als Sensor** – Selbstinduktion : qualitative Beschreibung der Verläufe von Spannung und Stromstärke bei Ein- und Ausschaltvorgängen von Spulen – LENZsche Regel – Spannung bei Selbstinduktion $U_{\text{ind}} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ – Induktivität einer Spule $L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l}$ – Energie einer stromdurchflossenen Spule $E_{\text{mag}} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$ **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – mathematische Beschreibung der Verläufe von Spannung und Stromstärke bei Ein- und Ausschaltvorgängen von Spulen – Spannung bei Selbstinduktion $U_{ind} = -L \cdot dI/dt$ EXP.: Experiment zur LENZschen Regel EXP.: *LEISTUNGSKURS*: Aufnahme des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke beim Einschalten einer Spule **computerunterstützt im Schülerversuch**	– beurteilen ein technisches Gerät, bei dem sehr große Induktionsspannungen erzeugt werden, hinsichtlich entstehender Risiken. (B 6) – wählen sach- und adressatengerecht einzelne Anwendungen der elektromagnetischen Induktion für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus. (K 5) – **LK (ZUSÄTZLICH):** ermitteln **computerunterstützt im Schülerversuch** die Induktivität einer Spule aus Messdaten I(t) beim Einschalten dieser Spule und erklären das verwendete Auswerteverfahren. (S 6)	https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion/downloads/selbstinduktion-ein-und-ausschalten-mit-gluehlampen-animation https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion/grundwissen/ein-und-ausschalten-von-rl-kreisen LB: Metzler Physik, S. 254 ff LB: Fokus Physik, S. 158 f

4. Schwingungen (Q2, GK: ca. 15 h; LK ca. 25 h)

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / Fachbegriffe
• **Gefahr durch Resonanzeffekte** • **Schwingungsdämpfer an Fahrzeugen und Gebäuden** – Beschreibung der Schwingung eines mechanischen Oszillators – Kenngrößen einer Schwingung, Zusammenhang zwischen Frequenz und Periodendauer – Auslenkung, Amplitude, Frequenz, Periodendauer, Kreisfrequenz – Energieumwandlungen an einem mechanischen Oszillator – Dämpfung einer Schwingung – Periodendauer eines Federpendels $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$ – harmonische Schwingung – Gleichung für die zeitabhängige Auslenkung bei harmonischen Schwingungen $y(t) = y_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ – erzwungene Schwingung und Resonanz – Eigenfrequenz, Erregerfrequenz **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – lineares Kraftgesetz als Bedingung für die Entstehung einer mechanischen harmonischen Schwingung EXP.: Abhängigkeit der Eigenfrequenz eines mechanischen harmonischen Oszillators von verschiedenen Parametern auch **computerunterstützt im Schülerversuch**	Die Lernenden … – beziehen das Modell der harmonischen Schwingung zurück auf Alltagssituationen und reflektieren seine Generalisierbarkeit. (E 10) – planen geeignete Experimente zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Eigenfrequenz und den Parametern eines harmonischen Oszillators. (E 5) – beurteilen Sicherheitsmaßnahmen zur Schwingungsdämpfung in Alltagssituationen. (B 6) – erläutern Energieumwandlungen an gedämpften und an erzwungenen Schwingungen. **(Erhaltung und Gleichgewicht)** – **LK (ZUSÄTZLICH):** betrachten die Kräfte zur Erklärung der Entstehung einer mechanischen Schwingung. **(Superposition und Komponenten)** – **LK (ZUSÄTZLICH):** entwickeln die Gleichung $y(t) = y_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ als Lösung des Kraftansatzes F(t) = – D . y(t). **(Mathematisieren und Vorhersagen)**	- *Auslenkung, Amplitude, Frequenz, Periodendauer, Kreisfrequenz* - *Oszillator* - *harmonische Schwingung* - *Eigenfrequenz, Erregerfrequenz* - *LEISTUNGSKURS: Schallwahrnehmung* - *LEISTUNGSKURS: Phasenverschiebung* https://www.leifiphysik.de/mechanik/mechanische-schwingungen/grundwissen/federpendel https://www.leifiphysik.de/mechanik/mechanische-schwingungen/grundwissen/federpendel

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / Fachbegriffe
• **Musikinstrumente** • **Klangerzeugung** – Entstehung elektromagnetischer Schwingungen in einem Schwingkreis – zeitliche Verläufe von Spannung und Stromstärke in einem Schwingkreis – THOMSONsche Schwingungsgleichung $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$ – Energieumwandlungen im Schwingkreis – Dämpfung im Schwingkreis (qualitativ) – Vergleich von mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen unter dem Aspekt der Energieumwandlungen **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – Erzeugen von elektromagnetischen Schwingungen mit konstanter Amplitude durch Rück-kopplung – Erzwungene elektromagnetische Schwingung und Resonanz EXP.: Darstellung des zeitlichen Verlaufs von Stromstärke und Spannung in einem Schwingkreis **computerunterstützt im Schülerversuch** EXP.: Abhängigkeit der Eigenfrequenz eines Schwingkreises von der Kapazität und der Induktivität **computerunterstützt im Schülerversuch** EXP.: *LEISTUNGSKURS*: Aufnahme der Resonanzkurve eines elektromagnetischen Schwingkreises	– erklären anhand von Lade- und Induktionsvorgängen den Einfluss der Kapazität und der Induktivität auf die Eigenfrequenz eines elektromagnetischen Schwingkreises. (E 6) – nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Entwicklung eigener, innerfachlicher Argumentationen, z.B. zur Beschreibung der Vorgänge in einem Schwingkreis. (K 8) – **LK (ZUSÄTZLICH):** wenden die Methode der zeitlichen Ableitung auf die Gleichung für die harmonische Schwingung an. (S 7) – **LK (ZUSÄTZLICH):** erläutern kausal korrekt strukturiert an einem Blockschaltbild das Rückkopplungsprinzip zur Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen. (K 4)	

Bezug zur Sprachbildung (Teil B, RLP)	Bezug zur Medienbildung (Teil B, RLP)	Bezug zu den übergreifenden Themen (Teil B, RLP)
Die Lernenden … – erschließen Fachtexte zu den unterschiedlichsten Themen des laufenden Kurses und erstellen eigene Fachtexte auch mit Diagrammen und Abbildungen/Skizzen. – Zu Beginn des Kursunterrichts sollen Aspekte der Sprachbildung besonders in den Blick genommen werden. Insbesondere sind ein bewusster Umgang mit Alltags- und Fachsprache sowie die Verfügbarkeit geeigneter sprachlicher Mittel Voraussetzung für das präzise Kommunizieren von Fachinhalten im weiteren Unterricht.	Die Lernenden … – nutzen digitale Tools, um Schwingungen, Schwingkreise und Resonanzphänomene zu veranschaulichen – präsentieren unter Einbeziehung von Experimenten technische Anwendungen von Schwingkreisschaltungen. – nutzen interaktive Tafeln zur Präsentation mit Dokumentenkameras, Filmsequenzen und Simulationen auch unter Nutzung von Online-Streaming. Erstellen interaktiv in Gruppenarbeit eigene und die Inhalte visualisierende Medien.	– Schwingkreise und Induktionsschleifen im Schienen- und Straßenverkehr **→ ÜT Mobilitätsbildung und Verkehrserziehung** – Sachgerechter und sicherer Umgang mit elektrischen Geräten (bei Schülerexperimenten) **→ ÜT Gesundheitsförderung** – Kontaktloses Laden eines Kondensators/eines Akkus (Analogiebetrachtung), Wirkungsgradbetrachtungen **→ ÜT Verbraucherbildung** **→ ÜT Nachhaltige Entwicklung/Lernen in globalen Zusammenhängen**

Fachinterne Vereinbarungen:

Im Grundkurs je Semester 1 Klausur, im Leistungskurs 2 Klausuren. Mindestdauer lt. VO-GO in aktueller Fassung. Im 3. oder 4. Semester davon eine Klausur in voller Abiturlänge (bezogen auf die reine Bearbeitungszeit ohne Lese-und Auswahlzeit). Wertung Klausur(en) zu Allg. Teil: Grundkurs: 1/3 zu 2/3, LK 1:1.

Experimentelle Arbeit, Mitarbeit, zusätzliche Lernerfolgskontrollen, schriftliche Ausarbeitungen, Referate usw. werden dem Allgemeinen Teil zugerechnet.

Grundsätzliches zum Themenfeld:

Vorkenntnisse aus der Klassenstufe 10 werden in diesem Themenfeld vertieft. Gleichzeitig wird die Erarbeitung des Themenfelds „Wellen“ vorbereitet.

Im Folgenden werden die zu behandelnden Inhalte getrennt nach mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen dargestellt. Um die Analogie der Schwingungsarten zu betonen, kann eine abgewandelte Reihenfolge in der Behandlung der Inhalte zweckmäßig sein.

Bei der Behandlung des elektromagnetischen Schwingkreises ist eine Betrachtung von Wechselstromwiderständen nicht erforderlich.

Die Lernenden greifen in diesem Themenfeld ihr Wissen über Winkelfunktionen aus dem Mathematikunterricht der Klassenstufe 10 auf und wenden es zur Beschreibung von Schwingungen an. Im Leistungskurs beziehen sie dabei auch Kenntnisse über das Ableiten von Funktionen ein. Die schulinternen Planungen der Fächer Physik und Mathematik an den Schulen sollten hierzu adäquat gestaltet werden.

Sprachbildung: Diese umfasst neben der Fachsprache alle nonverbalen, bildlichen, verbal-sprachlichen, symbolischen und formalen Darstellungen naturwissenschaftlicher Sachverhalte. Sprachsensibler Unterricht stärkt die sprachlichen Kompetenzen und schafft so die Lernbedingungen für das fachliche Verstehen. Dazu gehört auch der sensible Umgang mit regional und international unterschiedlichen Fachbegriffen zum gleichem Sachverhalt.

Literaturempfehlung: Leisen, J.: Handbuch Sprachförderung im Fach – Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Varus-Verlag, Bonn, 2010 (Neuauflage ist angekündigt, sie erscheint voraussichtlich 2022/2023)

Material-Sammlung zur Sprachbildung: http://www.josefleisen.de/download-sprachbildung

Grundkurs Physik Q3 und Ergänzungen für den Leistungskurs Physik Q3

5. Wellen (GK: ca. 24 h; LK ca. 40 h)

5.1 Mechanische Wellen (Q3, GK: ca. 9 h; LK ca. 15 h)

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / Fachbegriffe
• **Meereswellen in Küstennähe, Tsunami** • **Erdbebenwellen** – Definition des Begriffs mechanische Welle, Wellenfront, Wellenberg, Wellental – Energieübertragung durch Wellen – charakteristische Größen zur Beschreibung einer Welle – Zusammenhang zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge und Frequenz $c = \lambda \cdot f$ – Wellenphänomene: Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz – stehende Wellen, Schwingungsknoten, Schwingungsbauch – Wellenlängenbestimmung mittels einer durch Reflexion erzeugten stehenden Welle, **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – zeitliche und räumliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle, Darstellung durch Funktionsgleichungen für $y(t) = y_{max} \cdot sin(\omega \cdot t)$ für x = konst. und $y(x) = y_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x\right)$ für t = konst. oder durch Funktionsgraphen EXP.: Demonstration von Wellenphänomenen EXP.: Erzeugung einer stehenden Welle (z. B. Seilwelle) durch Reflexion EXP.: LEISTUNGSKURS: Interferenz am Einfachspalt	Die Lernenden … – erklären Interferenzphänomene mithilfe der Superposition von Wellen. **(Superposition und Komponenten)** – beschreiben mathematisch die Lage der Maxima und Minima bei der Interferenz am Doppelspalt. **(Mathematisieren und Vorhersagen)**	- ***Wellenlänge*** - ***Wellenfront*** - ***Lichtgeschwindigkeit*** - ***Gangunterschied*** - ***Schwingungsknoten, Schwingungsbauch*** - ***Gitterkonstante*** Simulationen zu den EXP.: https://phet.colorado.edu/de/simulations/waves-intro (25.08.2022) https://phet.colorado.edu/de/simulations/wave-on-a-string (25.08.2022) LB: Metzler Physik, S. 124 ff LB: Fokus Physik, S. 208 ff

5.2 Elektromagnetische Wellen (Q3, GK: ca. 6 h; LK ca. 10 h)

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / Fachbegriffe
• **Informationsübertragung, Modulation** • **Wärmebildkamera & Fernbedienung** – Entstehung elektromagnetischer Wellen am HERTZschen Dipol – Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Lichtgeschwindigkeit – Wellenphänomene: Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz – Polarisation von Transversalwellen **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – Dipollänge $l = \frac{\lambda}{2}$ EXP.: Simulation der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen EXP.: Untersuchung der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen **computerunterstützt im Schülerversuch** EXP.: Eigenschaften elektromagnetischer Wellen EXP. LEISTUNGSKURS: Bestimmung von Netzebenenabständen in Kristallen mithilfe des Röntgengerätes und **computerunterstützter Messung**	Die Lernenden … – veranschaulichen die Entstehung stehender Wellen in sachgerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge. (K 6) – beschreiben mathematisch die Lage der Maxima und Minima bei der Interferenz am Doppelspalt. **(Mathematisieren und Vorhersagen)** – **LK (ZUSÄTZLICH):** deuten die Abschwächung unpolarisierten Lichts durch einen Polarisationsfilter. **(Superposition und Komponenten)**	- ***Wellenlänge*** - ***Wellenfront*** - ***Lichtgeschwindigkeit*** - ***Gangunterschied*** - ***Schwingungsknoten, Schwingungsbauch*** - ***Gitterkonstante*** Simulation oder Realexperimente

5.3 Wellenoptik (Q3, GK: ca. 9 h; LK ca. 15 h)

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / Fachbegriffe
• **Interferenzerscheinungen in der Natur** • **LK: Auflösungsvermögen optischer Instrumente** • **LK: Holografie** • **LK: Globale Bilanz der Strahlungsenergie der Erdatomsphäre** – Interferenz von monochromatischem Licht am Doppelspalt und Gitter – Bedingungen für konstruktive und destruktive Interferenz an Doppelspalt und Gitter: $\Delta s = k \cdot \lambda$, $\sin\alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b}$ $\Delta s = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$, $\sin\alpha_k = \frac{(2k+1) \cdot \lambda}{2 \cdot b}$ – Begriffe Gitterkonstante, Gangunterschied – Farbzerlegung von weißem Licht an einem Gitter – elektromagnetisches Spektrum, Überblick über die verschiedenen Frequenzbereiche **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – Beugung und Interferenz am Einfachspalt, Bedingung für destruktive Interferenz: $sin\alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b}$ – Aufbau und Funktionsweise eines Interferometers – Röntgenbeugung an Kristallgittern, BRAGGsche Gleichung: $2 \cdot d \cdot \sin\alpha = n \cdot \lambda$ EXP.: Bestimmung der Wellenlänge monochromatischen Lichts durch Interferenz EXP.: Nachweis von polarisiertem und unpolarisiertem Licht EXP.: Erzeugung einer stehenden Welle (z. B. Seilwelle) durch Reflexion EXP. LEISTUNGSKURS: Interferenz am Einfachspalt EXP. LEISTUNGSKURS: Realexperimente mit Schulröntgengerät	Die Lernenden … – erklären das Messverfahren zur Wellenlängenbestimmung bei der Interferenz am Doppelspalt sowie die Funktion einzelner Komponenten des Versuchsaufbaus. (S 5) – modellieren optische Phänomene wie die Interferenz am Doppelspalt mithilfe mathematischer Darstellungen, wobei theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aus der Untersuchung des Beugungsbilds aufeinander bezogen werden. (E 4) – präsentieren Eigenschaften und Anwendungen von Frequenzbereichen des elektromagnetischen Spektrums sach- und adressatengerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien. (K 7) – bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten (z.B. „Handy-Strahlung“) ein eigenes Urteil. (B 4) – **LK (ZUSÄTZLICH):** bestimmen von Netzebenenabständen in Kristallen mithilfe der BRAGGschen Gleichung. **(Mathematisieren und Vorhersagen)** – **LK (ZUSÄTZLICH):** erklären das Messverfahren zur Bestimmung der Netzebenenabstände in Kristallen mithilfe der BRAGG-Reflexion sowie die Funktion einzelner Komponenten des Versuchsaufbaus. (S 5) – **LK (ZUSÄTZLICH):** reflektieren Risikoeinschätzungen zur Mobilfunktechnologie („Handystrahlung“) hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses. (B 5)	– ***Wellenlänge*** – ***Wellenfront*** – ***Lichtgeschwindigkeit*** – ***Gangunterschied*** – ***Schwingungsknoten, Schwingungsbauch*** – ***Gitterkonstante***

5.3 Wellenoptik (Q3, GK: ca. 9 h; LK ca. 15 h) Fortsetzung

Grundsätzliches zum Themenfeld ‚Wellen':

Der Schwerpunkt dieses Themenfeldes liegt in der Betrachtung von Interferenzphänomenen. Dabei wird insbesondere das Basiskonzept „Superposition und Komponenten" aufgegriffen. Mathematische Betrachtungen zur Interferenz sollen entweder bei mechanischen oder elektromagnetischen Wellen durchgeführt werden. Es ist zu beachten, dass nur die lineare, nicht die zirkulare Polarisation angesprochen werden muss.

Die Verfügbarkeit von Simulationen eröffnet Möglichkeiten, digitale Medien zu nutzen und zu bewerten.

Die Bedeutung elektromagnetischer Wellen für die Informationsübertragung und somit für einen bedeutenden Teil unserer Alltagswelt bietet Gelegenheit, Aspekte der Verbraucherbildung in den Unterricht einzubeziehen, beispielsweise zum Thema Mobilfunk.

Bei der Entstehung elektromagnetischer Wellen am HERTZschen Dipol können die sich ablösenden Feldbereiche als Träger von Energie beschrieben werden. Zusätzlich bietet es sich an, auf das Experiment von Michelson und Morley hinzuweisen, dass die Unabhängigkeit der Vakuumlichtgeschwindigkeit vom Bezugssystem belegt.

Sprachbildung: Diese umfasst neben der Fachsprache alle nonverbalen, bildlichen, verbal-sprachlichen, symbolischen und formalen Darstellungen naturwissenschaftlicher Sachverhalte. Das Verstehen in den Naturwissenschaften ist vielfach durch Sprachhürden gefährdet. Sprachsensibler Unterricht stärkt die sprachlichen Kompetenzen und schafft so gute Lernbedingungen für das fachliche Verstehen. Erstellen eigener adressatenbezogener Fachtexte mit Diagrammen und Skizzen zu komplexen physikalischen Sachverhalten für verschiedenen Zielgruppen und Evaluation derselben.

Material-Sammlung zur Sprachbildung: http://www.josefleisen.de/download-sprachbildung (Link vom 07.09.2022, 22:00 Uhr, ohne Gewähr)

6. Quantenobjekte (Q3, GK: ca. 18 h; LK ca. 30 h)

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / Fachbegriffe
• **Sonnensegel als Antrieb von Raumsonden** • **Bräunung der Haut** • **LK: Nachtsichtgerät** • **LK: innerer Fotoeffekt in optoelektronischen Bauelementen** • **LK: Fotoemissionselektronen-Mikroskop** – äußerer lichtelektrischer Effekt, Widerspruch zum Wellenmodell – EINSTEINsche Deutung im Photonenmodell des Lichts $E_{Ph} = h \cdot f = E_{kin} + W_A$ – Impuls von klassischen Teilchen und Photonen: $p = m \cdot v$, $p_{Ph} = \frac{h \cdot f}{c}$ – Hypothese von DE BROGLIE $\lambda = \frac{h}{p}$, Materiewelle, DE-BROGLIE-Wellenlänge – Elektronenbeugung (qualitativ) – TAYLOR-Experiment: stochastische Vorhersagbarkeit der Häufigkeitsverteilung (qualitativ), Aufenthaltswahrscheinlichkeit – Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – Elektronenbeugung an Kristallgittern (quantitativ) – HEISENBERGsche Unbestimmtheitsrelation $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$ – Äquivalenz von Masse und Energie $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ EXP.: Fotoeffekt: Einfluss der Intensität und Frequenz des Lichts EXP.: Bestimmung des PLANCKschen Wirkungsquantums mit der Gegenfeldmethode EXP.: Elektronenbeugung EXP. LEISTUNGSKURS: h-Bestimmung mithilfe von LEDs EXP. LEISTUNGSKURS: Simulation zum Nachweis der Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit	Die Lernenden … – reflektieren die Relevanz der Ergebnisse zum Fotoeffekt für physikalische Erkenntnisgewinnung und erläutern das Versagen klassischer Modelle. (E 9) – erklären, wie sich mithilfe eines Experiments zum Fotoeffekt das PLANCKsche Wirkungsquantum ermitteln lässt. (S 6) – erläutern die Energieerhaltung beim Fotoeffekt (**Erhaltung und Gleichgewicht)** – deuten das Interferenzmusters im Doppelspaltexperiment als Häufigkeitsverteilung bei der Registrierung von Einzelereignissen **(Superposition und Komponenten)** – beschreiben Ereignisse einzelner Quantenobjekte (z. B. Registrierung eines Photons auf einem Schirm) unter Verwendung von Wahrscheinlichkeitsaussagen **(Zufall und Determiniertheit)** **LEISTUNGSKURS:** – **LK (ZUSÄTZLICH):** erklären im Photonenmodell die am Einfachspalt gefundenen Zusammenhänge zwischen Spaltbreite und Breite des Hauptmaximums mithilfe der HEISENBERGschen Unbestimmtheitsrelation. (E 6) – **LK (ZUSÄTZLICH):** reflektieren Grenzen der Erkenntnisgewinnung vor dem Hintergrund der HEISENBERGschen Unbestimmtheitsrelation. (E 11) – **LK (ZUSÄTZLICH):** leiten die Gleichung aus der DE-BROGLIE-Hypothese und dem Energieansatz her **(Erhaltung und Gleichgewicht)**: $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m_e \cdot e \cdot U}}$	– ***Photon*** – ***Plancksches Wirkungsquantum*** – ***Austrittsarbeit*** – ***Grenzfrequenz*** – ***Materiewelle*** – ***De-Broglie-Wellenlänge*** – ***Aufenthaltswahrscheinlichkeit*** Simulation Elektronenbeugung: https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-elektron/downloads/elektronenbeugung-simulation (27.01.2022)

	– **LK (ZUSÄTZLICH):** stellen Messwerte aus dem Elektronenbeugungsexperiment linearisiert zur Bestimmung von h. **(Mathematisieren und Vorhersagen)** – **LK (ZUSÄTZLICH):** beschreiben mathematisch des Zusammenhangs zwischen der Wellenlänge und der Lage der Beugungsringe in der Elektronenbeugungsröhre. **(Mathematisieren und Vorhersagen)**	

Bezug zur Sprachbildung (Teil B, RLP)	Bezug zur Medienbildung (Teil B, RLP)	Bezug zu den übergreifenden Themen (Teil B, RLP)
Die Lernenden … – unterscheiden den Begriff "Quant" in der Fachsprache und der Alltagssprache	Die Lernenden … – analysieren Beträge/Aussagen aus der Serie " The Big Bang Theory " und prüfen sie kritisch	Die Lernenden … – analysieren und bewerten die Kosten für Großprojekte, z. B. CERN, DESY und weitere Forschungseinrichtungen **→ ÜT Demokratiebildung, Verbraucherbildung, Nachhaltige Entwicklung/Lernen in globalen Zusammenhängen**

Fachinterne Vereinbarungen:

Im Grundkurs je Semester 1 Klausur, im Leistungskurs 2 Klausuren. Mindestdauer lt. VO-GO in aktueller Fassung. Im 3. oder 4. Semester davon eine Klausur in voller Abiturlänge (bezogen auf die reine Bearbeitungszeit ohne Lese-und Auswahlzeit). Wertung Klausur(en) zu Allg. Teil: Grundkurs: 1/3 zu 2/3, LK 1:1.

Experimentelle Arbeit, Mitarbeit, zusätzliche Lernerfolgskontrollen, schriftliche Ausarbeitungen, Referate usw. werden dem Allgemeinen Teil zugerechnet.

Grundsätzliches zum Themenfeld:

Die Lernenden erweitern in diesem Themenfeld ihr Weltbild, indem sie Erkenntnisprozesse beim Übergang von der klassischen zur modernen Physik nachvollziehen und reflektieren. Dabei entwickeln sie ein quantenphysikalisches Weltbild hinsichtlich der Begriffe Realität, Lokalität, Kausalität und Determinismus.

Die vorgesehenen Experimente können gegebenenfalls – sofern eine entsprechende Ausstattung nicht zur Verfügung steht – durch geeignete interaktive Bildschirmexperimente (IBE) ersetzt oder mithilfe von Simulationen veranschaulicht werden.

Die HEISENBERGsche Unbestimmtheitsrelation kann im Grundkursunterricht zur inhaltlichen Vertiefung beitragen.

Im Leistungskurs ist es möglich, die Äquivalenz von Masse und Energie als Ausgangspunkt für die Diskussion grundlegender Materieeigenschaften zu nehmen.

Sprachbildung: Diese umfasst neben der Fachsprache alle nonverbalen, bildlichen, verbal-sprachlichen, symbolischen und formalen Darstellungen naturwissenschaftlicher Sachverhalte. Sprachsensibler Unterricht stärkt die sprachlichen Kompetenzen und schafft notwendige Lernbedingungen für das fachliche Verstehen. Nutzung der Sprache zum edukativen Vermitteln schwieriger physikalischer Sachverhalte. Erstellen eigener Lernmaterialien, kommentierte Videos und Visualisierungen anhand exemplarisch ausgewählter anspruchsvoller physikalisch-mathematischer Inhalte

Grundkurs Physik Q4 und Ergänzungen für den Leistungskurs Physik Q4

7. Atomphysik (Q3, GK: ca. 30 h; LK ca. 50 h)

Kontexte Verbindliche Inhalte Ergänzungen	Kompetenzen, Basiskonzepte	Hinweise / Fachbegriffe
– **Spektroskopie, Spektren in der Astronomie** – **Lasertechnik** – **Fluoreszenz und Phosphoreszenz** – Linienspektrum des atomaren Wasserstoffs, Serienformel: $f = f_R \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$ – Emission und Absorption von Photonen als Energieabgabe und Anregung von Atomen – Emissions- und Absorptionsspektrum, Orbital, Hauptquantenzahl *n*, Grundzustand, angeregte Zustände, Ionisationsenergie – Energiewerte für das Wasserstoffatom $E_n = -13{,}6\ \text{eV} \cdot \frac{1}{n^2}$ – Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron – Zusammenhang zwischen Energieniveauschema und Linienspektrum – Optische Spektralanalyse unterschiedlicher atomarer Gase **LEISTUNGSKURS (ZUSÄTZLICH):** – FRANCK-HERTZ-Experiment – Modell des eindimensionalen Potenzialtopfes mit diskreten Energiewerten und seine Grenzen – Betragsquadrat der Wellenfunktion zur Beschreibung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit	Die Lernenden … – entwickeln Fragestellungen zur Analyse von Linienspektren. (E 1) – erläutern Prozesse bei der quantenhaften Emission und Absorption von Licht. **(Erhaltung und Gleichgewicht)** – erklären die Entstehung von Absorptionslinien unter Nutzung eines Energieniveauschemas. (S 1) – entwickeln ein Energieniveauschema aus einem Emissionsspektrum und umgekehrt. **(Mathematisieren und Vorhersagen)** – sagen Spektrallinien außerhalb des sichtbaren Spektrums vorher. **(Mathematisieren und Vorhersagen)** – veranschaulichen Orbitale des Wasserstoffatoms mithilfe geeigneter Software. (K 6) – **LK (ZUSÄTZLICH):** erklären die unterschiedlichen Intensitäten von Spektrallinien als Folge unterschiedlicher Wahrscheinlichkeiten bei der Besetzung von Energieniveaus. **(Zufall und Determiniertheit)** – **LK (ZUSÄTZLICH):** erklären das Drehkristallverfahren sowie die Funktionen der einzelnen Komponenten des Versuchsaufbaus zur Aufnahme eines Röntgenspektrums. (S 5)	– ***Emissions- und Absorptionsspektrum*** – ***Orbital, Hauptquantenzahl n*** – ***Grundzustand, angeregte Zustände, Ionisationsenergie*** – ***LEISTUNGSKURS: kurzwellige Grenze des Röntgenbremsspektrums*** – ***LEISTUNGSKURS: charakteristische Röntgenstrahlung*** Experimente: https://www.leifiphysik.de/atomphysik/roentgenstrahlung/downloads/roentgenspektren-simulation (02.02.2022) https://www.leifiphysik.de/atomphysik/roentgenstrahlung/downloads/roentgenbremsspektrum-simulation (02.02.2022)

– Energiewerte für Ein-Elektron-Systeme $E_n = -13{,}6\ \mathrm{eV} \cdot \frac{Z^2}{n^2}$ – Ausblick auf Mehrelektronensysteme, PAULI-Prinzip – Eigenschaften von Röntgenstrahlung – kurzwellige Grenze des Röntgenbremsspektrums – charakteristische Röntgenstrahlung – Röntgenspektrum (Drehkristallverfahren) – Entstehung der kontinuierlichen und der diskreten Röntgenstrahlung EXP.: Darstellung eines Emissions- und Absorptionslinienspektrums EXP. LEISTUNGSKURS: Darstellung von Röntgenspektren (IBE und Realexperiment mit **computerunterstützter Messung**)	– **LK:** erklären, wie aus der grafischen Darstellung $\lambda_{\min}\left(\frac{1}{U}\right)$ für die kurzwellige Grenze der Röntgenstrahlung das PLANCKsche Wirkungsquantum ermittelt werden kann und wenden dieses Auswerteverfahren auf Messergebnisse an. (S 6) – **LK (ZUSÄTZLICH):** bestimmen das Planckschen Wirkungsquantums aus der kurzwelligen Grenze der Röntgenstrahlung. **(Erhaltung und Gleichgewicht)** – **LK (ZUSÄTZLICH):** erläutern die Prozesse beim FRANCK-HERTZ-Experiment**. (Erhaltung und Gleichgewicht)** – **LK (ZUSÄTZLICH):** erklären, dass in einer Gasentladungsröhre der Zeitpunkt der Emission eines Photons durch ein einzelnes Gasatom zufällig ist, sich aber bei fest eingestellter Spannung dennoch eine eindeutig vorhersagbare Strahlungsleistung einstellt. **(Zufall und Determiniertheit)**	

7. Atomphysik (Q3, GK: ca. 30 h; LK ca. 50 h) (Fortsetzung)

Bezug zur Sprachbildung (Teil B, RLP)	Bezug zur Medienbildung (Teil B, RLP)	Bezug zu den übergreifenden Themen (Teil B, RLP)
Die Lernenden … – beschreiben in verschiedenen Darstellungsformen der Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuches, – vergleichen Originaltexte von Franck und Hertz mit heutigen Darstellungen – nutzen englischsprachige Fachtexte – verwenden zunehmend bewusster und sicherer die Fachsprache – stellen Sachverhalte adressatenbezogen dar – Adressatengerechtes sprachliches Formulieren von längeren und illustrierten Sachtexten sowie Erstellung von mit Sprache unterlegten Tutorials und digitalen Lern- und Lehrprodukten zur Vermittlung abstrakter und komplexer physikalischer Sachverhalte.	Die Lernenden … – verwenden zielgerichtet Animationen und Simulationen – erläutern die Unterschiede zwischen Animationen, Simulationen und Realexperimenten	Die Lernenden … – erläutern Vor- und Nachteile von Röntgenuntersuchungen, (Gesundheitsförderung – bewerten die Notwendigkeit von Röntgenuntersuchungen in der Medizin, – erläutern und begründen Strahlenschutzmaßnahmen beim Röntgen → **ÜT Gesundheitsförderung** – erläutern, wie mithilfe der Spektroskopie Umweltanalytik betrieben werden kann, – stellen Bezüge zwischen der Absorption und Emission bei Atomen und Molekülen und dem Treibhauseffekt her → **ÜT Nachhaltige Entwicklung/Lernen in globalen Zusammenhängen**

Fachinterne Vereinbarungen:

Im Grundkurs je Semester 1 Klausur, im Leistungskurs 2 Klausuren. Mindestdauer lt. VO-GO in aktueller Fassung. Im 3. oder 4. Semester davon eine Klausur in voller Abiturlänge (bezogen auf die reine Bearbeitungszeit ohne Lese-und Auswahlzeit). Wertung Klausur(en) zu Allg. Teil: Grundkurs: 1/3 zu 2/3, LK 1:1.

Experimentelle Arbeit, Mitarbeit, zusätzliche Lernerfolgskontrollen, schriftliche Ausarbeitungen, Referate usw. werden dem Allgemeinen Teil zugerechnet.

Grundsätzliches zum Themenfeld:

Der Schwerpunkt liegt in der diskreten Struktur der Energieniveaus der Atomhülle. Eine detaillierte Behandlung der Quantenzahlen l, m und s ist nicht erforderlich.

Experimente zur Röntgenstrahlung sollen primär mit dem vorhandenen Röntgengerät im Realexperiment durchgeführt werden. Nur in begründeten Ausnahmefällen können sie durch geeignete interaktive Bildschirmexperimente (IBE) ersetzt oder mithilfe von Simulationen veranschaulicht werden. Die zusätzliche Nutzung zum Realexperiment ist möglich.

Medizinische Kontexte zur Röntgenstrahlung bieten die Möglichkeit, Bezüge zur Gesundheitsförderung herzustellen.

Sprachbildung: Diese umfasst neben der Fachsprache alle nonverbalen, bildlichen, verbal-sprachlichen, symbolischen und formalen Darstellungen naturwissenschaftlicher Sachverhalte. Sprachsensibler Unterricht stärkt die sprachlichen Kompetenzen und schafft so die Grundlage für das nachhaltige fachliche Verstehen.

Material-Sammlung zur Sprachbildung: http://www.josefleisen.de/download-sprachbildung (Link vom 07.09.2022, 22:00 Uhr, ohne Gewähr)

ZUSAMMENFASSUNGEN: Verbindliche Experimente in der Qualifikationsphase (Seite 1 von 2 Seiten)

Q1: Gravitationsfeld, elektrisches und magnetisches Feld	**Q2: Bewegung von geladenen Teilchen in Feldern, Elektromagnetische Induktion, Schwingungen**	**Q3: Wellen, Quantenobjekte**	**Q4: Atome**
EXP. *LEISTUNGSKURS*:: Veranschaulichung der Kepler-Gesetze mithilfe von Computersimulationen EXP: Veranschaulichung von Feldeigenschaften mithilfe von Computersimulationen und Modellexperimenten EXP: Bestimmung der Gravitationskonstante mit der vorhandenen stationären Gravitationsdrehwaage nach Cavendish in Raum 2.04 EXP.: Erfassen des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke beim Auf- und Entladen eines Kondensators auch **computerunterstützt im Schülerversuch** auch mithilfe von Sensoren EXP. *LEISTUNGSKURS*: Erfassen des zeitlichen Verlaufs der Spannung beim Auf- und Entladen eines Kondensators **computerunterstützt im Schülerversuch** EXP. *LEISTUNGSKURS:* Zusammenhang zwischen Spannung und Ladung eines Kondensators EXP. *LEISTUNGSKURS:* Glätten einer pulsierenden Gleichspannung mithilfe eines Kondensators und Nachweis **computerunterstützt im Schülerversuch**	EXP.: Ablenkung von Ladungsträgern in einer Elektronenstrahlröhre durch elektrische und magnetische Felder EXP.: Bestimmung der spezifischen Ladung EXP. *LEISTUNGSKURS*: Bestimmung der Hall-Spannung EXP.: Nachweis der elektromagnetischen Induktion im bewegten und im ruhenden Leiter EXP.: Experiment zur Spannungsübersetzung EXP.: Experiment zur LENZschen Regel EXP. *LEISTUNGSKURS:* Aufnahme des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke beim Einschalten einer Spule **computerunterstützt im Schülerversuch**	EXP. *LEISTUNGSKURS:* Demonstration von Wellenphänomenen EXP. *LEISTUNGSKURS:* Simulation der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen EXP. *LEISTUNGSKURS:* Eigenschaften elektromagnetischer Wellen EXP. *LEISTUNGSKURS:* Untersuchung der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen **computerunterstützt im Schülerversuch** EXP. LEISTUNGSKURS: Bestimmung von Netzebenenabständen in Kristallen mithilfe des Röntgengerätes und **computerunterstützter Messung** EXP.: Bestimmung der Wellenlänge monochromatischen Lichts durch Interferenz EXP.: Nachweis von polarisiertem und unpolarisiertem Licht EXP.: Erzeugung einer stehenden Welle (z. B. Seilwelle) durch Reflexion	EXP.: Darstellung eines Emissions- und Absorptionslinienspektrums EXP. *LEISTUNGSKURS:* Darstellung von Röntgenspektren (IBE und Realexperiment **mit computerunterstützter Messung**)

ZUSAMMENFASSUNGEN: **Verbindliche Experimente in der Qualifikationsphase** (Seite 2 von 2 Seiten)			
Q1: Gravitationsfeld, elektrisches und magnetisches Feld	**Q2: Bewegung von geladenen Teilchen in Feldern, Elektromagnetische Induktion, Schwingungen**	**Q3: Wellen, Quantenobjekte**	**Q4: Atome**
EXP.: Messung von Flussdichten, z. B. von Elektromagneten, des Erdmagnetfelds **computerunterstützt im Schülerversuch** mithilfe von Sensoren. EXP.: Erfassen des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke beim Auf- und Entladen eines Kondensators **computerunterstützt im Schülerversuch** auch mithilfe von EXP.: Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld	EXP.: Abhängigkeit der Eigenfrequenz eines mechanischen harmonischen Oszillators von verschiedenen Parametern auch **computerunterstützt im Schülerversuch** EXP.: Darstellung des zeitlichen Verlaufs von Stromstärke und Spannung in einem Schwingkreis **computerunterstützt im Schülerversuch** EXP.: Abhängigkeit der Eigenfrequenz eines Schwingkreises von der Kapazität und der Induktivität EXP. *LEISTUNGSKURS:* Aufnahme der Resonanzkurve eines elektromagnetischen Schwingkreises	EXP. *LEISTUNGSKURS:* Interferenz am Einfachspalt EXP.: Fotoeffekt: Einfluss der Intensität und Frequenz des Lichts EXP.: Bestimmung des PLANCKschen Wirkungsquantums mit der Gegenfeldmethode EXP.: Elektronenbeugung EXP. *LEISTUNGSKURS:* h-Bestimmung mithilfe von LEDs EXP. LEISTUNGSKURS: Simulation zum Nachweis der Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit	

ZUSAMMENFASSUNGEN: **Fachbegriffe**			
Q1: Gravitationsfeld, elektrisches und magnetisches Feld	**Q2: Bewegung von geladenen Teilchen in Feldern, Elektromagnetische Induktion, Schwingungen**	**Q3: Wellen, Quantenobjekte**	**Q4: Atome**
- *Kepler-Konstante* - *Feld, Feldlinienmodell, Probekörper,* - *Gravitationskonstante* - *Homogenes Feld, Radialfeld, Dipolfeld* - *Elektrische Feldkonstante, elektrische Ladung* - *Dielektrizitätszahl, Permeabilitätszahl* - *Halbwertszeit (z.B. bei Entladekurve)* - *Potenzial und potenzielle Energie im elektrischen Feld* - *Äquipotenzialflächen* - *Magnetische Feldkonstante* - *Permeabilitätszahl*	- *Glühemission* - *Spezifische Ladung des Elektrons* - *Ruhemasse* - *HALL-Spannung* - *magnetischer Fluss* - *Induktivität* - *Selbstinduktion* - *Effektivwerte von Stromstärke und Spannung* - *LEISTUNGSKURS: Kreisfrequenz* - *Auslenkung, Amplitude, Frequenz, Periodendauer, Kreisfrequenz* - *Oszillator* - *harmonische Schwingung* - *Eigenfrequenz, Erregerfrequenz* - *LEISTUNGSKURS: Phasenverschiebung*	- *Wellenlänge* - *Wellenfront* - *Lichtgeschwindigkeit* - *Gangunterschied* - *Schwingungsknoten, Schwingungsbauch* - *Gitterkonstante* - *Photon* - *PLANCKsches Wirkungsquantum* - *Austrittsarbeit* - *Grenzfrequenz* - *Materiewelle, DE-BROGLIE-Wellenlänge* - *Aufenthaltswahrscheinlichkeit*	– *Emissions- und Absorptionsspektrum* – *Orbital, Hauptquantenzahl n* – *Grundzustand, angeregte Zustände* – *Ionisationsenergie* – *LEISTUNGSKURS: kurzwellige Grenze des Röntgenbremsspektrums* – *LEISTUNGSKURS: charakteristische Röntgenstrahlung*