Kaiserin-Auguste-Viktoria-Gymnasium

- Europaschule -

Schulinterner Arbeitsplan Physik

für die Sekundarstufe II (G9)

– Stand 27.04.2023 –

Beschlussfassung der FK Physik vom 27.04.23

Inhaltsverzeichnis

Allgemeines 2
Leistungsbewertung 2
Schriftliche Arbeiten in der Einführungsphase 2
Schriftliche Arbeiten in der Qualifikationsphase 3
Jahrgangsstufe 11 – 1. Halbjahr 4
Themenbereich: Dynamik 4
Jahrgangsstufe 11 – 2. Halbjahr 6
Wahlmodul: Akustik 6
Jahrgangsstufe 12 – Semester Q1 (Elektrizität) 7
Themenbereich: Elektrische Felder 7
Themenbereich: Magnetische Felder 10
Themenbereich: Induktion 12
Jahrgangsstufe 12 – Semester Q2 (Schwingungen und Wellen) 13
Themenbereich: Schwingungen 13
Themenbereich: Wellen 15
Jahrgangsstufe 13 – Semester Q3 (Quantenobjekte und Atomhülle) 17
Themenbereich: Quantenobjekte 17
Themenbereich: Atomhülle 19
Jahrgangsstufe 13 – Semester Q4 (Atomkern) 21
Themenbereich: Atomkern 21

Allgemeines

Die Fachkonferenz Physik des Kaiserin-Auguste-Viktoria-Gymnasiums Celle hat nach Vorgaben des Kerncurriculums für die gymnasiale Oberstufe und unter Einbezug der Abiturvorgaben das folgende schulinterne Curriculum für die Sekundarstufe II beschlossen. Es wird fortlaufend evaluiert und fortgeführt. Die in diesem schuleigenen Arbeitsplan festgelegten Abfolgen der Halbjahres- bzw. Semesterthemen ist verbindlich.

Leistungsbewertung

Schriftliche Arbeiten in der Einführungsphase

Anzahl, Dauer und Gewichtung:

Pro Halbjahr wird eine zweistündige Klausur geschrieben. Die schriftlichen Leistungen gehen zu 40 % und die sonstige Mitarbeit zu 60 % in die Gesamtnote ein. Es werden Halb- und Ganzjahresnoten im Punktesystem 0-15 erteilt (VO-GO §7).

Für Klausurausfälle gilt: Wenn bei mehr als der Hälfte der Klausuren in einer Lerngruppe das Ergebnis unter fünf Punkten liegt, wird die Klausur in der Regel nicht bewertet. Ausnahmen sind mit Zustimmung der Schulleiterin oder des Schulleiters zulässig (VO-GO §7.11).

Aufbau:

- Die Anforderungsbereiche I-III (vgl. KC S. 13) müssen in jeder Klausur berücksichtigt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt im AFB II und der AFB I wird in höherem Maße berücksichtigt als der AFB III (vgl. KC S. 47). Als Orientierung dient daher die folgende Gewichtung:

AFB I [%]	AFB II [%]	AFB III [%]
35	50	15

- Die eingeführte Formelsammlung und der eingeführte Taschenrechner sind in den Klausuren zulässige Hilfsmittel. Der sichere Umgang mit beidem ist im vorhergehenden Unterricht einzuüben. Im begründeten Einzelfall darf die Lehrkraft von dieser Regelung abweichen, dies muss den Lernenden vorab rechtzeitig mitgeteilt werden.

Korrektur und Benotung:

Punkte	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
ab … [%]	00	20	**28**	**34**	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95

Schriftliche Arbeiten in der Qualifikationsphase

Anzahl, Dauer und Gewichtung:

Semester	Q1	Q2	Q3	Q4
Anzahl der Klausuren	P-Fach: 2 sonst: 1	1	1*	1
Länge der Klausur (Std.)	2	2	eA: 6 (270 Min.) P4: 4 (225 Min.) sonst: 2	2
Verhältnis schriftlich/sonstige Mitarbeit	P-Fach: 50%/50% sonst: 40%/60%	40%/60%	P-Fach: 50%/50% sonst: 40%/60%	40%/60%

* Klausur unter Abiturbedingungen für eA und P4 (gA) gemäß Absprache (DB vom 30.5.16). Zur Kompensation der weggefallenen zweiten Klausur im Q3 empfiehlt die Fachkonferenz eine weitere bewertete Leistung (z.B. Test oder Protokoll + Vortrag/Kolloquium).

Aufbau:

- Die Anforderungsbereiche I-III (vgl. KC S. 13) müssen in jeder Klausur berücksichtigt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt im AFB II und der AFB I wird in höherem Maße berücksichtigt als der AFB III (vgl. KC S. 47). Als Orientierung dient daher die folgende Gewichtung:

Semester	AFB I [%]	AFB II [%]	AFB III [%]
Q1-Q4	35	50	15

- Die Anforderungen der Klausuren orientieren sich generell an denen des schriftlichen Abiturs.
- Die eingeführte Formelsammlung und der eingeführte Taschenrechner sind in den Klausuren zulässige Hilfsmittel.

Experimentelles Abitur:

Ob im eA-Kurs ein Abitur mit Experimentalanteil angeboten wird, entscheidet die Kurslehrkraft zu Beginn der Q-Phase und informiert die Lernenden darüber. Bei Entscheidung dafür, beinhaltet auch die Klausur unter Abiturbedingungen für alle Lernenden des Kurses ein Experiment. Welche beiden Kastensysteme jeweils zum Einsatz kommen, ist den „Hinweisen zur schriftlichen Abiturprüfung“ des MK (im Nds. Bildungsportal) zu entnehmen. Darüber, welches zu den jeweils möglichen Experimentiersätzen gehörende Aufgabenpaket im Abitur angeboten wird, entscheidet die Lehrkraft (nur ein Kastensystem wird angeboten). Jeder Prüfling entscheidet bei der Meldung zur Prüfung, ob ihm/ihr am Prüfungstag ein Vorschlag mit Experiment vorgelegt werden soll. Bei Entscheidung dafür bleibt ihm/ihr die Möglichkeit, sich am Prüfungstag nach Ansicht der experimentellen Aufgabe für die übrigen ihm/ihr vorgelegten Aufgaben zu entscheiden.

Korrektur und Benotung:

- Verstöße gegen die Sprachrichtigkeit werden am Rand vermerkt. Eine Abwertung auf Grund erhöhter Verstöße erfolgt analog zu den „Ergänzende[n] Bestimmungen zur Verordnung über die Abschlüsse in der gymnasialen Oberstufe, im Fachgymnasium, im Abendgymnasium und im Kolleg, § 9.11“ (EB-AVO-GOBAK) (RdErl. d. MK v. 19.5.2005 - 33-83213, VORIS 22410): 1 Notenpunkt bei durchschnittlich 5 Fehlern/Seite, 2 Notenpunkte ab 7 Fehlern/Seite.

Punkte	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
ab … [%]	00	20	**28**	**34**	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95

Jahrgangsstufe 11 – 1. Halbjahr

Im ersten Halbjahr des Jahrgangs 11 wird der Themenbereich Dynamik unterrichtet. Im zweiten Halbjahr folgt das Wahlmodul Akustik (zur Verfügung stehende Wahlmodule: Akustik, Optische Abbildungen & Strahlungsphysik; Auswahl und Beschluss durch die Fachkonferenz Physik am 7.3.18). Auf Grund des größeren inhaltlichen Umfangs soll der Themenbereich Dynamik bis etwa zu den Osterferien unterrichtet und in diesem Zeitraum möglichst die zweite Klausur geschrieben werden. Im verbleibenden Zeitraum wird das Wahlmodul unterrichtet. Dabei ist der zeitliche Zuschnitt des jeweiligen Schuljahres zu beachten.

Legende: rot = zusätzlich zum KC, violett = Reihenfolge ggü. KC verändert

Themenbereich: Dynamik

Lehrbuch: Dorn Bader Physik Gymnasium Sek. II E-Phase

zeitl. Rahmen in U-Stunden	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung (E)/ Kommunikation (K)/ Bewertung (B)	Schulspezifische Hinweise
	Die Lernenden …		
10	• Wdh. Kl. 8: kennen geradlinig-gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und die physikalischen Formeln zu deren Berechnung. • beschreiben den freien Fall und den waagerechten Wurf mit Hilfe von t-s- und t-v-Zusammenhängen.	• wenden die Kenntnisse über diese Zusammenhänge zur Lösung ausgewählter Aufgaben und Problemen an. (E) • werten Daten aus selbst durchgeführten Experimenten aus. (E) • übertragen die Ergebnisse auf ausgewählte gleichmäßig beschleunigte Bewegungen. (E) • beschreiben die Idealisierungen, die zum Begriff „freier Fall“ führen. (E) • erläutern die Ortsabhängigkeit der Fallbeschleunigung. (E) • übersetzen zwischen sprachlicher, grafischer und algebraischer Darstellung dieser Zusammenhänge und verwenden insbesondere die Begriffe Beschleunigung und Geschwindigkeit sachgerecht. (K)	**Bezüge zur Mathematik: Funktionale Zsh.** • Einführung der mathem. Methoden „Quotienten-/Produktgleichheit“ sowie „Regression“; Vgl. beider hinsichtlich Aussagekraft und Genauigkeit • **Einsatz des GTR zur Messwertauswertung gemäß „Leitfaden für die E-Phase“ (auch im Weiteren)** • *SV an schrägen Ebenen möglich* • DV/SV: Fallversuche mit z.B. Lichtschranken • DV: Schussapparat • DV: *Wasserparabel möglich* • Auswertung von Stroboskopbildern • *Videoanalyse möglich* • DV: Pfeil + Zielscheibe möglich (Unabhängigkeitsprinzip) • DV: Vakuumröhre (Massenunabhängigkeit) • *Mögliche Erweiterung für leistungsstarke Kurse: Schräger Wurf*

8	• nennen die Grundgleichung der Mechanik. • erläutern die sich daraus ergebende Definition der Krafteinheit. • erläutern die drei newtonschen Axiome.	• wenden diese Gleichung zur Lösung ausgewählter Aufgaben und Probleme an. (E) • deuten den Ortsfaktor als Fallbeschleunigung. (E) • wenden ihr Wissen zur Beurteilung von Risiken und Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr an. (B)	• DV: Fahrbahn • Zusammenfassen von Proportionalitäten bis hin zu einer Gesamtformel • *SV an schrägen Ebenen möglich (Hangabtriebskraft)* • *SV zu den Newtonschen Axiomen möglich (z.B. als Stationenlernen)* • Bremsvorgang: Rolle des Anschnallgurtes • Frontalaufprall: Rolle der Knautschzone
8	• beschreiben die gleichförmige Kreisbewegung mit Hilfe der Begriffe Umlaufdauer, Bahngeschwindigkeit und Zentripetalbeschleunigung sowie Winkelgeschwindigkeit und Kreisfrequenz. • Nennen (bei ausreichend Zeit: erarbeiten angeleitet) die Gleichung für die Zentripetalkraft	• begründen die Entstehung der Kreisbewegung mittels der richtungsändernden Wirkung der Zentripetalkraft. (E) • unterscheiden dabei zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung. (K)	• qualitative SV möglich • Kurvenfahrt (Rolle der Reibung, Zentripetalkraft als richtungsändernde Kraft) • DV: Zentralkraftgerät (Erarbeitung der funktionalen Zusammenhänge, Formel für F_Z) • *Mögliche Erweiterungen für leistungsstarke Kurse: Bezugssysteme / Corioliskraft (Bezug zu Erdkunde)*
6	• nennen die Gleichung für die kinetische Energie. • formulieren den Energieerhaltungssatz in der Mechanik. • erarbeiten ein Werturteil zu einer Fragestellung bezüglich der Energienutzung.	• wenden diesen Zusammenhang als Alternative zur Lösung einfacher Aufgaben und Probleme an. (E) • planen einfache Experimente zur Überprüfung des Energieerhaltungssatzes, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse. (E) • argumentieren mithilfe des Energieerhaltungssatzes bei einfachen Experimenten. (K) • wenden ein Bewertungsverfahren auf eine Fragestellung im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit an (B).	• *Mögliche Erweiterung: Risiko bei Geschwindigkeitsüberschreitung: Quadratische Abh. Ekin von v* • SV: z.B. Fallversuche mit Messung der erreichten Maximalgeschwindigkeit, … • *Mögliche Erweiterung für leistungsstarke Kurse: Impulsbegriff, Impulserhaltung* • *Mögliche Erweiterung für leistungsstarke Kurse: Zusammenh. Pendelschwingung – Kreisbewegung* • *Fragestellung: n.n.*
Σ = 30			

Jahrgangsstufe 11 – 2. Halbjahr

Wahlmodul: Akustik

Lehrbuch: Dorn Bader Physik Gymnasium Sek. II E-Phase

zeitl. Rahmen in U-Stunden	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung (E)/ Kommunikation (K)/ Bewertung (B)	Schulspezifische Hinweise
	Die Lernenden …		
4	• beschreiben ein Verfahren zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft und einem anderen Medium.	• werten in diesem Zusammenhang Messwerte angeleitet aus. (E)	• Materialien der KC-Fortbildung: Nutzung von Musikinstrumenten der SuS, Einsatz von Smartphon und Apps (z.B. „Schall“, „phyphox“, „Frequency Sound Generator“)
8	• vergleichen Ton, Klang und Geräusch anhand der zugehörigen Schwingungsbilder. • beschreiben die Frequenz als Maß für die Tonhöhe und die Amplitude als Maß für die Lautstärke eines akustischen Signals. • beschreiben die Lautstärke von Signalen mithilfe des Schalldruckpegels. • erläutern den Zusammenhang zwischen Frequenzverhältnissen und musikalischen Intervallen.	• führen ein Experiment mit Mikrofon und registrierendem Messinstrument durch, um Schwingungsbilder verschiedener Klangerzeuger aufzunehmen. (E) • bestimmen die Frequenzen der zugehörigen periodischen Signale. (E) • wenden Schallpegelmessinstrumente an, um Aussagen über die Gefährdung durch Lärm zu treffen. (B) • beschreiben Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Schwingungsbildern von gleichen Noten, die auf verschiedenen Instrumenten gespielt werden. (E)	
4	• beschreiben Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei der Frequenzanalyse des Signals gleicher Noten, die auf verschiedenen Instrumenten gespielt werden. • erläutern den Begriff *Klangfarbe.*	• wenden dazu Ergebnisse der Frequenzanalyse von Tönen und Klängen an. (E) • bestätigen die Beziehung $f_n = (n+1) \cdot f_0$ zwischen Frequenz des n-ten Obertons und Frequenz f_0 des Grundtons.	
16			

Jahrgangsstufe 12 – Semester Q1 (Elektrizität)

Legende: grün = eA, blau = gA, rot = zusätzlich zum KC, violett = Reihenfolge ggü. KC verändert

Themenbereich: Elektrische Felder

Lehrbuch: Dorn Bader oder Impulse (Entscheidung der Lehrkraft)

zeitl. Rahmen in U-Stunden	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen	Schulspezifische Hinweise (DV = Demonstrationsversuch, SV = Schülerversuch)
	Die Lernenden …		
2 + 5	• zusätzl.: Wiederholung: Ladungsmodell • beschreiben elektrische Felder durch ihre Kraftwirkungen auf geladene Probekörper. • beschreiben den Zusammenhang zwischen Ladung und elektrischer Stromstärke. [steht im KC 2 Cluster tiefer]	• skizzieren Feldlinienbilder für das homogene Feld, das Feld einer Punktladung und das eines Dipols. • beschreiben die Funktionsweise eines faradayschen Käfigs als Resultat des Superpositionsprinzips. • lernen in diesem Zusammenhang die Zehnerpotenz-Schreibweise und die Einheiten-Vorsätze kennen. • beschreiben den Unterschied zwischen Basiseinheiten und zusammengesetzten Einheiten gemäß SI.	• DV: Elektroskop, Begriffe Polarisation und Influenz • DV: Kraftwirkung auf Wattestückchen/Probekugel zwischen gelad. Körpern (Kugeln/PK): **Feldbegriff!** • DV: Feldlinienbilder, mind. Punktladung, PK, Ring im PK (feldfreier Raum) oder: geeignete Simulation • DV: Pendelkugel im PK (portionsweiser Ladungstransport): Messung der durchschnittlichen Stromstärke, Rückschluss auf Ladung • Möglicher SV: MEE-Kasten: „Ladungslöffel“
3 / 5	• nennen die Einheit der Ladung und erläutern die Definition der elektrischen Feldstärke. • beschreiben das coulombsche Gesetz (nur eA).	• beschreiben ein Verfahren zur Bestimmung der elektrischen Feldstärke auf der Grundlage von Kraftmessungen. • werten in diesem Zusammenhang Messreihen angeleitet aus (nur gA). • werten in diesen Zusammenhängen Messreihen aus (nur eA).	• DV: Probeladung im homog. E-Feld: digitale Messung mit dem Cassy-Kraftsensor (o. Drehwaage) • Analogiebetrachtung: g als Gravitations-Feldstärke • **Einsatz des GTR zur Messwertauswertung gemäß „Leitfaden für die Q-Phase“ (auch im Weiteren)** • E-Feld zwischen z.B. Proton und Elektron
2 / 4	• nennen die Definition der elektrischen Spannung als der pro Ladung übertragbaren Energie.	• beschreiben die elektrische Spannung auch als Potenzialdifferenz (nur eA). • empfehlenswert für eA: vergleichen g- und E-Feld: Potenziale & Äquipotenziallinien (+2 St.)	• DV: Geladener PK, Platten auseinanderziehen (Arbeit verrichten), U messen => U = Energie/Ladung • SV: LED im Trog • SV: Potenzialmessung im Trog (U als $\Delta\varphi$)

3 / 6	• beschreiben den Zusammenhang zwischen der Feldstärke in einem Plattenkondensator und der anliegenden Spannung. • geben die Energiebilanz für einen freien geladenen Körper im elektrischen Feld eines Plattenkondensators an. • beschreiben die Bewegung von freien Elektronen unter Einfluss der Kraft im homogenen elektrischen Querfeld [Aspekt stammt aus Thema Magnetfeld]	• ermitteln (angeleitet (gA)) die Geschwindigkeit eines geladenen Körpers im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators mithilfe dieser Energiebilanz. • begründen den prinzipiellen Verlauf der Bahnkurve. • leiten vorstrukturiert die Gleichung für die Bahnkurve im homogenen elektrischen Querfeld her (nur eA).	• DV: Elektrofeldmeter möglich: E ~ 1/d, E ~ U (Versuch nur qualitativ, vorbereitete Messwertreihen auswerten [methodischer Schwerpunkt]. →**GTR!** • Möglicher DV: Vakuumdiode und Elektroskop (Glühelektr. Effekt) • DV: Elektronenstrahlröhre („Elektronenkanone“) • DV: Elektronenstrahlröhre mit Plattenkondensator
6 / 9	• beschreiben den t-I-Zusammenhang und die t-U-Zusammenhänge (nur eA) beim Aufladevorgang und beim Entladevorgang eines Kondensators mithilfe einer Exponentialfunktion.	• führen angeleitet Experimente zum Aufladevorgang durch (nur gA). • führen selbstständig Experimente zum Auf- und Entladevorgang hinsichtlich Stromstärke und Spannung durch (nur eA). • ermitteln aus den Messdaten den zugehörigen t-I-Zusammenhang bzw. t-U-Zusammenhang (eA). • beschreiben qualitativ den Einfluss von R und C auf diesen Zusammenhang (nur gA). • Überprüfen den Zusammenhang zwischen der Halbwertszeit und dem Produkt aus R und C (nur eA). • begründen die Auswahl einer exponentiellen Regression auf der Grundlage der Messdaten. • ermitteln die geflossene Ladung mithilfe von t-I-Diagrammen.	• SV: KC FoBi 2023 • SV: MEE-Kasten: *„Entladen eines Kondensators“* Empfehlung: arbeitsteilige Vorgehensweise • Methode Ober- und Untersummen („stückchenweises Integrieren“)
3 / 5	• nennen die Definition der Kapazität eines Kondensators.	• führen ein Experiment zur Bestimmung der Kapazität eines Kondensators durch. • beschreiben eine Einsatzmöglichkeit von Kondensatoren in technischen Systemen. • berechnen die Kapazität eines Plattenkondensators aus seinen geometrischen Abmessungen.	• SV: MEE-Kasten *„Entladen eines Kondensators“* => Q-Ermittlung für U = konst. => C =Q/U oder: DV: Goldcap + Q-Messung m. Messverstärker • Fahrradstandlicht als Energiespeicher, DV/SV: Dynamot lädt Goldcap => Goldcap treibt Dynamot an • Möglicher SV: MEE-Kasten: *„PK: C(d)“*. • vorbereitete Messwertreihen auswerten: C ~ A sowie C ~ 1/d

	• nennen die Gleichung für die Energie des elektrischen Feldes eines Plattenkondensators.	• beschreiben qualitativ den Einfluss eines Dielektrikums auf die Kapazität (nur eA).	• Möglicher DV: PK ohne/mit Dielektrikum => ε_r • V: KC FoBi 2023
Σ = 24 / 36			

Themenbereich: Magnetische Felder

Lehrbuch: Dorn Bader oder Impulse (Entscheidung der Lehrkraft)

zeitl. Rahmen in U-Stunden	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen	Schulspezifische Hinweise (DV = Demonstrationsversuch, SV = Schülerversuch)
	Die Lernenden …		
8	• beschreiben magnetische Felder durch ihre Wirkung auf Kompassnadeln. • ermitteln Richtung (Dreifingerregel) und Betrag der Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im homogenen Magnetfeld. • nennen die Definition der magnetischen Flussdichte B (Feldstärke B) in Analogie zur elektrischen Feldstärke E.	• ermitteln die Richtung von magnetischen Feldern mit Kompassnadeln. • erläutern ein Experiment zur Bestimmung von B mit Hilfe einer Stromwaage. • begründen die Definition mithilfe geeigneter Messdaten.	• SV: Stab- und U-Magnet mit Zeichenkompassen, Magnetfeldzeiger (3D), Magnetmodellplatten • SV/DV: Oerstedt-Versuch • DV: Leiterschaukel und/oder SV: MEE-Kasten: *Lorentzkraft auf eine Leiterschleife im Magnetfeld*“ • DV: Stromwaage (hier gute Möglichkeit, **Abschätzung von Messunsicherheiten** einzuführen, vgl. KC A4) • Definitionen der Feldstärken als „Kraft pro …“ vergleichen: g, E, B
4	• beschreiben die Bewegung von freien Elektronen: ○ unter Einfluss der Lorentzkraft, ○ unter Einfluss der Kraft im homogenen elektrischen Querfeld (wird bei elektrischem Feld bearbeitet) ○ im Wien-Filter.	• begründen den prinzipiellen Verlauf der Bahnkurven und vergleichen dabei die Kreisbahn im B-Feld mit der Parabelbahn im E-Feld. • übertragen ihre Kenntnisse auf andere geladene Teilchen. • leiten die zugehörige Gleichung für die Geschwindigkeit angeleitet (gA) her.	• DV: Elektronenstrahlröhre mit Helmholtzspulenpaar sowie mit Plattenkondensator sowie Kombination aus beidem (gekreuzte Felder = Wien-Filter)
4	• beschreiben das physikalische Prinzip zur Bestimmung der spezifischen Ladung von Elektronen mithilfe des Fadenstrahlrohres (nur eA).	• leiten dazu die Gleichung für die spezifische Ladung des Elektrons her und bestimmen die Elektronenmasse (nur eA).	• DV: Fadenstrahlrohr • Rückbezug zur Zentripetalkraft (Jg. 11) • Bezüge Teilchenbeschleuniger (DESY, CERN)
(1)	• zusätzlich möglich für eA: Millikan-V.	• ermitteln die Elementarladung e; damit kann aus e/m_e anschließend me ermittelt werden.	• Theoretisch oder Applet

6 / 8	• beschreiben ein Experiment zur Messung von B mit einer Hallsonde. • erläutern die Entstehung der Hallspannung (nur eA).	• führen selbstständig (eA) Experimente zur Messung von B mit einer Hallsonde durch. • beschreiben qualitativ die Abhängigkeit von B von I, n, l und μ_r (nur gA). • berechnen die magnetische Flussdichte B (Feldstärke B) im Innern einer schlanken Spule (nur eA). • skizzieren Magnetfeldlinienbilder für einen geraden Leiter und eine Spule. • leiten die Gleichung für die Hallspannung in Abhängigkeit von der Driftgeschwindigkeit anhand einer geeigneten Skizze her (nur eA).	• SV: MEE-Kasten: Hallsonde + Stabmagnet • DV: Experiment mit einer Hallsonde (p- oder n-Halbleiter) • SV: MEE-Kasten *„Magnetfeld einer Spule“*
Σ = 18 / 24			

Themenbereich: Induktion

Lehrbuch: Dorn Bader oder Impulse (Entscheidung der Lehrkraft)

zeitl. Rahmen in U-Stunden	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen	Schulspezifische Hinweise (DV = Demonstrationsversuch, SV = Schülerversuch)
	Die Lernenden …		
2	• beschreiben die Erzeugung einer Induktionsspannung qualitativ mithilfe des magnetischen Flusses.	• führen einfache qualitative Experimente zur Erzeugung einer Induktionsspannung durch.	• SV: Spulen mit Voltmeter sowie Stabmagnete
(2)	• zusätzlich möglich für eA: Induktionsspannung in Abh. von der Drehfrequenz	• untersuchen die Induktionsspannung in Abhängigkeit von der Drehfrequenz f eines Magneten	• SV: MEE-Kasten: „*Induktionsspannung*“ U(f)-Bestimmung
(2) / (2)	• zusätzlich möglich für gA/eA: Lenzsche Regel		• DV: Thomsonscher Ringversuch und/oder SV: MEE-Kasten: „*Induktionsspannung*“ (Variante)
4	• nennen den Zusammenhang zwischen Induktionsspannung und einer linearen zeitlichen Änderung des magnetischen Flusses (nur gA).	• werten geeignete Versuche bzw. Diagramme zur Überprüfung des Induktionsgesetzes für den Fall linearer Änderungen von A bzw. B aus. • beschreiben ein Beispiel für eine technische Anwendung der Induktion. (alles nur gA)	• DV: Kleine Spule in großer Spule: Dreiecksgenerator an große Spule, t-U-Verlauf mit analogem Voltmeter und antiparallelen LED (qualitativ) bzw. Cassy (quantitativ) • Anwendung: n.n.
6	• wenden das Induktionsgesetz in differenzieller Form auf vorgegebene lineare und sinusförmige Verläufe von Φ an (nur eA).	• begründen den Verlauf von t-U-Diagrammen für lineare und sinusförmige Änderungen von Φ. • werten geeignete Versuche bzw. Diagramme zur Überprüfung des Induktionsgesetzes aus. • stellen technische Bezüge hinsichtlich der Erzeugung von Wechselspannung dar. (alles nur EA)	• DV: Kl. Spule in gr. Spule: Dreiecksgenerator an gr. Spule, t-U-Verlauf mit Cassy [linear, Φ(B)] • DV: motorbetriebene Drehspule im Helmholtzspulenpaar, t-U-Verlauf mit analogem Voltmeter und antiparallelen LED (qualitativ) bzw. Cassy (quantitativ) [sinus, Φ(A)] • Möglicher DV: Leiterschleife mit v = konst. aus B-Feld ziehen [linear, Φ(A)] • Z.B. Wechselspannungsgenerator im Kraftwerk
4	• beschreiben Spulen als Energiespeicher in Analogie zu Kondensatoren • nennen die Gleichung für die Energie des magnetischen Feldes einer Spule (alles nur eA).	• erläutern in diesem Zusammenhang die Vorgänge beim Ein- und Ausschalten von Spulen durch Selbstinduktion. • definieren die Induktivität als Bauteileigenschaft aus einer Energiebetrachtung (alles nur eA).	• V: KC FoBi 2023 • DV: Spule parallel zu Widerstand: Einschaltverzögerung einer Glühlampe (induktiver Widerstand)
Σ = 6 / 12			

Jahrgangsstufe 12 – Semester Q2 (Schwingungen und Wellen)

Themenbereich: Schwingungen

Lehrbuch: Dorn Bader oder Impulse (Entscheidung der Lehrkraft)

zeitl. Rahmen in U-Stunden	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen	Schulspezifische Hinweise
	Die Lernenden …		
6	• stellen harmonische Schwingungen grafisch dar. • beschreiben harmonische Schwingungen mithilfe von Auslenkung, Amplitude, Periodendauer und Frequenz.	• verwenden die Zeigerdarstellung oder Sinuskurven zur grafischen Beschreibung. • haben Erfahrung im Ablesen von Werten an einem registrierenden Messinstrument (Oszilloskop oder geeignetes digitales Werkzeug).	• SV SWK*: Darstellung einer FMP-Schwingung mit Oszi →T-/f-Ermittl., auch DoBa S. 89 (Messprinzip „Bewegungsmesswandler“ & „Kraftmesser“) (MEC 04 mit Dämpfung im Vgl. zu ohne Dämpfung ist ein idealer Übergang von der Induktion) • DV: FMP vs. rotierende Masse in Projektion (Einführung Zeiger) ** SWK = **S**chwingungen-**W**ellen-**K**asten von 3B*
4 / 8	• geben die Gleichung für die Periodendauer eines Feder-Masse-Pendels an. • nennen ein lineares Kraftgesetz als Bedingung für die Entstehung einer mechanischen harmonischen Schwingung (nur eA).	• bestätigen (gA) / untersuchen (eA) die zugehörigen Abhängigkeiten experimentell. • ermitteln geeignete Ausgleichskurven (nur eA). • wenden diese Verfahren auf das Fadenpendel an (nur eA).	• SV SWK: D-Bestimmung nach $D = F_D/\Delta l$ (MEC 01 statische Methode) => Untersuchung T(D) und T(m) am FMP • Analyse nach Leitfaden • SV mit SWK (MEC03): Fadenpendel T(L)-Unters., T(g) mit vorgegebenen Messwerten
4	• beschreiben die Schwingung eines Feder-Masse-Pendels mithilfe von Energieumwandlungen (nur eA). • beschreiben die Bedingung, unter der bei einer erzwungenen Schwingung Resonanz auftritt (nur eA).	• deuten in diesem Zusammenhang die zugehörigen t-s- und t-v-Diagramme auch bei gedämpften Schwingungen im Spezialfall exponentiell abnehmender Amplitude (nur eA). • erläutern das Phänomen Resonanz anhand eines Experiments (nur eA).	• DV: FMP: Wagen zwei horiz. Federn • (SV SWK: MEC 04 mit Dämpfung im Vgl. zu ohne) • DV: FMP: Wagen zwei horiz. Federn mit Magnetantrieb (Magnet an Wagen, Spule mit Sinusgenerator)
4 / 8	• beschreiben den Aufbau eines elektromagnetischen Schwingkreises	• ermitteln Amplitude, Periodendauer bzw. Frequenz aus vorgelegten Messdaten (nur gA).	• V: KC-FoBi 2018

		• beschreiben in Analogie zum Feder-Masse-Pendel die Energieumwandlungen in einem Schwingkreis qualitativ (nur eA). • beschreiben ein Experiment zur Erzeugung einer Resonanzkurve (nur eA). • ermitteln die Abhängigkeit der Frequenz der Eigenschwingung von der Kapazität experimentell anhand eines Resonanzversuchs (nur eA). [...~~RFID~~] • nennen die thomsonsche Schwingungsgleichung (nur eA).	• DV: FMP: Wagen zwei horiz. Federn mit Magnetantrieb (Magnet an Wagen, Spule mit Sinusgenerator) • V: KC-FoBi 2018
Σ = 14 / 26			

Themenbereich: Wellen

Lehrbuch: Dorn Bader oder Impulse (Entscheidung der Lehrkraft)

zeitl. Rahmen in U-Stunden	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen	Schulspezifische Hinweise
	Die Lernenden …		
8	• beschreiben die Ausbreitung harmonischer Wellen. • beschreiben harmonische Wellen mithilfe von Periodendauer, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge, Frequenz, Amplitude und Phase. • geben den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Frequenz an. • beschreiben Reflexion, Brechung und Beugung als Phänomene, die bei der Wellenausbreitung auftreten.	• verwenden Zeigerketten oder Sinuskurven zur grafischen Darstellung. • wenden die zugehörige Gleichung an. • begründen diesen Zusammenhang mithilfe der Zeigerdarstellung oder der Sinusfunktion (nur eA).	• DV: Oszillatorkette (gekoppelte Pendel) • DV: Vgl. Federschwingung mit Kreisbewegung => Einführung Zeigerdarstellung • Lernzirkel gemäß KC-FoBi 2023
4 / 8	• vergleichen longitudinale und transversale Wellen. • beschreiben Polarisierbarkeit als Unterscheidungsmerkmal zwischen transversalen und longitudinalen Wellen .	• überprüfen die Polarisierbarkeit bei einem Experiment mit Licht (nur gA). • untersuchen experimentell die Winkelabhängigkeit der Intensität des durchgehenden Lichts bei einem Paar von Polarisatoren (nur eA). • interpretieren in diesem Zusammenhang das Quadrat der Zeigerlänge bzw. das Quadrat der Amplitude der zugehörigen Sinuskurve als Intensität (nur eA).	• SV: Phywe-Kasten: „*Wie schwingt Licht?*“ (lineare Polarisation)
2	• zusätzlich: Beugung von Wellen an Hindernissen & Spalten (Huygensches- Prinzip der Elementarwelle)		• Simulation „Wellenwanne“

6 / 10	• beschreiben und deuten Interferenzphänomene für folgende „Situationen“: ○ stehende Welle, ○ Michelson-Interferometer, ○ Doppelspalt und Gitter, ○ Einzelspalt (nur eA), ○ bei der Bragg-Reflexion(nur eA)	• verwenden die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung zur Beschreibung und Deutung der aus dem Unterricht bekannten Situationen (gA). • erläutern die technische Verwendung des Michelsoninterferometers zum Nachweis kleiner Längenänderungen. • erläutern die Veränderung des Interferenzmusters beim Übergang vom Doppelspalt zum Gitter (nur eA).	• DV: Seilwelle, SV: SW-Kasten stehende Welle • DV: Michelson-Interferometer mit dem Laser-Optik-Koffer • SV: SW-Kasten: Doppelspalt mit Ultraschall • SV: Phywe-Kasten: Licht am Gitter • SV: Mehrfachspalt und GGB-Simulation
6 / 10	• beschreiben je ein Experiment zur Bestimmung der Wellenlänge ○ von Ultraschall bei durch Reflexion entstandenen stehenden Wellen, ○ von weißem und monochromatischem Licht mit einem Gitter (objektiv), subjektiv (nur eA). ○ mit dem Michelson-Interferometer (nur eA), ○ von Röntgenstrahlung mit Bragg-Reflexion (nur eA).	• werten entsprechende Experimente angeleitet (gA) aus. • beschreiben die Funktion der zugehörigen optischen Bauteile auf der Grundlage einer vorgegebenen Skizze (gA). • leiten die Gleichung für die Interferenz am Doppelspalt vorstrukturiert (gA) / selbstständig (eA) und begründet her. • ordnen den Frequenzbereich des sichtbaren Lichts in das Spektrum elektromagnetischer Wellen ein. • wenden ihre Kenntnisse zur Bestimmung des Spurabstandes bei einer CD/DVD an (nur eA). • erläutern ein Verfahren zur Aufnahme eines Röntgenspektrums. • leiten die Bragg-Gleichung selbstständig und begründet her (nur eA).	• DV: Seilwelle, SV: SW-Kasten stehende Welle • SV: Phywe-Kasten: *„Wie sieht das Spektrum einer LED aus?“* (sinnvoll bei ausreichend Zeit) • SV: Phywe-Kasten: *„Wie sieht das LED-Spektrum beim Transmissionsgitter aus“*? → rote und weiße LED messen (objektive Methode) • SV: Phywe-Kasten: *„Bei welcher Wellenlänge leuchtet eine LED?“* (subjektive Methode) • SV: Phywe-Kasten: *„Welchen Rillenabstand hat eine CD?“* • DV: Michelson-Interferometer mit Mikrowellen • Evtl. Analogie-DV mit Mikrowellen
Σ = 26 / 38			

Jahrgangsstufe 13 – Semester Q3 (Quantenobjekte und Atomhülle)

Themenbereich: Quantenobjekte

Lehrbuch: Dorn Bader oder Impulse (Entscheidung der Lehrkraft)

zeitl. Rahmen in U-Stunden	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen	Schulspezifische Hinweise
	Die Lernenden …		
8 / 10	• beschreiben ein Doppelspaltexperiment zur Interferenz von Quantenobjekten mit Ruhemasse (z.B. kalte Neutronen, Fullerene). • ermitteln die Wellenlänge bei Quantenobjekten mit Ruhemasse mithilfe der de-Broglie-Gleichung. • nennen in diesem Zusammenhang die Definition des Impulses (nur eA). • beschreiben das Experiment mit der Elektronenbeugungsröhre.	• deuten das Interferenzmuster stochastisch. • verwenden zur Deutung der Interferenzmuster die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung (nur eA). • beschreiben den Zusammenhang zwischen der Nachweiswahrscheinlichkeit für ein einzelnes Quantenobjekt und dem Quadrat der resultierenden Zeigerlänge bzw. der Amplitude der resultierenden Sinuskurve (nur eA). • bestätigen durch angeleitete (gA) Auswertung von Messwerten die Antiproportionalität zwischen Wellenlänge und Geschwindigkeit. • deuten die Beobachtungen mithilfe optischer Analogieversuche an Transmissionsgittern.	• Materialien/Gang KC FoBi 2020 • DV: Elektronenbeugungsröhre • DV/SV: Koppelmann-Dias
4 / 6	• übertragen die stochastische Deutung von Interferenzmustern auf Doppelspaltexperimente mit einzelnen Photonen und Elektronen.	• beschreiben und deuten die entstehenden Interferenzmuster bei geringer und hoher Intensität. • erläutern den Begriff Komplementarität mithilfe der Beobachtungen an einem Doppelspaltexperiment (nur gA). • erläutern die Koinzidenzmethode zum Nachweis einzelner Photonen (nur eA).	• Materialien zum Tonomura-V. • Materialien zum Weis-Wynand-Versuch • DV: Doppelloch mit Alufolie und grünem Laser • Material KC FoBi 2020

6	• beschreiben den Aufbau eines Mach-Zehnder-Interferometers. • interpretieren ein Experiment mit dem Mach-Zehnder-Interferometer unter den Gesichtspunkten Nichtlokalität und Komplementarität. • beschreiben ein Experiment mit dem Mach-Zehnder-Interferometer analog zu einem delayed-choice-Experiment. • erläutern die Begriffe Zustand, Präparation und Superposition am Beispiel eines Experimentes mit polarisiertem Licht (alles nur eA)	• erläutern die Begriffe Komplementarität und Nichtlokalität mithilfe der Beobachtungen am Mach-Zehnder-Interferometer mit einzelnen Quantenobjekten. • erläutern an diesem Beispiel die Begriffe Nichtlokalität und Kausalität. • erläutern eine Anwendung in der Quantenphysik	• Simulation „Mach-Zehnder-Interferometer“ • Optional: foexLab Uni Hannover: Schülerlabor mit Mach-Zehnder-Interferometern Anwendung: n.n. (Ideen: Laser, Atomuhr, MRT, Halbleiter, Elektronenmikroskop)
4	• erläutern Unbestimmtheit in der Form: die Streuungen der Werte zweier komplementärer Größen können nicht beide beliebig klein sein.	• veranschaulichen das Konzept der Unbestimmtheit an einem Beispiel. • vergleichen das Erlernte mit Lehrbuch-Notierung der Unbestimmtheitsrelation für Ort und Impuls.	Material: UBR von KC FoBi 2020
4 / 8	• erläutern die experimentelle Bestimmung der planckschen Konstante h mit LEDs in ihrer Funktion als Energiewandler. • beschreiben ein Experiment zur Bestimmung der Energie der Photoelektronen beim äußeren lichtelektrischen Effekt mit der Vakuum-Fotozelle (nur eA). • erläutern die Entstehung des Röntgenbremsspektrums als Energieübertragung von Elektronen auf Photonen (nur eA).	• deuten das zugehörige Experiment mithilfe des Photonenmodells. • überprüfen durch angeleitete (gA) Auswertung von Messwerten die Hypothese der Proportionalität zwischen Energie des Photons und Frequenz. • wenden die Kenntnisse über das Photonenmodell des Lichtes auf diese Situation an (nur eA). • deuten das zugehörige f-E-Diagramm (nur eA). • ermitteln aus Röntgenbremsspektren einen Wert für die plancksche Konstante h (nur eA).	• SV: Phywe-Kasten: *„h-Bestimmung mit LED: Wie hängen Energie und Farbe bei Licht zusammen?“*
Σ = 16 / 34			

Themenbereich: Atomhülle

Lehrbuch: Dorn Bader oder Impulse (Entscheidung der Lehrkraft)

zeitl. Rahmen in U-Stunden	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen	Schulspezifische Hinweise
	Die Lernenden …		
3 / 5	• erläutern die Quantisierung der Gesamtenergie von Elektronen in der Atomhülle. • nennen die Gleichung für die Gesamtenergie eines Elektrons in diesem Modell.	• wenden dazu das Modell vom eindimensionalen Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden an. • leiten die Gleichung für die Gesamtenergie eines Elektrons in diesem Modell her (nur eA). • beschreiben die Aussagekraft und die Grenzen dieses Modells auch unter Berücksichtigung der Unbestimmtheitsrelation (eA).	• DV: Stehende Seilwelle („Eigenfrequenzen als quantisierte Energiezustände“)
6 / 10	• erläutern quantenhafte Emission anhand von Experimenten zu Linienspektren bei Licht und Röntgenstrahlung(eA) • erläutern einen Versuch zur Resonanzabsorption. • beschreiben einen Franck-Hertz-Versuch.	• erklären diese Beobachtungen durch die Annahme diskreter Energieniveaus in der Atomhülle. • beschreiben Wellenlängen-Intensitäts-Spektren von Licht. • deuten die Abnahme der Stromstärke und die Leuchterscheinungen in einer mit **Neon** gefüllten Franck-Hertz-Röhre als Folge von Anregungen von Atomen durch Elektronenstöße (nur gA). • stellen einen Zusammenhang zwischen den Leuchterscheinungen in einer mit **Neon** gefüllten Franck-Hertz-Röhre und der Franck-Hertz-Kennlinie dar (nur eA). • ermitteln eine Anregungsenergie anhand einer Franck-Hertz-Kennlinie (nur eA). • nennen Unterschiede zwischen einer Anregung mit Photonen und einer Anregung mit Elektronen (nur eA).	• DV: Balmerlampe ? • DV: Spektrometer • DV: Kochsalz in Brennerflamme im Licht einer Na-Dampflampe • DV: FHV **Neon** (Quecksilber als Vgl. möglich)

6 / 8	• erklären den Zusammenhang zwischen Spektrallinien und Energieniveauschemata. • beschreiben die Vorgänge der Fluoreszenz an einem einfachen Energieniveauschema.	• benutzen vorgelegte Energieniveauschemata zur Berechnung der Wellenlänge von Spektrallinien und ordnen gemessenen Wellenlängen Energieübergänge zu. • erklären ein charakteristisches Röntgenspektrum auf der Grundlage dieser Kenntnisse (nur eA). • berechnen die Energieniveaus von Wasserstoff und mit wasserstoffähnlichen Atomen (eA) mit der Balmerformel. • erläutern und bewerten die Bedeutung der Fluoreszenz in Leuchtstoffen an den Beispielen Leuchtstoffröhre und „weiße“ LED.	• DV: Balmer-Lampe (Wasserstoff), weitere Spektrallampen
3 / 5	• beschreiben die Orbitale des Wasserstoffatoms bis n = 2. • beschreiben die Orbitale bis n = 2 in einem dreidimensionalen Potenzialtopf (nur eA). • nennen das Pauliprinzip (nur eA).	• stellen einen Zusammenhang zwischen Orbitalen und Nachweiswahrscheinlichkeiten für Elektronen anschaulich her. • erläutern Gemeinsamkeiten zwischen den Orbitalen des Wasserstoffatoms und denen des dreidimensionalen Potenzialtopfs (nur eA). • bestimmen die maximale Anzahl der Elektronen im dreidimensionalen Potenzialtopf bi n = 2 (nur eA).	•
Σ = 18 / 28			

Jahrgangsstufe 13 – Semester Q4 (Atomkern)

Themenbereich: Atomkern

Lehrbuch: Dorn Bader oder Impulse (Entscheidung der Lehrkraft)

zeitl. Rahmen in U-Stunden	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen	Schulspezifische Hinweise
	Die Lernenden …		
6 / 10	• erläutern das grundlegende Funktionsprinzip eines Geiger-Müller-Zählrohrs als Messgerät für Zählraten. • erläutern das Zerfallsgesetz.	• stellen Zerfallsvorgänge grafisch dar und werten sie unter Verwendung der Eigenschaften einer Exponentialfunktion zur Basis e (eA) aus. • übertragen dieses Vorgehen auf andere Abklingvorgänge (nur eA). • beurteilen Gültigkeitsgrenzen der mathematischen Beschreibung aufgrund der stochastischen Natur der Strahlung (nur eA). • modellieren einen radioaktiven Zerfall mit dem Differenzenverfahren unter Einsatz einer Tabellenkalkulation oder eines Modellbildungssystems (nur eA). • wenden dieses Verfahren auf einen Mutter-Tochter-Zerfall an (nur eA).	Wiederholung des Vorwissens notwendig Rückbezug Q1: Kondensatorentladung Materialien: Excel-Modellierung Zerfall Materialien: Excel-Modellierung Mutter-Tochter-Zerfall
4	• stellen Zerfallsreihen anhand einer Nuklidkarte auf.	• ermitteln aus einer Nuklidkarte die kennzeichnenden Größen eines Nuklids und die von ihm emittierte Strahlungsart. • beschreiben grundlegende Eigenschaften von α-, β- und γ-Strahlung.	
4 / 6	• erläutern das grundlegende Prinzip eines Halbleiterdetektors für die Energiemessung von Kernstrahlung. • interpretieren ein α-Spektrum auf der Basis der zugehörigen Zerfallsreihe	• beschreiben die in Energiespektren verwendete Darstellungsform (Energie-Häufigkeits-Diagramm).	

		• wenden in diesem Zusammenhang die Nuklidkarte an. • erläutern die Bedeutung der Bragg-Kurve in der Strahlentherapie (nur eA).	• Material: KC FoBi 2020
2	• beschreiben die Quantisierung der Gesamtenergie von Nukleonen im eindimensionalen Potenzialtopf (nur eA).	• schätzen die Größenordnung der Energie bei Kernprozessen mithilfe des Potenzialtopfmodells ab (nur eA).	
Σ = 14 / 22			