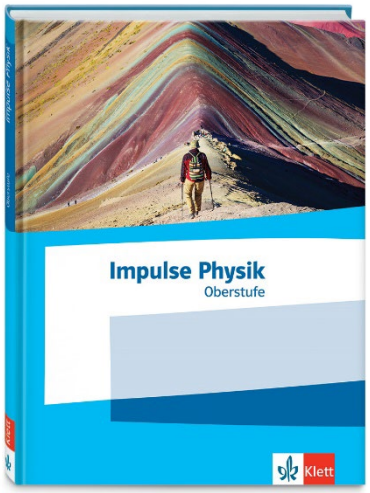


Impulse Physik Oberstufe (ISBN: 978-3-12-773040-1)

Abgleich mit dem Kerncurriculum Physik
für die gymnasiale Oberstufe
in Hessen

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet

Verbindliche Themen	Konkretisierung	Seite im Schulbuch
OBERSTUFE EINFÜHRUNGSPHASE		
Mechanik		
E.1 Bewegungen und ihre Beschreibung	- Untersuchung von Bewegungen - Idealisierung: Massepunkt (Vernachlässigung von Rotation und Ausdehnung) Vernachlässigung der Reibung	1.1 Beschreiben von Bewegungen (S. 10/11)
		Methode: Umgang mit Messunsicherheiten (S. 12/13)
	- Untersuchung von Bewegungen - gleichförmige Bewegung: Definition der Geschwindigkeit Messung des Geschwindigkeitsbetrages (handlungsorientierter Versuch) - Zeit-Weg- und Zeit-Geschwindigkeits-Gesetze und deren Zusammenhang (Herleitung / Ermittlung anhand der Diagramme) - *t*-*s*-, *t*-*v*- und *t*-*a*-Diagramme	1.2 Geradlinige Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit (S. 14/15)
	- Zeit-Weg- und Zeit-Geschwindigkeits-Gesetze und deren Zusammenhang (Herleitung / Ermittlung anhand der Diagramme) - *t*-*s*-, *t*-*v*- und *t*-*a*-Diagramme	Methode: Koordinatentransformation beim Wechsel des Bezugssystems (S. 16/17)
	- Untersuchung von Bewegungen - *t*-*s*-, *t*-*v*- und *t*-*a*-Diagramme	Training: Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit (S. 18/19)
	- Untersuchung von Bewegungen - gleichmäßig beschleunigte Bewegung ohne Anfangsgeschwindigkeit und -weg: Definition der Beschleunigung - Zeit-Weg- und Zeit-Geschwindigkeits-Gesetze und deren Zusammenhang (Herleitung / Ermittlung anhand der Diagramme) - *t*-*s*-, *t*-*v*- und *t*-*a*-Diagramme	Experiment: Untersuchung nicht gleichförmiger Bewegungen (S. 20) 1.3 Geradlinige Bewegungen mit veränderlicher Geschwindigkeit (S. 21/22) Methode: Auswerten von Beschleunigungsvorgängen (S. 24)
	- Untersuchung von Bewegungen - gleichmäßig beschleunigte Bewegung ohne Anfangsgeschwindigkeit und -weg: Definition der Beschleunigung - Zeit-Weg- und Zeit-Geschwindigkeits-Gesetze und deren Zusammenhang (Herleitung / Ermittlung anhand der Diagramme) - *t*-*s*-, *t*-*v*- und *t*-*a*-Diagramme	Training: Bewegungen mit veränderlicher Geschwindigkeit (S. 25/26)
	- gleichmäßig beschleunigte Bewegung ohne Anfangsgeschwindigkeit und -weg: freier Fall (experimentelle Datenerhebung, grafische Darstellung, Bestimmung der Gravitationsbeschleunigung, Diskussion der Abweichung zum Literaturwert, Formulierung eines mathematischen Modells, Ermittlung des Zeit-Weg-Gesetzes)	Experiment: Untersuchung von Fallbewegungen (S. 27)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen	Konkretisierung	Seite im Schulbuch
	- gleichmäßig beschleunigte Bewegung ohne Anfangsgeschwindigkeit und -weg: freier Fall (experimentelle Datenerhebung, grafische Darstellung, Bestimmung der Gravitationsbeschleunigung, Diskussion der Abweichung zum Literaturwert, Formulierung eines mathematischen Modells, Ermittlung des Zeit-Weg-Gesetzes)	1.4 Fallbewegungen (S. 28/29)
	- Idealisierung: Vernachlässigung der Reibung	
	- Reibung: freier Fall mit Luftreibung (Herleitung der Grenzgeschwindigkeit)	
(E.4 Weitere Bewegungen)	- numerische Simulation: mathematisches Modell (in der Regel Gleichungen mit Differenzenquotienten) Berechnung (z. B. mittels Tabellenkalkulationsprogramm)	Methode: Numerische Rechenmethode durch Schrittverfahren (S. 30)
	- Untersuchung von Bewegungen	Methode: Videoanalyse (S. 31/32)
	- Zeit-Weg- und Zeit-Geschwindigkeits-Gesetze und deren Zusammenhang (Herleitung / Ermittlung anhand der Diagramme)	
	- *t*-*s*-, *t*-*v*- und *t*-*a*-Diagramme	
E. 3 Waagerechter Wurf und Kreisbewegung	- Bezugsysteme, Superpositionsprinzip	1.5 Bewegungen in zwei Dimensionen (S. 33) Methode: Regeln für den Umgang mit Vektoren (S. 34)
	- Bezugsysteme, Superpositionsprinzip: waagerechter Wurf (Versuch, Darstellung der Flugbahn im x-y-Diagramm als Überlagerung)	1.6 Wurfbewegungen (S. 35/36)
(E.4 Weitere Bewegungen)	- schiefer Wurf	Methode: Konstruktion von Bahnkurven beim schiefen Wurf (S. 37)
	- Kreisbewegung	1.7 Die Kreisbewegung (S. 38)
	- Bahn- und Winkelgeschwindigkeit bei Kreisbewegungen (Definition und Vergleich)	1.8 Beschleunigung bei der Kreisbewegung (S. 39)
	- Kreisbewegung	Methode: Mathematische Herleitung der Zentripetalbeschleunigung (S. 39)
	- Untersuchung von Bewegungen	Training: Freier Fall und Kreisbewegung (S. 40/41)
	- Zeit-Weg- und Zeit-Geschwindigkeits-Gesetze und deren Zusammenhang (Herleitung / Ermittlung anhand der Diagramme)	
	- *t*-*s*-, *t*-*v*- und *t*-*a*-Diagramme	
	- Bezugsysteme, Superpositionsprinzip: waagerechter Wurf (Versuch, Darstellung der Flugbahn im x-y-Diagramm als Überlagerung)	
E.2 Newton’sche Axiome und Erhaltungssätze	- Untersuchung von Bewegungen	2.1 Kräfte (S. 44/45)
	- Reibung	

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen	Konkretisierung	Seite im Schulbuch
	- die drei Newton’schen Axiome: Trägheitsgesetz Inertialsystem (Definition über das Trägheitsgesetz, kein Inertialsystem ist ausgezeichnet)	2.2 Trägheit (S. 46)
	- Untersuchung von Bewegungen	Experiment: Kräfte beschleunigen Körper (S. 47)
	- die drei Newton’schen Axiome: Grundgleichung der Mechanik: $F = m \cdot a$	2.3 Kraft, Masse, Beschleunigung (S. 48)
	- die drei Newton’schen Axiome: Wechselwirkungsprinzip (Abgrenzung gegen Kräftegleichgewicht)	Experiment: Untersuchung der Wechselwirkung von Körpern (S. 49) 2.4 Kraft und Gegenkraft (S. 50)
	- die drei Newton’schen Axiome: Trägheitsgesetz Grundgleichung der Mechanik: $F = m \cdot a$ Wechselwirkungsprinzip (Abgrenzung gegen Kräftegleichgewicht)	Exkurs: Die Newton’schen Axiome (S. 51)
	- die drei Newton’schen Axiome - gleichmäßig beschleunigte Bewegung	Training: Kräfte, Massen, Beschleunigung (S. 52/53)
E. 3 Waagerechter Wurf und Kreisbewegung	- Untersuchung von Bewegungen	Experiment: Untersuchung von Kreisbewegungen (S. 54)
	- Kreisbewegung: Zentripetalkraft als Ursache der Kreisbewegung	2.5 Kräfte bei der Kreisbewegung (S. 55)
	- Kreisbewegung	Experiment: Einsatz von Apps zur Messung physikalischer Größen (S. 56)
	- Kreisbewegung: Zentripetalkraft als Ursache der Kreisbewegung (z. B. Haftreibung bei Kurvenfahrten)	Exkurs: Kreisbewegungen im Verkehr (S. 57)
	- Kreisbewegung: Scheinkraft	Exkurs: Scheinkräfte (S. 58)
(E.7 Kreisel)	- Untersuchung von Bewegungen	2.6 Rotation von Körpern (S. 59)
	- Zeit-Weg/Winkel- und Zeit-Geschwindigkeits/Winkelgeschwindigkeit-Gesetze und deren Zusammenhang	
	- Drehmoment	2.7 Das Trägheitsmoment (S. 60)
	- Trägheitsmoment: anwendungsbezogene Beispiele (z. B. Pirouette)	
	- Kreisbewegung: Zentripetalkraft als Ursache der Kreisbewegung	Training: Kreis- und Drehbewegungen (S. 61)
	- Drehmoment	
	- Energieerhaltung: kinetische Energie (grafische Herleitung der Formel) Erhaltung der Summe von kinetischer und potenzieller Energie bei Vernachlässigung der Reibung, energetisch abgeschlossene Systeme	3.1 Energieerhaltung (S. 64/65)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen	Konkretisierung	Seite im Schulbuch
	- Energieerhaltung: kinetische Energie	Experiment: Die Bewegungsenergie (S. 66)
	- Energieerhaltung: Erhaltung der Summe von kinetischer und potenzieller Energie bei Vernachlässigung der Reibung, energetisch abgeschlossene Systeme	Experiment: Die Spannenergie (S. 67)
	- Energieerhaltung: Erhaltung der Summe von kinetischer und potenzieller Energie bei Vernachlässigung der Reibung, energetisch abgeschlossene Systeme	3.2 Anwendung des Energiekonzepts (S. 68) Methode: Problemlösung mit dem Energiekonzept (S. 69) Training: Energieüberführung (S. 70/71)
	- Impuls und Impulserhaltung: eindimensionaler elastischer Stoß mit einem ruhenden Stoßpartner (Schüler- oder Demonstrationsexperiment, Beschreibung mittels Energieerhaltung) Notwendigkeit einer weiteren Erhaltungsgröße, Begriff des Impulses Rückstoß inelastischer Stoß, dabei auftretende Energieumwandlungen	3.5 Impuls (S. 77/78) Experiment: Untersuchung von Stoßvorgängen (S. 79)
	- Impuls und Impulserhaltung	3.6 Impuls und Kraft (S. 80) Exkurs: Kraftverlauf bei einem Unfall (S. 81)
(E.7 Kreisel)	- Drehimpuls: Definition, Erhaltungsgröße	3.7 Drehimpuls und Drehimpulserhaltung (S. 82/83) Exkurs: Rotation um freie Achsen (S. 83)
	- Impuls und Impulserhaltung	Training: Impuls und Kraftübertragung (S. 84/85)
Gravitation		
E.5 Gravitation	- Planetenbewegung: geschichtliche Entwicklung des astronomischen Weltbildes	4.1 Weltmodelle (S. 88-90)
	- Planetenbewegung: Kepler'sche Gesetze	4.2 Bewegungen am Himmel (S. 91/92)
	- Massenanziehung: Gravitationsgesetz, Gewichtskraft	4.3 Das Gravitationsgesetz (S. 93/94) Experiment: Bestimmung der Gravitationskonstanten nach Cavendish (S. 94/95) Exkurs: Das Entstehen der Gezeiten (S. 96)
	- numerische Simulation: mathematisches Modell (in der Regel Gleichungen mit Differenzenquotienten) Berechnung (z. B. mittels Tabellenkalkulationsprogramm)	Methode: Punktweise Berechnung von Planetenbahnen (S. 97)
	- Planetenbewegung: Kepler'sche Gesetze - Massenanziehung Gravitationsgesetz, Gewichtskraft	Training: Gravitationsgesetz und Gravitationskräfte (S. 98/99)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen	Konkretisierung	Seite im Schulbuch
	- Massenanziehung: Gravitationsfeld (Begriff des Feldes als Basiskonzept und Erweiterung des Begriffs der Kraft)	4.4 Das Gravitationsfeld (S. 100/101) Training: Gravitationsfeld und Potenzial (S. 102) Exkurs: Felder (S. 103)
Thermodynamik		
E.6 Entropie		8.1 Thermisches Verhalten von Gasen (S. 165/166)
	- Wärmeenergie als innere Energie (Nutzen der Definition „innere Energie“, historischer Bezug)	8.2 Thermische Energie (S. 167-169)
	- reversible und irreversible Vorgänge - Entropieerzeugung und Wirkungsgrad (Entropie als Konzept, das die Richtung natürlicher Abläufe beschreibt)	8.3 Entropie (S. 170-172)
	- erster und zweiter Hauptsatz der Wärmelehre	8.4 Erster und zweiter Hauptsatz der Thermodynamik (S. 173/174) Exkurs: Kühlschrank und Wärmepumpe (S. 175) 8.5 Umsetzung von Energie durch Motoren (S. 176) Methode: Arbeitsdiagramm (S. 177) Training: Gasgesetze und Kreisprozesse (S. 178/179)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen		Konkretisierung	Seite im Schulbuch
OBERSTUFE QUALIFIKATIONSPHASE			
Q1 Elektrisches und magnetisches Feld			
Q1.1 Elektrisches Feld	Grundlegendes Niveau (Grund- und Leistungskurs)	Feldbegriff, Feldlinienbilder – homogenes Feld eines Plattenkondensators (Experiment) – radialsymmetrisches Feld einer Punktladung – spezielle Feldlinienbilder, Spitzeneffekt, Faraday'scher Käfig (Realitätsbezüge, z. B. Blitzableiter, Flugzeug, Auto) – Influenz bei Leitern (Demonstrationsexperiment) und Polarisation bei Nichtleitern – Definition der elektrischen Feldstärke: ($\vec{E} = \frac{\overrightarrow{F_{el}}}{q}$) (z. B. in Analogie zum Gravitationsfeld) – Feldstärke im radialsymmetrischen Feld – Coulomb'sches Gesetz: $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$	7.2 Das elektrische Feld (S. 158) Experiment: Die elektrische Feldstärke (S. 160) Exkurs: Blitze und Gewitter (S. 176) 7.1 Die elektrische Ladung (S. 154) 7.2 Das elektrische Feld (S. 158) Experiment: Die elektrische Feldstärke (S. 160) 7.3 Das Coulomb'sche Gesetz (S. 161) Training: Elektrische Ladung und elektrisches Feld (S: 164)
		elektrische Ladung – Ladung als Erhaltungsgröße – Millikanversuch im Schwebefall: Quantelung der Ladung	7.1 Die elektrische Ladung (S. 154/155) Experiment: Ladungsmessung (S. 156) Methode: Bestimmung der Fläche unter einer Kurve – Ermittlung einer Ladung (S. 157) Training: Elektrische Ladung und elektrisches Feld (S: 164) Experiment: Die Ladung eines Elektrons - der Millikanversuch (S. 181) 7.8 Nachweis der Elementarladung (S. 182)
		elektrische Spannung und Stromstärke – elektrische Stromstärke $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ – Spannung als potenzielle Energie pro Ladung: $U = \frac{W_{pot}}{q}$	7.1 Die elektrische Ladung (S. 154/155) 7.4 Energie und Spannung im elektrischen Feld (S. 166) Training: Energie und Spannung (S. 168)
		Plattenkondensator – Feldstärke im Plattenkondensator – Definition der Kapazität: $C = \frac{Q}{U}$	7.4 Energie und Spannung im elektrischen Feld (S. 166) 7.5 Der Kondensator, ein Ladungsspeicher (S. 170) Training: Kondensatoren (S. 177)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen		Konkretisierung	Seite im Schulbuch
		– $C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ und als Proportionalitätsfaktoren ε_0, ε_r – Parallelschaltung zweier Kondensatoren, $C_{ges} = C_1 + C_2$ – Feldenergie $E_{el} = \frac{1}{2} C \cdot U^2$	Experiment: Eigenschaften eines Kondensators (S. 169) 7.5 Der Kondensator, ein Ladungsspeicher (S. 170) 7.6 Der Kondensator im Stromkreis (S. 174)
		bewegte Ladungen im elektrischen Feld – Beschleunigung und Abbremsung parallel zur Feldrichtung	7.4 Energie und Spannung im elektrischen Feld (S. 166) 7.7 Ladungsträger im elektrischen Feld (S. 179) Exkurs: Ablenkung in einer Elektronenstrahlröhre (S. 180)
	Erhöhtes Niveau (Leistungskurs)	Feldbegriff – ε_0 als Naturkonstante, $\frac{Q}{A} = \sigma = \varepsilon_0 \cdot E$ – ε_r als Materialkonstante (experimentelle Bestimmung der Werte für unterschiedliche Stoffe)	7.2 Das elektrische Feld (S. 158) Exkurs: Konstanten in der Physik (S. 172) 7.5 Der Kondensator, ein Ladungsspeicher (S. 170)
		Definition der Stromstärke als $I = \dot{Q}$ (Bezug zur Mathematik: Vergleich von Differenzen- und Differenzialquotienten)	7.1 Die elektrische Ladung (S. 154) Experiment: Ladungsmessung (S. 156)
		elektrisches Potenzial – Potenzialbegriff – Potenzial im homogenen Feld und im Radialfeld – Äquipotenziallinien – Spannung als Potenzialdifferenz	7.4 Energie und Spannung im elektrischen Feld (S. 166) Training: Energie und Spannung (S. 168)
		Kondensator – mathematische Herleitung von $C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$ über die Flächenladungsdichte im Plattenkondensator – Betrachtung des Auf- und Entladevorgangs von Kondensatoren (Aufstellen der Differenzialgleichung für die Entladung, Lösung mithilfe eines Lösungsansatzes)	Experiment: Eigenschaften des Kondensators (S. 169) 7.2 Das elektrische Feld (S. 159) 7.5 Der Kondensator, ein Ladungsspeicher (S. 170) Experiment: Aufladen und Entladen von Kondensatoren (S. 173) 7.6 Der Kondensator im Stromkreis (S. 174)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen		Konkretisierung	Seite im Schulbuch
Q1.2 Magnetisches Feld	Grundlegendes Niveau	bewegte Ladungen als Ursache von Magnetfeldern Feldlinienbilder, Feldbegriff – Feldlinienbilder von stromdurchflossener langer Spule und geradem Leiter – Definiton: $B = \frac{F}{I \cdot l}$ – im Inneren einer langen Spule: $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n}{l} \cdot I$, μ_0 und μ_r als Proportionalitätsfaktoren Bewegung geladener Teilchen im magnetischen Feld – Lorentzkraft – neue Qualität einer Kraft: $\vec{F} \perp \vec{v}, \vec{F} \perp \vec{B}$ – Bewegung geladener Teilchen parallel und senkrecht zum magnetischen Feld – Lorentzkraft als Zentripetalkraft, $\frac{e}{m_e}$-Bestimmung (Demonstrationsexperiment)	8.1 Das magnetische Feld (S. 188) Experiment: Die magnetische Feldstärke (S. 190) 8.2 Quantitative Beschreibung des Magnetfeldes (S. 191) 8.4 Magnetische Felder spezieller Leiteranordnungen (S. 195) Experiment: Untersuchung der Magnetfelder in Spulen (S. 197) Training: Magnetfelder von Spulen und Hall-Effekt (S. 200) 8.2 Quantitative Beschreibung des Magnetfeldes (S. 191) 8.5 Elektronen haben eine Masse (S. 203) Training: Magnetfeld und Lorentzkraft (S. 193) 8.5 Elektronen haben eine Masse (S. 203) Experiment: Bestimmung der spezifischen Elektronenmasse (S. 202) Training: Ladungsträger im Magnetfeld (S. 206)
	Erhöhtes Niveau	Weitere Bewegungen geladener Teilchen – relativistische Massenzunahme als Phänomen – Überlagerung homogener elektrischer und magnetischer Felder – Hall-Effekt	Experiment: Zyklotron-Experimente (S. 463) 17.7 Äquivalenz von Masse und Ruheenergie (S. 464) Exkurs: Relativistische Masse (S. 465) 8.5 Elektronen haben eine Masse (S. 203) Exkurs: Geladene Teilchen in Feldern (S. 204) 8.3 Der Hall-Effekt (S. 194) Exkurs: Elektrizitätsleitung in festen Stoffen (S. 199) Training: Magnetfelder von Spulen und Hall-Effekt (S. 200)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen		Konkretisierung	Seite im Schulbuch
Q1.3 Induktion	Grundlegendes Niveau	Induktionsspannung aufgrund einer zeitlichen Änderung des magnetischen Flusses – magnetischer Fluss – Induktionsgesetz in der Formulierung $U_{ind} = -n \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, (quantitativ nur für stückweise lineare Veränderung der Fläche *A* oder des Magnetfeldes *B*, wobei das Magnetfeld die Fläche senkrecht durchsetzt, andere Fälle nur qualitativ) Lenz'sche Regel und Energieerhaltung (Demonstrationsexperiment, Anwendungsbezug: z. B. Wirbelstrombremse) Selbstinduktion und Induktivität einer langen Spule (phänomenologisch am Beispiel der Vorgänge des Auf- und Abbaus des Magnetfeldes einer langen Spule) Energie des Magnetfeldes der Spule $E_{mag} = \frac{1}{2} L \cdot I^2$ (ohne Herleitung)	Experiment: Spannung wird erzeugt (S. 211) 9.1 Elektrische Spannung durch Magnetfelder (S. 212) Experiment: Der Thomson'sche Ringversuch (S. 214) 9.2 Die Lenz'sche Regel (S. 215) Exkurs: Wirbelströme (S. 217) 9.3 Selbstinduktion (S. 218) 9.4 Die Spule als Energiespeicher (S. 219) Training: Spannungserzeugung und Selbstinduktion (S. 220)
	Erh. Niveau	Induktionsgesetz auch in nicht linearen Fällen: $U_{ind} = -n \cdot \dot{\Phi}$, (Vergleich von Differenzen- und Differenzialquotienten), quantitative Betrachtung nur für $\dot{A} \neq 0, \dot{B} = 0$, sowie $\dot{A} = 0, \dot{B} \neq 0$	9.1 Elektrische Spannung durch Magnetfelder (S. 212) Methode: Induktionsspannung und Differenzialrechnung (S. 213)
Q1.4 Bewegung von Ladungen in Feldern in technischen Anwendungen	Gr. Niv.	Braun'sche Röhre – Aufbau und Verwendung (Demonstrationsexperiment) – Superpositionsprinzip, Vergleich mit waagerechtem Wurf (Modellbildung) – Parabel als Bahnkurve (Demonstrationsexperiment, Animation)	7.7 Ladungsträger im elektrischen Feld (S. 179) Exkurs: Ablenkung in einer Elektronenstrahlröhre (S. 180) Training: Ladungsträger im elektrischen Feld (S. 184)
	Erh. Niv.	Linearbeschleuniger – Hintereinanderschaltung mehrerer Beschleunigungsstrecken (Animation)	Training: Ladungsträger im elektrischen Feld (S. 184) 14.11 Elementarteilchen Experiment: Zyklotorn-Experimente (S. 463)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen		Konkretisierung	Seite im Schulbuch
Q2 Schwingungen und Wellen			
Q2.1 Schwingungen	Grundlegendes Niveau	Schwingungen als periodischer Vorgang	Experiment: Schwingung eines Federpendels (S. 108)
		– charakteristische Größen (Elongation, Amplitude, Schwingungsdauer, Frequenz)	5.1 Merkmale von Schwingungen (S. 109)
		zeitlicher Verlauf der Schwingung	
		– Schwingungsgleichung $y(t) = y_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$ (Ableitung aus dem *t-y*-Diagramm)	5.1 Merkmale von Schwingungen (S. 109)
		– lineare Rückstellkraft als Kriterium für harmonische Schwingungen	
		– Formeln für die Schwingungsdauer (Erarbeiten der Abhängigkeiten für ein Beispiel im Schülerexperiment)	Experiment: Ermittlung von Periodendauern (S. 113)
		– Energieformen, Energieerhaltung (qualitative Betrachtung)	5.2 Energie von Schwingungen (S. 114)
		– Energieumwandlung an Beispielen (Berechnung der verschiedenen auftretenden Energieformen)	
		Dämpfung (als Erweiterung der reibungsfreien Idealisierung, Abnahme der Amplitude, nur qualitativ)	Training: Harmonische Schwingungen (S. 115)
		– Federpendel, Fadenpendel (mit Kleinwinkelnäherung)	5.3 Das Fadenpendel (S. 117)
		Resonanzphänomene	Experiment Resonanz (S. 118)
		– erzwungene Schwingung (nur qualitativ, Veranschaulichung durch Experimente, Eigenfrequenz, Resonanzkatastrophe mit Anwendungsbezug)	5.4 Erzwungene Schwingungen (S. 119) Training: Schwingungen von Feder- und Fadenpendeln (S. 120)
		– elektromagnetischer Schwingkreis, charakteristische Größen (Schwingungsdauer, Frequenz, Amplituden U_{max}, I_{max})	10.1 Der elektromagnetische Schwingkreis (S. 236)
		– Gegenüberstellung der Energieformen von elektromagnetischer und mechanischer Schwingung	Methode: Vergleich von mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen (S. 238)
	Erh. Niveau	ein weiteres Beispiel für einen harmonischen Oszillator	Ermittlung von Periodendauern (S. 113) Training: Harmonische Schwingungen (S. 115)
		Differenzialgleichung der ungedämpften harmonischen mechanischen Schwingung (Lösung mithilfe eines Lösungsansatzes)	Methode: Die Ableitung in der Physik (S. 111)
		Phasenwinkel $s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$	Methode: Schwingungen in der Zeigerdarstellung (S. 112)
		Dämpfungsverhalten der Form $y(t) = y_0 \cdot e^{-k \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ für $\omega \approx \omega_0$ (ohne Herleitung, grafische Darstellung von y(t))	Training: Harmonische Schwingungen (S. 116)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen		Konkretisierung	Seite im Schulbuch
		Qualitative Beschreibung von Resonanzkurven für verschiedene Dämpfungen	5.4 Erzwungene Schwingungen (S. 119)
		Phasenverschiebungen	
		– zwischen äußerer Kraft und Elongation bei erzwungenen Schwingungen	5.4 Erzwungene Schwingungen (S. 119)
		– zwischen Stromstärke und Spannung bei dem Schwingkreis	10.1 Der elektromagnetische Schwingkreis (S. 236)
Q2.2 Wellen	Grundlegendes Niveau	Wellen in Natur und Technik und ihre Kenngrößen	
		– Seilwellen, Wasserwellen, Schallwellen, elektromagnetische Wellen	6.1 Entstehung von Wellen (S. 128)
		– charakteristische Größen: Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhang: $c = \lambda \cdot f$	6.2 Harmonische Wellen (S. 130)
		– Unterschied zwischen Longitudinal- und Transversalwellen (charakteristische Beispiele zur Veranschaulichung: Schall und Licht)	Training: Beschreibung und Ausbreitung von Wellen (S. 136)
		– elektromagnetisches Spektrum (technische Anwendungen und biologische Auswirkungen der verschiedenen Wellenlängenbereiche)	11.9 Das Spektrum elektromagnetischer Strahlung (S. 274)
		Wellen als räumlich und zeitlich periodischer Vorgang	
		– Darstellung im *t*-*y*- und *x*-*y*-Diagramm	Methode: Mathematische Beschreibung von Wellen (S. 133)
		Überlagerung mehrerer Wellen, Interferenz	
		– Verstärkung und Auslöschung bei zwei Punkterregern, Bedeutung des Gangunterschiedes und Bestimmung der Orte der Maxima (Demonstrationsexperiment, z. B. Wellenwanne, Lautsprecher)	6.4 Überlagerung von Wellen (S. 137) Training: Überlagerung von Wellen (S. 145)
		– Huygens'sches Prinzip (Veranschaulichung z. B. an der Wellenwanne, zeichnerische Darstellung)	Experiment: Ausbreitung von Wasserwellen (S. 146) 6.6 Das Huygens'sche Prinzip (S. 148)
		– stehende Wellen, Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Ausdehnung des Wellenträgers (ohne Behandlung von Phasensprüngen, Experiment)	Experiment: Erzeugung stehender Wellen (S. 141) 6.5 Stehende Wellen (S. 142) Training: Überlagerung von Wellen (S. 145)
		– Doppelspalt und Beugungsgitter für monochromatisches und weißes Licht (Experiment, Herleitung der Formel für die Orte der Maxima)	Experiment: Untersuchung von Licht am Doppelspalt (S. 252) 11.1 Interferenzen am Doppelspalt (S. 253) 11.4 Übergang vom Doppelspalt zum optischen Gitter (S. 259) Training: Lichtgeschwindigkeit und Interferenz an Doppelspalt und Gitter (S. 261)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen		Konkretisierung	Seite im Schulbuch
	Erh. Niv.	Phasensprung bei Reflexion, festes und loses Ende bei stehenden Wellen	Experiment: Erzeugung stehender Wellen (S. 141) 6.5 Stehende Wellen (S. 142)
		Einfachspalt (Beugung, Bestimmung der Orte der Maxima und Minima)	11.6 Beugung von Licht (S. 267) Training: Interferometer und Beugung am Spalt (S. 269)
		Kohärenz	11.1 Interferenzen am Doppelspalt (S. 253)
Q2.3 Wellen an Grenzflächen	Gr. Niv.	Reflexions- und Brechungsgesetz als Anwendungen des Huygens'schen Prinzips (Veranschaulichung durch Zeichnung) $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$ Totalreflexion (realitätsnahe Anwendungen, z. B. Glasfaser)	6.6 Das Huygens'sche Prinzip (S. 148) 11.2 Modelle des Lichts (S. 255)
	Erh. Niv.	Interferenzen und Beugung von Licht in Materie ($c \neq c_{Vakuum}$)	11.2 Modelle des Lichts (S. 255) 11.5 Interferometer (S. 264)
		Dispersion Vergleich von Gitter- und Prismenspektren	Exkurs: Farberscheinungen an dünnen Schichten 11.4 Übergang vom Doppelspalt zum optischen Gitter (S. 259) Training: Interferometer und Beugung am Spalt (S. 269)
Q2.4 Dopplereffekt, Schwebung	Gr. Niv.	akustischer Dopplereffekt – bewegter Sender bewegter Empfänger (Herleitung der Formeln für die Frequenzänderung)	6.3 Der Doppler-Effekt (S. 135)
		– Mach'scher Kegel	6.3 Der Doppler-Effekt (S. 135)
		Schwebungen (nur phänomenologisch)	5.5 Überlagerung von Schwingungen (S. 122f)
	Erh. Niv.	gleichzeitige Bewegung von Sender und Empfänger	Training: Beschreibung und Ausbreitung von Wellen (S. 136/A1)
		Berechnung der Schwebungsfrequenz	5.5 Überlagerung von Schwingungen (S. 122f)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen		Konkretisierung	Seite im Schulbuch
Q3 Quanten- und Atomphysik			
Q3.1 Eigenschaften von Quanten-objekten	Grundlegendes Niveau	Fotoeffekt – Einstein'sche Deutung und Widersprüche zur Wellentheorie (Demonstrationsexperiment mit Sonnenlicht oder anderer geeigneter Lichtquelle, Glasscheibe als Filter) – Grenzfrequenz, Austrittsenergie, Einheit Elektronenvolt, Planck'sches Wirkungsquantum, Energie eines Photons (experimentelle Bestimmung der Energie der Fotoelektronen mit der Gegenfeldmethode, ggf. mit Animation)	Experiment: Der Fotoeffekt (S. 295) 12.8 Licht löst Elektronen aus (S. 296ff) Exkurs: Geschichte des Fotoeffekts (S. 298) Training: Fotoeffekt und Unbestimmtheitsrelation (S. 300)
		Energie-Masse-Äquivalenz, Masse und Impuls von Photonen	12.9 Röntgenstrahlung – Compton-Effekt (S. 304) Training: Röntgenstrahlung und Compton-Effekt (S. 307) 17.7 Äquivalenz von Masse und Ruheenergie (S. 464)
		De-Broglie-Wellen und De-Broglie-Gleichung (Beugung an Gitter oder Kristallen)	Experiment: Interferenz von Elektronen an einer Graphitpulverschicht (S. 281) Methode: Mathematische Beschreibung der Elektronen-beugung (S. 282) 12.2 Interferenz von Elektronen (S. 283)
		Doppelspaltversuche mit Elektronen und Photonen bei geringer Intensität, stochastische Deutung (Animation)	12.3 Wahrscheinlichkeitsinterpretation (S. 284) 12.4 Photonen – Quantenobjekte des Lichtes (S. 285) Training: Interferenz von Quantenobjekten (S. 290)
	Erhöhtes Niveau	Unschärferelationen – Orts-Impuls-Unschärfe (z. B. durch Vergleich mit Beugung am Einzelspalt oder Wellenpaket als Überlagerung vieler Wellen benachbarter Frequenz)	12.6 Die Unbestimmtheitsrelation (S. 292) Training: Fotoeffekt und Unbestimmtheitsrelation (S. 300)
		Amplitudenquadrat der Wellenfunktion als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit	Methode: Licht und Zeigerdiagramme (S. 263) 12.3 Wahrscheinlichkeitsinterpretation (S. 284) Methode: Zeiger in der Quantenphysik (S. 289) Exkurs: Deutungen (S. 309)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen		Konkretisierung	Seite im Schulbuch
Q3.2 Atommodelle	Grundlegendes Niveau	klassische Atommodelle (nach Thomson und Rutherford)	13.1 Atome (S. 314)
		Quantisierung	
		– Bohr'sche Postulate	Exkurs: Leistungen und Grenzen des Bohr'schen Atommodells (S. 323)
		– wellenmechanisches Modell (gebundenes Elektron als stehende De-Broglie-Welle am Beispiel des linearen Potenzialtopfes)	13.5 Das Modell des Potenzialtopfs (S. 326) Methode: Die Schrödingergleichung (S. 330)
		Linienspektren, Termschema	Experiment: Untersuchung des Lichts verschiedener Spektralröhren / Untersuchung des Sonnenlichts (S. 318) 13.3 Spektraluntersuchungen / Experiment: Flammenuntersuchungen (S. 319) Training: Atomvorstellung und Energiezustände (S. 324)
		– Rydberg-Formel	13.4 Untersuchung von Wasserstoff (S. 322)
		– quantenhafte Absorption und Emission, Resonanzabsorption und Stoßanregung (z. B. Flammenfärbung)	Experiment: Der Franck-Hertz-Versuch (S. 316) 13.2 Anregung und Ionisation von Atomen (S. 317)
		– Lumineszenz und Fluoreszenz (Anwendung: z. B. Weißmacher)	13.6 Farbstoffe (S. 329) Training: Potenzialtopfmodell und Wasserstoff-Atom (S. 335)
	Erhöhtes Niveau	Quantisierung	Experiment: Der Franck-Hertz-Versuch (S. 316) 13.2 Anregung und Ionisation von Atomen (S. 317)
		Vertiefung des Potenzialmodells (z. B. Farbstoffmoleküle, Pauliprinzip), Laser	13.6 Farbstoffe (S. 329) 13.7 Das Wasserstoff-Atom (S. 331) Exkurs: Atome mit mehreren Elektronen (S. 333)
		– metastabile Niveaus, Inversion	13.9 Laser (S. 340)
		– stimulierte Emission	Training: Röntgenspektren und Laser (S. 342)
Q3.3 Röntgenstrahlung	Gr. Niv.	Erzeugung (Aufbau der Röntgenröhre)	11.8 Röntgenstrahlung (S. 272)
		Nachweis von Röntgenstrahlung, Wirkung und Gefahren	Experiment: Untersuchung von Röntgenstrahlung (S. 302) 12.9 Röntgenstrahlung (S. 303)
		charakteristisches und kontinuierliches Spektrum, kurzwellige Grenze	Training: Röntgenstrahlung und Compton-Effekt (S. 307) Experiment: Aufnahme von Röntgenspektren (S. 337) 13.8 Charakteristisches Röntgenspektrum (S. 338) Training: Röntgenspektren und Laser (S. 342)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen		Konkretisierung	Seite im Schulbuch
	Erh. Niv.	Bragg-Reflexion	11.8 Röntgenstrahlung (S. 272) Training: Polarisation des Lichts und Röntgenstrahlung (S. 276) Methode: Mathematische Beschreibung der Elektronenbeugung (S. 282)
Q3.4 Mikroskopische Stoßprozesse	Gr. Niveau	Franck-Hertz-Versuch – Versuchsaufbau (Demonstrationsexperiment bzw. Animation) – Stoßanregung, Unterschied zur Anregung durch Photonen	 Experiment: Der Franck-Hertz-Versuch (S. 316) 13.2 Anregung und Ionisation von Atomen (S. 317) Training: Atomvorstellung und Energiezustände (S. 324)
	Er. Niv.	Compton-Effekt (Formel für die Compton-Wellenlänge ohne Herleitung)	12.9 Röntgenstrahlung – Compton-Effekt (S. 304) Training: Röntgenstrahlung und Compton-Effekt (S. 307)
Q3.5 Kernphysik	Grundlegendes Niveau	radioaktive Strahlung – Arten radioaktiver Strahlung, Nachweis (Präsentation) – Wirkung, Anwendungen und Gefahren (Präsentation)	14.2 Strahlung radioaktiver Stoffe (S. 353) Experiment: Nachweis der verschiedenen Strahlungsarten (S. 357) Training: Strahlung radioaktiver Stoffe und Strahlungsnachweis (S. 361) 14.8 Dosimetrische Größen (S. 372) 14.9 Strahlenbelastung des Menschen (S. 373) Exkurs: Moderne Physik – moderne Medizin (S. 375) 14.10 Energie aus dem Atomkern (S. 376) Exkurs: Leichtwasser-Kernreaktoren (S. 378) Exkurs: Nutzen und Risiken der Kernenergietechnik (S. 379) Training: Energie aus dem Atomkern und Kernenergietechnik (S. 382)
		Zerfallsgesetze – Kernzerfall, Aktivität, Halbwertzeit, Zerfallskonstante (exponentielle Abnahme von spaltbarer Masse bzw. Aktivität) – C14-Methode (Anwendungsbeispiele)	 14.5 Radioaktiver Zerfall (S. 367) 14.6 die Entstehung ionisierender Strahlung (S. 363) Exkurs: Altersbestimmung mit radioaktiven Stoffen (S. 369) Training: Entstehung radioaktiver Strahlung und radioaktiver Zerfall (S. 370)
	Er. Niv.	Zerfallsgesetze – Zerfallsreihen (exponentielle Abnahme von spaltbarer Masse bzw. Aktivität)	 14.5 Radioaktiver Zerfall (S. 367) Methode: Modellexperimente zur Radioaktivität (S. 368)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen		Konkretisierung	Seite im Schulbuch
Q4 Physik der Moderne (verbindlich: zwei Themenfelder ausgewählt durch Lehrkraft)			
Q4.1 Kernphysik	Gr. Niveau	Bindungsenergie – Bindungsenergie pro Nukleon (Grundzüge der Kernmodelle: starke Wechselwirkung mit kurzer Reichweite) – Massendefekt, Berechnung der während einer Kernreaktion freigesetzten Energie (Äquivalenz von Masse und Energie, Berechnung der Bindungsenergie von Kernen) – Kernreaktionen, Kernspaltung, Kernfusion (Präsentation)	14.10 Energie aus dem Atomkern (S. 376) Training: Energie aus dem Atomkern und Kernenergietechnik (S. 382) 15.3 Kernfusion in der Sonne (S. 394)
	Erh. Niv.	Potenzialtopfmodell für Kerne (nur qualitativ) – unterschiedliche Tiefen des Topfes für Protonen und Neutronen – α-Zerfall durch Tunneleffekt α	14.6 Die Entstehung ionisierender Strahlung (S. 363) 12.7 Der Tunneleffekt (S. 294)
Q4.2 Spezielle Relativitätstheorie	Grundlegendes Niveau	Relativitätspostulate – Relativitätsprinzip (Gleichberechtigung verschiedener gegeneinander gleichförmig bewegter Bezugssysteme, Galilei-Transformation) – Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Michelson-Morley-Experiment (Präsentation) – Zeitdilatation und Längenkontraktion – Einstein-Synchronisation (Animation) – experimentelle Nachweise – Veranschaulichung an Minkowski-Diagrammen	17.1 Ereignisse, Bezugssysteme und Beobachter (S. 446) 17.2 Die Einstein'schen Postulate (S. 448) Exkurs: Transformationen (S. 457) Experiment: Das Michelson-Morley-Experiment (S. 450) 17.4 Zeitdilatation (S. 452) Exkurs: Das Haefele-Keating-Experiment (S. 453) 17.5 Längenkontraktion (S. 454) Exkurs: Synchronisation von Uhren (S. 447) Methode: Gedankenexperimente (S. 455) Experiment: Thermoskannenversuch zum Myonenzerfall (S. 456) Methode: Minkowski-Diagramme (S. 458) 17.6 Das Zwillingsparadoxon (S. 459) Training: Relativität der Gleichzeitigkeit, Zeitdilatation und Längenkontraktion (S. 461)
		relativistische Massenzunahme (nur phänomenologisch)	Experiment: Zyklotron-Experimente (S. 463) 17.7 Äquivalenz von Masse und Ruheenergie (S. 464) Methode: Masse, Energie und Impuls (S: 466) Training: Minkowski-Diagramme und Energie-Masse-Äquivalenz (S. 467)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Verbindliche Themen		Konkretisierung	Seite im Schulbuch
	Erh. Niv.	Lorentztransformation und Addition von Geschwindigkeiten	Exkurs: Transformationen Methode: Relativistische Geschwindigkeitsaddition (S. 460)
		Herleitung der relativistischen Massenzunahme	Exkurs: Relativistische Masse (S. 465)
Q4.3 Festkörper-physik		Im Buch nur in Teilen vorhanden	
Q4.4 Chaostheorie		Im Buch nicht vorhanden	
Q4.5 Astrophysik	Gr. Niveau	Unser Sonnensystem (Präsentation, Animation, Simulation)	
		– Sonne, Planeten, Kometen	15.1 Unser Sonnensystem (S. 390) 15.2 Die Sonne (S. 393)
		– Gravitationsgesetz	4.3 Das Gravitationsgesetz (S. 95) Experiment: Bestimmung der Gravitationskonstanten (S. 96)
		– Keplersche Gesetze	4.2 Bewegungen am Himmel (S. 93)
		– Gezeiten	Exkurs: Gezeitenkräfte im Sonnensystem (S. 392)
		Kosmologie (Präsentation)	
		– größere Strukturen, Galaxien	15.7 Struktur des Universums (S. 404)
		– Rotverschiebung, Urknall	15.8 Rotverschiebung und Urknall (S. 406) 15.9 Exoplaneten (S. 409)
		Struktur des Universums	
		– Größe und Alter des Universums	15.7 Struktur des Universums (S. 404)
		– Hintergrundstrahlung, dunkle Materie, dunkle Energie	Training: Entwicklung des Universums (S. 411)
	Er. Niveau	Energieerzeugung in der Sonne (Präsentation)	15.2 Die Sonne (S. 393)
		– Proton-Proton-Reaktion	15.3 Kernfusion in der Sonne (S. 394)
		– weitere Reaktionen	
		Sterntypen, Sternentstehung und -entwicklung	
		– Hauptreihensterne	15.4 Einteilung der Sterne (S. 396)
		– Lebenszyklus eines Sterns	15.5 Sternentstehung (S. 398) 15.6 Wie Sterne enden (S. 400) Training: Leben und Sterben der Sterne (S. 403)

Klett Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022 | Alle Rechte vorbehalten | Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.