

Themenfeld 1: Elektrische und magnetische Felder – Thema 1.2. Körper in statischen Feldern				
Thema	Leitfragen / Zentrale Unterrichtssituationen	Inhalte Die Su*S können ... ¹	Kompetenzen & Leitperspektiven Die Su*S ²	Experimente & Materialhinweise & Sprachbildung Schulspezifische Absprachen
<p>Ladungen in Längsfeldern</p> <p>gA: 2 DStd. eA: 4 DStd.</p>	<p>Wie kann man die Bewegung von Ladungen im elektrischen Längsfeld beschreiben?</p> <ul style="list-style-type: none"> Ruhende geladene Teilchen werden in einem elektrischen Feld in Richtung der Feldlinien beschleunigt. Geladene Teilchen, die sich parallel zu den Feldlinien eines elektrischen Feldes bewegen, werden in Bewegungsrichtung beschleunigt oder abgebremst. Erarbeitung des Aufbaus einer Elektronenkanone: <ul style="list-style-type: none"> Glühkathode, die Elektronen bei einer genügend großen Heizspannung aussendet. Anode, durch die die Elektronen beschleunigt werden. Beschleunigungsspannung U_B zwischen Anode und Kathode Wehneltzylinder zur Bündelung Röhren mit Vakuum bzw. mit Gas, so dass sich der Elektronenstrahl ungehindert ausbreiten kann Für die mathematische Beschreibung der Elektronenkanone ergibt sich: <ul style="list-style-type: none"> Die Beschleunigungsspannung erzeugt zwischen Kathode und Anode ein elektrisches Feld E: <ul style="list-style-type: none"> $E = \frac{U_b}{d}$ In diesem wirkt auf die negativ geladene Elektronen eine elektrische Kraft F_{el}: <ul style="list-style-type: none"> $F_{el} = E \cdot e = \frac{U_b \cdot e}{d}$ So wird zwischen Kathode und Anode und Elektron Arbeit verrichtet: <ul style="list-style-type: none"> $W_{el} = F_{el} \cdot d = U_b \cdot e$ Für die kinetische Energie eines Elektrons gilt: <ul style="list-style-type: none"> $E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ Für die Endgeschwindigkeit ergibt sich: <ul style="list-style-type: none"> $v_{end} = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U_b}$ 	<ul style="list-style-type: none"> in homogenen elektrischen Feldern die Wirkung von Kräften auf geladene Teilchen bei gegebener elektrischer Feldstärke erläutern und berechnen. die potentielle Energie einer Probeladung im homogenen elektrischen Feld bestimmen und erläutern. die kinetische Energie und Geschwindigkeit geladener Teilchen im elektrischen Längsfeld in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung quantitativ bestimmen. mit der Einheit Elektronenvolt (eV) umgehen die Bahnformen geladener Teilchen im homogenen elektrischen Längs- und Quersfeld qualitativ und quantitativ erläutern und ermitteln 	<ul style="list-style-type: none"> Sachkompetenz(en): S5, S6, Erkenntnisgewinnungskompetenz(en): E1, E2, E4, E6, Kommunikationskompetenz(en): K2, K3, K4, Bewertungskompetenz(en): B1, B4, B6, <p><i>Hinweis auf Leitperspektive(n): D</i></p>	<p>Zu Beginn dieses Themenfeldes bietet sich eine kurze Wiederholung von zusammengesetzten Bewegungen und den Newton'schen Prinzipien an. Im Gegensatz zum Themenfeld 1.1. wirken die Kräfte hier auf bewegte Ladungen, so dass Geschwindigkeits- und Kraftkomponenten in den meisten Fällen in parallele und senkrechte Komponenten zur gegebenen Geschwindigkeit aufgeteilt werden müssen.</p> <p>Zentral für das Verständnis von elektrischen und magnetischen Feldern sind die Wirkungen auf bewegte Ladungen. Daher gehört auch die Ablenkung von Elektronen in Feldern zu den grundlegenden Inhalten der Oberstufenphysik. Mithilfe der Elektronenstrahlableitkröhre kann die parabelförmige Flugbahn im E-Feld eines Plattenkondensators gezeigt werden, mithilfe des Fadenstrahlrohrs und eines Helmholtzspulenpaares die Kreisbahn im B-Feld. Diese Experimente sind real nur als Demonstrationsexperimente durchführbar, wobei die Elektronenbahnen oft nur im abgedunkelten Raum sichtbar sind, was die Messungen erschwert.</p> <p>Deshalb sollen die Inhalte mithilfe einer interaktiven Lernumgebung erarbeitet werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> Zu Beginn erarbeiten sich die Schüler:innen die Eigenschaften von Ladungen im elektrischen Längsfeld, dazu bearbeiten sie die Aufgaben aus dem Virtuellen Experimente-Labor (inklusive Übungsaufgaben) Die folgende Simulation zeigt noch einmal vereinfacht die Bewegung im Längsfeld. Übungsaufgaben: <ul style="list-style-type: none"> Positive Ladungen im elektrischen Längsfeld Quiz zu bewegten Ladungen im Längsfeld Ionenantrieb
<p>Ladungen in Quersfeldern</p> <p>gA: 1 DStd. eA: 3 DStd.</p>	<p>Wie funktioniert eine Bildröhre?</p> <ul style="list-style-type: none"> In einer Elektronenstrahlableitkröhre werden Elektronen mit Anfangsgeschwindigkeit v_0 senkrecht in ein homogenes E-Feld einer Plattenkondensator gebracht. Die Elektronen bewegen sich im Bereich des homogenen E- 	<ul style="list-style-type: none"> die Bahnformen geladener Teilchen im homogenen elektrischen Längs- und Quersfeld qualitativ und quantitativ erläutern und ermitteln. 	<ul style="list-style-type: none"> Sachkompetenz(en): S5, S6, Erkenntnisgewinnungskompetenz(en): E1, E2, E4, E6, 	<p>Das zentrale Demonstrationsexperiment in diesem Abschnitt ist die Elektronenstrahlableitkröhre, welches zu Beginn gezeigt wird. Es können verschiedene Punkte der Bahn auf dem Leuchtschirm abgelesen werden. Ziel sollte es sein, zu verstehen, warum die Bahnkurve parabelförmig ist.</p>

¹ Inhalte im Fach Physik aus dem A-Heft Abitur 2023 und Bildungsplan Physik Studienstufe

² Kompetenzen laut Bildungsplan Physik Studienstufe

Themenfeld 1: Elektrische und magnetische Felder – Thema 1.2. Körper in statischen Feldern

Thema	Leitfragen / Zentrale Unterrichtssituationen	Inhalte Die Su*S können ... ¹	Kompetenzen & Leitperspektiven Die Su*S ²	Experimente & Materialhinweise & Sprachbildung Schulspezifische Absprachen
	<p>Feldes auf einer Parabelbahn.</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Bahnkurve wird beschrieben durch die Gleichung <ul style="list-style-type: none"> $y(x) = \frac{U_K}{4 \cdot d \cdot U_b} \cdot x^2$ 		<ul style="list-style-type: none"> Kommunikationskompetenz(en): K2, K3, K4, Bewertungskompetenz(en): B1, B4, B6, <p>Hinweis auf Leitperspektive(n): D</p>	<p>Die Erarbeitung erfolgt wieder über das Virtuelle-Experimente-Labor. In eA-Kursen sollte hier auch die Bahn hinter dem Kondensator betrachtet werden, in gA-Kursen genügt es bei den virtuellen Experimenten nur die Kapitel Hypothesen und Experiment zu bearbeiten. Die ersten drei Übungen sollten in allen Kursen durchgeführt werden, die anderen je nach Leistungsniveau und entsprechend des Kurses.</p> <ul style="list-style-type: none"> Übungsaufgaben: <ul style="list-style-type: none"> Quiz zur Elektronenstrahlableitrohr Elektronen im elektrischen Querfeld
<p>Thema</p> <p>gA: 2 DStd.</p> <p>eA: 4 DStd</p>	<p>Wie bewegen sich Ladungen in magnetischen Feldern?</p> <ul style="list-style-type: none"> Erarbeitung der Eigenschaften von geladenen Teilchen in magnetischen Feldern: <ul style="list-style-type: none"> Ruhende Ladungen erfahren im Magnetfeld keine Kraft. Ladungen, die sich parallel zu den Feldlinien eines B-Feldes bewegen erfahren ebenfalls keine Kraft Ladungen, die sich senkrecht zu den Feldlinien eines B-Feldes bewegen, erfahren eine Kraft, die senkrecht zur Bewegungsrichtung und senkrecht zu den Feldlinien gerichtet ist und werden in Richtung dieser Kraft beschleunigt. Dabei ändert sich nur die Richtung, nicht aber der Betrag der Geschwindigkeit. Ist das Feld homogen, so bewegen sich die Teilchen auf einer Kreisbahn. Eine Ladung, die sich senkrecht zu einem B-Feld bewegt, erfährt dort die Lorentz-Kraft F_L die senkrecht auf v und B steht. <ul style="list-style-type: none"> $F_L = qvB$ 	<ul style="list-style-type: none"> die Lorentzkraft auf geladene Teilchen bei gegebener magnetischer Flussdichte berechnen und die Richtung angeben. die Richtung und Betrag der Lorentzkraft für den orthogonalen Fall bestimmen 	<ul style="list-style-type: none"> Sachkompetenz(en): S5, S6, Erkenntnisgewinnungskompetenz(en): E1, E2, E4, E6, Kommunikationskompetenz(en): K2, K3, K4, Bewertungskompetenz(en): B1, B4, B6, <p>Hinweis auf Leitperspektive(n): D</p>	<p>Zu Beginn dieses Abschnitts bietet sich eine Wiederholung von Versuchen aus der Sekundarstufe I an, wie z.B. dem Leiterschaukelversuch. In diesem Zusammenhang wird die Kraft auf einen elektrischen Leiter im Magnetfeld und die Drei-Finger-Regel wiederholt.</p> <p>Ebenfalls wiederholt werden müssen die gleichförmige Kreisbewegung und die Zentripetalkraft</p> <p>Für die Schüler:innen ist neu, dass die Lorentzkraft auch auf Ladungen wirkt, die nicht im Leiter fließen, sondern frei beweglich sind.</p> <ul style="list-style-type: none"> Übungsaufgaben: <ul style="list-style-type: none"> Quiz zu bewegten Ladungen im Magnetfeld Richtungsregeltraining Elektronenablenkung in der Vakuumröhre LHC-Ringbeschleuniger Mögliche Vertiefung: Polarlichter und Strahlungsgürtel
<p>Thema</p> <p>gA: 2 DStd.</p> <p>eA: 4 DStd</p>	<p>Wie bewegen sich Elektronen im homogenen Magnetfeld?</p> <ul style="list-style-type: none"> Das Fadenstrahlrohrexperiment wird real und virtuell durchgeführt und ausgewertet, wichtigste Aspekte sind: <ul style="list-style-type: none"> Im Fadenstrahlrohr werden Elektronen in einer Elektronenkanone beschleunigt und treten senkrecht zu den Feldlinien in das homogene B-Feld eines Helmholtzspulenpaares. Die Elektronen bewegen sich im homogenen B-Feld auf einer Kreisbahn mit <ul style="list-style-type: none"> $r = \frac{m_e \cdot v_0}{e \cdot B}$ Mit dem Fadenstrahlrohr kann die spezifische Elektronenladung $\frac{e}{m_e}$ bestimmt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> die Bahnformen geladener Teilchen im homogenen magnetischen Feld qualitativ beschreiben und die Lorentzkraft als Radialkraft qualitativ erläutern. <i>Kreisbahnen von geladenen Teilchen in homogenen Magnetfeldern ermitteln und erläutern.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Sachkompetenz(en): S5, S6, Erkenntnisgewinnungskompetenz(en): E1, E2, E4, E6, Kommunikationskompetenz(en): K2, K3, K4, Bewertungskompetenz(en): B1, B4, B6, Hinweis auf Leitperspektive(n): D W 	<p>Das zentrale Demonstrationsexperiment in diesem Abschnitt ist das Fadenstrahlrohr, welches zu Beginn gezeigt wird, um die spezifische Ladung $\frac{e}{m_e}$ eines Elektrons zu bestimmen. Die Ergebnisse weichen im Allgemeinen um weniger als 2% vom Literaturwert ab, so dass es hier eine Diskussion über Messungenauigkeiten angebracht ist.</p> <p>Begleitend wird der Versuch virtuell durchgeführt. Im Virtuellen Labor werden auch die Fälle betrachtet, die zu einer Schraubenbahn führen.</p> <ul style="list-style-type: none"> Übungsaufgaben: <ul style="list-style-type: none"> Quiz zum Fadenstrahlrohr Versuchsauswertung zum Fadenstrahlrohr
<p>Thema</p> <p>gA: 0 DStd.</p> <p>eA: 4 DStd</p>	<p>Was ist der Halleffekt?</p> <ul style="list-style-type: none"> Erarbeitung des Halleffekts: <ul style="list-style-type: none"> Befindet sich ein stromdurchflossener Leiter in einem homogenen Magnetfeld, dann baut sich senkrecht sowohl 	<ul style="list-style-type: none"> den Hall-Effekt (ohne Begründung der Hall-Konstante) erläutern. 	<ul style="list-style-type: none"> Sachkompetenz(en): S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 Erkenntnisgewinnungskompetenz(en): E1, E2, 	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen sollten sich in dieser Unterrichtseinheit mit dem Aufbau und der Funktionsweise einer Hallsonde beschäftigen, z.B. mit Hilfe des Physikbuches oder dem Internet.

Themenfeld 1: Elektrische und magnetische Felder – Thema 1.2. Körper in statischen Feldern				
Thema	Leitfragen / Zentrale Unterrichtssituationen	Inhalte Die Su*S können ... ¹	Kompetenzen & Leitperspektiven Die Su*S ²	Experimente & Materialhinweise & Sprachbildung Schulspezifische Absprachen
	<p>zur Stromfluss- als auch zur Magnetfeldrichtung über dem Leiter eine Spannung, die sogenannte Hall-Spannung U_H auf.</p> <ul style="list-style-type: none"> Ist I die Stärke des Stroms durch den Leiter, B die magnetische Feldstärke und d die Dicke des Leiters parallel zu B, dann berechnet sich die Hall-Spannung durch <ul style="list-style-type: none"> $U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d}$ Mit der vom Material des Leiters abhängigen Hall-Konstanten R_H 		<ul style="list-style-type: none"> E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11 Kommunikationskompetenz(en): K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10 Bewertungskompetenz(en): B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8 Hinweis auf Leitperspektive(n): D W 	<ul style="list-style-type: none"> Schüler:innenexperimente: Untersuchung der magnetischen Flussdichte mit Hallsonden oder anderen Sensoren (Smartphones) bei unterschiedlichen Magneten und Magnetfeldern Übungsaufgaben: <ul style="list-style-type: none"> Formelumstellung Hall-Effekt an Goldplättchen
<p>Thema</p> <p>gA: 0 DStd.</p> <p>eA: 4 DStd.</p>	<p>Wie funktionieren Teilchenbeschleuniger?</p> <p>Was ist ein Wienscher Geschwindigkeitsfilter? Wie funktioniert ein Massenspektrometer?</p> <ul style="list-style-type: none"> Zum Abschluss des Themenfeldes erarbeiten die Schüler:innen Vertiefungsthemen und präsentieren diese. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Bahnformen geladener Teilchen in orthogonal aufeinander stehenden, homogenen elektrischen und magnetischen Feldern in technischen Anwendungen ermitteln und erläutern.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Sachkompetenz(en): S5, S6, Erkenntnisgewinnungskompetenz(en): E1, E2, E4, E6, Kommunikationskompetenz(en): K2, K3, K4, Bewertungskompetenz(en): B1, B4, B6, Hinweis auf Leitperspektive(n): D W 	<p>Die Anwendungsbereiche von Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern sind vielfältig. Auch wenn sie für das Fernsehen mittlerweile keine Rollen mehr spielen, werden die physikalischen Grundlagen in der Forschung bei Teilchenbeschleunigern und Massenspektrometern eingesetzt.</p>

Sachkompetenzen: Die Schüler:innen....

- S1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien
- S2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten
- S3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen
- S4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung digitaler Messwerterfassungssysteme nach Anleitung auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen
- S5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus
- S6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an
- S7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an

Erkenntnisgewinnungskompetenzen: Die Schüler:innen....

- E1 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten
- E2 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf
- E3 beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen
- E4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen
- E5 planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung
- E6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen
- E7 berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses
- E8 beurteilen die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen
- E9 reflektieren die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten für die physikalische Erkenntnisgewinnung
- E10 beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf Alltagssituationen und reflektieren ihre Generalisierbarkeit
- E11 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit)

Kommunikationskompetenzen: Die Schüler:innen....

- K1 recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus
- K2 prüfen verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt
- K3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder
- K4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologische und kausal korrekt strukturiert
- K5 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus
- K6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge
- K7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach- adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien
- K8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen
- K9 tauschen sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt
- K10 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate

Bewertungskompetenzen: Die Schüler:innen...

- B1 erläutern aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation
- B2 beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz
- B3 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich relevanten oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab
- B4 bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil
- B5 reflektieren Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzung hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses
- B6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein
- B7 reflektieren kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen
- B8 reflektieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen

Beitrag zur Leitperspektive D

Die Schülerinnen und Schüler nutzen digitale Darstellungsformen von Modellen und arbeiten mit Simulationen und mit digitalen Messwerterfassungen zur Erschließung und Untersuchung des Verhaltens von geladenen Teilchen in statischen Feldern. Sie ermitteln dabei auch die Grenzen digitaler Simulationen.

Hierzu gibt es viele virtuelle Demonstrationsexperimente, die von jedem Schüler/jeder Schülerin individuell durchgeführt und ausgewertet werden können. So steht z. B. die Elektronenkanone zur Verfügung, anhand derer die Ausdampf- und Beschleunigungsphase von Elektronen untersucht werden kann. Darauf aufbauend stehen dann die virtuellen Experimente „Elektronenablenkröhre“ und „Kathodenstrahlröhre“ (Elektronen im homogenen B-Feld) zur Verfügung.

Beitrag zur Leitperspektive W

Die Schülerinnen und Schüler befassen sich mit der Kooperation im Rahmen internationaler Forschung am Beispiel von Arbeitsgruppen zur Beschleunigerphysik. Sie arbeiten selbst in kooperativ angelegten Arbeitsformen und befassen sich mit Stereotypisierungen in der Physik. Hier bieten sich außerschulische Lernorte physikalischer Großforschungseinrichtungen an (z. B. DESY-Schülerlabor „eLab: Teilchen und Felder“).