

Abitur

**MEHR
ERFAHREN**

Physik

Gymnasium · Gesamthochschule

NRW

Das musst du können!

STARK

Abitur

**MEHR
ERFAHREN**

Physik

Gymnasium · Gesamthochschule

NRW

Das musst du können!



STARK

Inhalt

Vorwort

1	Statisches elektrisches Feld	1
1.1	Elektrische Feldstärke und elektrisches Potenzial	1
1.2	Homogenes elektrisches Feld – Plattenkondensator	4
1.3	Radiales Feld – Coulombgesetz	7
2	Statisches magnetisches Feld	9
3	Spezielle Relativitätstheorie	12
3.1	Relativistische Effekte	12
3.2	Relativistische Masse und Energie	15
4	Bewegung geladener Teilchen in Feldern	17
4.1	Geladene Teilchen im homogenen elektrischen Feld	17
4.2	Geladene Teilchen im homogenen magnetischen Feld	19
4.3	Geladene Teilchen im E- und B-Feld – Anwendungen	21
5	Elektromagnetische Induktion	26
5.1	Induktionsgesetz	26
5.2	Lenz’sche Regel – Selbstinduktion	28
6	Elektromagnetische Schwingungen und Wellen	32
6.1	Elektromagnetische Schwingungen	32
6.2	Elektromagnetische Wellen	36
7	Eigenschaften von Quantenobjekten	43
7.1	Teilchencharakter von Photonen	43
7.2	Wellencharakter von Quantenobjekten	47
7.3	Verhalten von Quantenobjekten	48

8	Atommodelle	51
8.1	Linienpektren	51
8.2	Bohr'sches Atommodell	53
8.3	Eindimensionaler Potenzialtopf – Orbitalmodell	60
8.4	Mehrelektronensysteme	63
8.5	Röntgenstrahlung	64
8.6	Experimentelle Befunde – Anwendungen	66
9	Struktur der Materie – Elementarteilchen	70
10	Stabilität von Atomkernen	72
11	Radioaktivität und Kernreaktionen	75
11.1	Radioaktivität	75
11.2	Kernreaktionen	82
	Stichwortverzeichnis	85

Autor: Florian Borges

Inhalte, die nur für den **Leistungskurs** prüfungsrelevant sind:

S. 12: Kapitel 3 (Spezielle Relativitätstheorie)

S. 28: Kapitel 5.2 (Selbstinduktion)

S. 32: Kapitel 6.1 (Schwingkreis)


S. 49: Kapitel 7.3 (Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation)

S. 60: Kapitel 8.3 (Potenzialtopfmodell)

Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

dieses handliche Buch bietet Ihnen einen **Leitfaden** zu allen wesentlichen Inhalten, die Sie im Physikabitur in Nordrhein-Westfalen benötigen. Es führt Sie systematisch durch den Abiturstoff der Themenbereiche Elektrodynamik, Spezielle Relativitätstheorie sowie Atom-, Kern- und Quantenphysik. Das Buch eignet sich dabei besonders zur Auffrischung und Wiederholung des Prüfungsstoffs kurz vor dem Abitur.

- Zu Kapitelbeginn sind wichtige **Anwendungsgebiete** zu dem behandelten Stoff (Experimente, Naturphänomene, Technik) zusammengestellt, die Gegenstand von Prüfungsaufgaben sein können.
- **Definitionen** und **Regeln** sind durch einen grauen Balken am Rand gekennzeichnet, wichtige **Begriffe** durch Fettdruck hervorgehoben.
- Den jeweiligen Lerninhalt veranschaulichen viele **Abbildungen**.
- Passgenaue **Beispiele**  verdeutlichen, wie sich die Theorie zur Lösung wichtiger Standardaufgaben anwenden lässt.
- Unter der Überschrift **Weitere typische Aufgabenstellungen** finden Sie zusätzliche Tipps und Lösungsskizzen zu Fragestellungen, die typischerweise in der Abiturprüfung auftauchen.
- Das **Stichwortverzeichnis** führt schnell und treffsicher zum gesuchten Lernstoff.

Viel Erfolg bei der Abiturprüfung!



Florian Borges

Ausführliche Erläuterungen sowie viele Übungsaufgaben finden Sie in unseren Abitur-Trainingsbänden, eine zusammenhängende Darstellung des Prüfungsstoffs in unseren Abitur-Wissensbänden:

- Abitur-Training Physik 1 und 2 (Bestell-Nr. 943028 bzw. 943038)
- Abitur-Wissen Elektrodynamik (Bestell-Nr. 94331)
- Abitur-Wissen Aufbau der Materie (Bestell-Nr. 94332)

Die offiziellen Prüfungsaufgaben der letzten Jahre mit Lösungen und viele nützliche Hinweise zu Ablauf und Anforderungen des Zentralabiturs enthält der Abiturprüfungsband Physik Grund- und Leistungskurs Nordrhein-Westfalen (Bestell-Nr. 55300).

4 Bewegung geladener Teilchen in Feldern

Anwendungsgebiete:

- ❶ Wien'scher Geschwindigkeitsfilter
- ❷ Halleffekt (Hallsonde)
- ❸ Teilchenbeschleuniger (Linearbeschleuniger, Zyklotron)
- ❹ Fadenstrahlrohr
- ❺ Massenspektrometer
- ❻ Geladene kosmische Teilchen im Erdmagnetfeld (Polarlicht, Van-Allen-Gürtel)
- ❼ Braun'sche Röhre (Oszilloskop)

4.1 Geladene Teilchen im homogenen elektrischen Feld

Beschleunigung im homogenen elektrischen Feld

Elektrisch geladene Teilchen erfahren im homogenen elektrischen Feld

unabhängig von ihrer Geschwindigkeit die **elektrische Feldkraft**

$F_{el} = q \cdot E$ und werden mit der konstanten Beschleunigung

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}_{el}}{m} = \frac{q \cdot \mathbf{E}}{m}$$

längs der Feldlinien beschleunigt.

q: elektrische Ladung des Teilchens

m: Masse des Teilchens

E: elektrische Feldstärke

Entscheidend für die Bahn, längs der das Teilchen im Feld läuft, ist die Richtung der Anfangsgeschwindigkeit \vec{v}_0 bzgl. der Feldrichtung:

- $\vec{v}_0 \parallel \vec{E}$: Die Bewegungsrichtung bleibt gleich; der Betrag der Geschwindigkeit ändert sich → **geradlinige Bahn**.
- $\vec{v}_0 \perp \vec{E}$: Das Teilchen erfährt eine Beschleunigung quer zur ursprünglichen Bewegungsrichtung (Analogie: waagrechter Wurf); der Betrag der Geschwindigkeit ändert sich → **Parabelbahn**.

Bei **beliebig gerichteter** Anfangsgeschwindigkeit lässt sich die Bewegungsrichtung in einen Längs- und Queranteil zerlegen, die Teilchenbahn ist dann ebenfalls **parabelförmig** (Analogie: schräger Wurf).



Teilchen im Querfeld eines Plattenkondensators: Die Geschwindigkeit besitzt anfangs nur eine waagrechte Komponente $v_x = v_0$, die x-Koordinate des Teilchens wird also durch die Funktion

$$x(t) = v_0 \cdot t \quad (1)$$

beschrieben. Vertikal wird das Teilchen im Feld beschleunigt und es gilt

$$v_y(t) = a \cdot t = \frac{q \cdot E}{m} \cdot t \quad (2)$$

für den senkrechten Geschwindigkeitsanteil, die y-Koordinate des Teilchens wird durch die Funktion

$$y(t) = \frac{1}{2} a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q \cdot E}{m} \cdot t^2 \quad (3)$$

beschrieben. Die Bahnkurve $y(x)$ des Teilchens erhält man, indem man $x(t)$ nach der Zeit t auflöst und t in $y(t)$ durch den erhaltenen Term ersetzt (die Variable t wird aus den Gleichungen „eliminiert“):

$$t = \frac{x}{v_0} \stackrel{\text{in (3)}}{\Rightarrow} y = \frac{1}{2} \cdot \frac{q \cdot E}{m} \cdot \left(\frac{x}{v_0}\right)^2 = \underbrace{\frac{q \cdot E}{2m \cdot v_0^2}}_{\text{konstant}} \cdot x^2$$

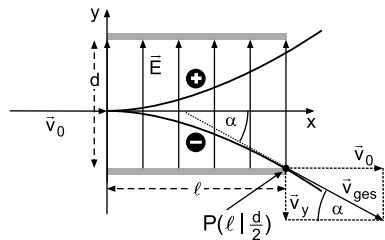
Der Graph von $y(x)$ ist eine **Parabel**, die Teilchenbahn ein Ausschnitt davon (nämlich für $x \in [0; \ell]$ mit ℓ : Länge des Plattenkondensators).

Weitere typische Aufgabenstellungen

1. Welche Mindestgeschwindigkeit v_0 müssen die Teilchen bei gegebener Feldstärke E , Masse m , Ladung q , Kondensatorlänge ℓ und Plattenabstand d besitzen, damit sie den Kondensatorbereich gerade noch rechts unten verlassen können, ohne zuvor die Platte zu treffen (vgl. Skizze oben)?

Lösung: In der Grenzsituation gilt mit $x = \ell$ und $y = \frac{d}{2}$:

$$\frac{d}{2} = \frac{q \cdot E}{2m \cdot v_{0, \min}^2} \cdot \ell^2 \Rightarrow v_{0, \min} = \ell \cdot \sqrt{\frac{q \cdot E}{m \cdot d}}$$



2. Unter welchem Winkel α gegen die Eintrittsrichtung verlassen die Teilchen den Feldbereich?

Lösung: Die Flugzeit t_F im Kondensator ist wegen $x(t_F) = v_0 \cdot t_F = \ell$ gerade $t_F = \frac{\ell}{v_0}$. Damit beträgt der vertikale Geschwindigkeitsanteil am rechten Rand des Feldes

$$v_y \left(\frac{\ell}{v_0} \right) \stackrel{(2)}{=} \frac{q \cdot E}{m} \cdot \frac{\ell}{v_0}$$

und für den gesuchten Winkel α gilt mit $v_x = v_0$:

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{q \cdot E \cdot \ell}{m \cdot v_0^2}$$

4.2 Geladene Teilchen im homogenen magnetischen Feld

Beschleunigung im homogenen magnetischen Feld

Elektrisch geladene Teilchen erfahren im homogenen magnetischen Feld **abhängig** von ihrer Geschwindigkeit die **Lorentzkraft** \vec{F}_L .

Sie ist senkrecht zur Geschwindigkeits- und zur Feldlinienrichtung gerichtet (Drei-Finger-Regel der rechten Hand) und hat den Betrag

$$F_L = q \cdot v \cdot B.$$

q: elektrische Ladung des Teilchens

v: Geschwindigkeit des Teilchens

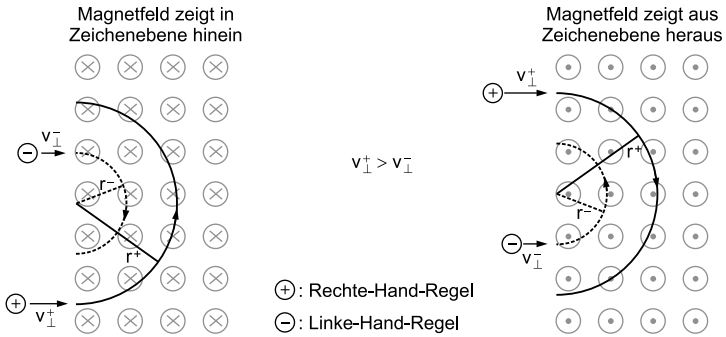
B: magnetische Flussdichte

Der Bahnverlauf im Magnetfeld hängt von der Richtung ab, welche die Teilchengeschwindigkeit bzgl. der Feldrichtung hat:

- $\vec{v} \perp \vec{B}$: Die Lorentzkraft wirkt als Zentripetalkraft auf das Teilchen, der Betrag der Geschwindigkeit ändert sich nicht \rightarrow **Kreisbahn**. Aus dem entsprechenden Kraftansatz folgt für den **Bahnradius**:

$$F_Z = F_L \Leftrightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = q \cdot v \cdot B \Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

- $\vec{v} \parallel \vec{B}$: $F_L = 0$. Die Bewegungsrichtung und der Betrag der Geschwindigkeit bleiben unverändert \rightarrow **geradlinige Bahn**.



Bei **beliebig gerichteter** Geschwindigkeit \vec{v} lässt sich die Bewegungsrichtung in einen Anteil \vec{v}_{\parallel} und \vec{v}_{\perp} zerlegen. Die zugehörigen Bewegungen überlagern sich zu einer **Schraubenbahn**, deren Achse parallel zur Magnetfeldrichtung liegt.



Radius und Ganghöhe der Schraubenbahn:

Schraubenradius (wirksamer Geschwindigkeitsanteil: v_{\perp}):

$$r = \frac{m}{q \cdot B} \cdot v_{\perp}$$

Ganghöhe der Schraube (wirksamer Geschwindigkeitsanteil: v_{\parallel}):

$$h = v_{\parallel} \cdot T = v_{\parallel} \cdot \frac{2\pi \cdot r}{v_{\perp}} = v_{\parallel} \cdot \frac{2\pi \cdot m \cdot v_{\perp}}{v_{\perp} \cdot q \cdot B} = \frac{2\pi \cdot m}{q \cdot B} \cdot v_{\parallel}$$

Weitere typische Aufgabenstellungen

1. Eine der Größen m , q , v_{\perp} ist gesucht, die anderen sind gegeben.

Lösung: Kraftansatz. Die resultierende Gleichung

$$F_L = F_Z \Leftrightarrow q \cdot v_{\perp} \cdot B = \frac{m \cdot v_{\perp}^2}{r} \Leftrightarrow q \cdot B = \frac{m \cdot v_{\perp}}{r}$$

wird nach der gesuchten Größe aufgelöst.

2. Ein geladenes Teilchen (Masse m) tritt senkrecht zur Feldrichtung in ein homogenes Magnetfeld mit bekannter Geschwindigkeit v ein und verlässt das Feld nach der Zeit t . Welche kinetische Energie besitzt das Teilchen beim Austritt?

Lösung: Da im Feld keine Kraft in Bewegungsrichtung des Teilchens wirkt, gilt $v = \text{konst.}$ W_{kin} beträgt daher unverändert $\frac{1}{2} m \cdot v^2$.



© **STARK Verlag**

www.stark-verlag.de

info@stark-verlag.de

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH ist urheberrechtlich international geschützt. Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung des Rechteinhabers in irgendeiner Form verwertet werden.

STARK



© **STARK Verlag**

www.stark-verlag.de

info@stark-verlag.de

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH ist urheberrechtlich international geschützt. Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung des Rechteinhabers in irgendeiner Form verwertet werden.

STARK