

GYMNASIUM

ABITUR *Skript*

Physik

**MEHR
ERFAHREN**

Das musst du wissen!

Abi Bayern



STARK

Inhalt

Vorwort

Elektromagnetisches Feld – Relativitätstheorie (Q11)

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

Aufbau der Materie (Q12)

7	Eigenschaften von Quantenobjekten	43
7.1	Teilchencharakter von Photonen	43
7.2	Wellencharakter von Quantenobjekten	47
7.3	Verhalten von Quantenobjekten	48

8	Ein Atommodell der Quantenphysik	51
8.1	Linienpektren	51
8.2	Eindimensionaler Potenzialtopf – Orbitalmodell	53
8.3	Mehrelektronensysteme	56
8.4	Röntgenstrahlung	57
8.5	Experimentelle Befunde – Anwendungen	59
9	Struktur der Materie – Elementarteilchen	63
10	Ein Kernmodell der Quantenphysik	65
10.1	Potenzialtopfmodell des Atomkerns	65
10.2	Stabilität von Atomkernen	66
11	Radioaktivität und Kernreaktionen	69
11.1	Radioaktivität	69
11.2	Kernreaktionen	76
Astrophysik (Lehrplanalternative Q12)		
12	Orientierung am Himmel – Planeten – Sonne	79
12.1	Orientierung am Himmel	79
12.2	Planeten	81
12.3	Die Sonne	85
13	Fixsterne – Galaxien – Kosmologie	92
13.1	Grundlegende Kenndaten von Fixsternen	92
13.2	Sternhaufen und Galaxien	104
13.3	Kosmologie	107
	Stichwortverzeichnis	109


Autoren: Florian Borges (Q11, Q12)
Ferdinand Hermann-Rottmair (Lehrplanalternative Q12)

Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

dieses handliche Buch bietet Ihnen einen **Leitfaden** zu allen wesentlichen Inhalten, die Sie im bayerischen Physikabitur benötigen.

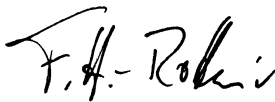
Es führt Sie systematisch durch den Abiturstoff des Themenbereichs I (Elektromagnetisches Feld, Relativitätstheorie) der Q11 und der alternativen Themenbereiche II (Aufbau der Materie) und III (Astrophysik) der Q12. Das Buch eignet sich dabei besonders zur Auffrischung und Wiederholung des Prüfungsstoffs 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



Ferdinand Hermann-Rottmair

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 enthält der Abiturprüfungsband Physik Bayern (Bestell-Nr. 95301).

5 Elektromagnetische Induktion

Anwendungsgebiete:

- ❶ Experimente: bewegte Leiterschleifen/Spulen im Magnetfeld (gleichmäßig oder beschleunigt)
- ❷ Technik: Erzeugung von Wechselspannung (Generator); Induktionsherd; magnetischer Datenspeicher; Akkuaufladung

5.1 Induktionsgesetz

In einer Leiterschleife der Querschnittfläche A , die sich in einem homogenen Magnetfeld der Flussdichte B befindet, tritt eine Induktionsspannung auf, wenn sich der magnetische Fluss $\Phi = B_{\perp} \cdot A$ durch diese Schleife zeitlich ändert. Dabei ist $B_{\perp} = B \cdot \cos \alpha$ der zur Fläche A senkrechte Anteil der Flussdichte B (α : Winkel zwischen Magnetfeld und Flächennormale). Eine Spule stellt eine Reihenschaltung vieler solcher Leiterschleifen dar, die Induktionsspannung wird größer.

Induktionsgesetz

Jede zeitliche Änderung des magnetischen Flusses $\Phi(t)$ durch eine Spule induziert zwischen den Spulenenden die Induktionsspannung

$$U_{\text{ind}}(t) = -N \cdot \dot{\Phi}(t).$$

N : Windungszahl der Spule

$\dot{\Phi}(t)$: Ableitung von $\Phi(t)$ nach der Zeit

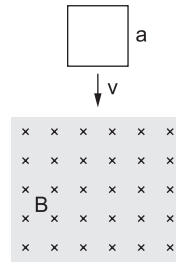
Die **zeitliche Flussänderung** $\dot{\Phi}(t) = \dot{B}_{\perp}(t) \cdot A(t) + B_{\perp}(t) \cdot \dot{A}(t)$ kann realisiert sein durch eine

- **Änderung des Magnetfelds** (\dot{B}_{\perp}). Beispiel: mit Wechselspannung betriebener Elektromagnet; rotierende Leiterschleife (Generator)
- **Änderung der Fläche** (\dot{A}). Beispiel: Ein- und Austritt einer Leiterschleife in ein Magnetfeld

Anschauliche Deutung: In beiden Fällen ändert sich die **Zahl der Feldlinien**, die die Schleifenfläche durchsetzt: einmal, weil sich die *Fläche* selbst (\dot{A}), einmal, weil sich die *Dichte der Feldlinien* (\dot{B}_{\perp}) ändert.



1. Eine quadratische Leiterschleife (Kantenlänge a) bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit v auf ein räumlich begrenztes, homogenes Magnetfeld der Flussdichte B zu und durchquert dieses.



- a) Erklären Sie das Zustandekommen der Induktionsspannung mithilfe der auftretenden
- Flussänderung;
 - Wirkung der Lorentzkraft.
- b) Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf des magnetischen Flusses in der Schleife und der Induktionsspannung während eines vollständigen Durchgangs.

Lösung:

- a) **Flussänderung:** Während des Eintretens in das B -Feld nimmt die von B durchsetzte Fläche $A(t)$ (wegen $v = \text{konst.}$) linear zu ($\rightarrow U_{\text{ind}} = \text{konst., } < 0$), beim Austritt linear ab ($\rightarrow U_{\text{ind}} = \text{konst., } > 0$). In Formeln:

$$|U_{\text{ind}}| = |\dot{\Phi}| = B \cdot |\dot{A}| = B \cdot a \cdot |\dot{a}| = B \cdot a \cdot v = \text{konst.}$$

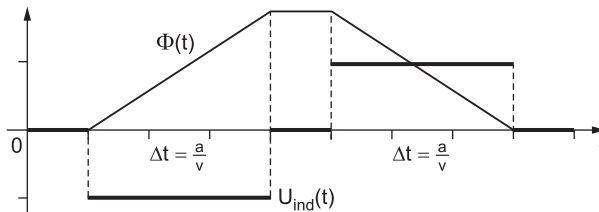
Solange sich die Schleife vollständig innerhalb des Feldes befindet, bleibt $A(t) = \text{konst.}$ ($\rightarrow U_{\text{ind}} = 0$).

Lorentzkraft: Sie wirkt während des Ein-/Austrittens auf die Ladungsträger in der im B -Feld liegenden Querseite der Schleife (nicht in den Längsseiten, da diese parallel zu v). Die Ladungstrennung führt zu $U_{\text{ind}} = \pm \text{konst.}$ an den Seitenenden. In Formeln:

$$|U_{\text{ind}}| = |E| \cdot a = \left| \frac{F_L}{q} \right| \cdot a = \left| \frac{q \cdot v \cdot B}{q} \right| \cdot a = v \cdot B \cdot a = \text{konst.}$$

Sind beide Querseiten im B -Feld, kompensieren sich die zugehörigen Lorentzkräfte ($\rightarrow U_{\text{ind}} = 0$).

- b) t - U_{ind} - bzw. t - Φ -Diagramm:



7 Eigenschaften von Quantenobjekten

Anwendungsgebiete:

- ❶ Fotoeffekt: Fotokathode; Gegenfeldmethode
- ❷ De-Broglie-Wellen: Interferenz von Quantenteilchen (z. B. Elektronen): Streuung am Doppelspalt (Versuch von Jönsson) oder Gitter (Versuch von Davisson und Germer)
- ❸ Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation: Grundaussage zur prinzipiellen Messbarkeit von Quantengrößen; Abschätzen der statistischen Streuungen von Messgrößen
- ❹ Technik: Elektronenmikroskop; Quantencomputer; Kryptografie

7.1 Teilchencharakter von Photonen

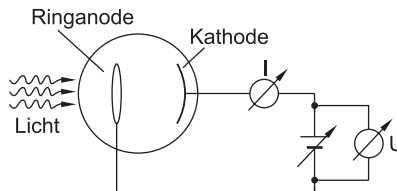
Erster Grundversuch zum Fotoeffekt (qualitativ)

Geeignete Beleuchtung löst Elektronen aus einer Metalloberfläche:

- Trifft (UV-reiches) Licht einer Hg-Dampf Lampe auf eine negativ geladene Zinkplatte, wird diese entladen (Nachweis: Elektroskop-ausschlag geht zurück). Glühlampenlicht bewirkt keine Entladung.
- Durchdringt das Hg-Licht vorher eine Glasplatte, findet keine Entladung statt.
- Eine positiv geladene Zinkplatte wird nicht entladen.

Zweiter Grundversuch zum Fotoeffekt (quantitativ)

In einer Vakuumfotозelle wird der Strom und die kinetische Energie der durch das Licht ausgelösten Fotoelektronen in Abhängigkeit von der Frequenz und Intensität des verwendeten Lichts gemessen.



Ergebnis: Die Anzahl der pro Zeiteinheit erzeugten Fotoelektronen ist proportional zur Intensität des einfallenden Lichts. Die weiteren Befunde stehen aber im **Widerspruch zum Wellenmodell des Lichts**:

Empirischer Befund	Vorhersage des Wellenmodells
<ul style="list-style-type: none"> • Fotoeffekt setzt sofort ein • Kinetische Energie E_{kin} der Fotoelektronen hängt von der Frequenz f des einfallenden Lichts ab, nicht von der Intensität; je höher f, desto größer E_{kin} • Existenz einer Grenzfrequenz f_G: Licht mit $f < f_G$: kein Fotoeffekt 	<ul style="list-style-type: none"> • Verzögerter Einsatz, da Lichtwelle sich gleichmäßig auf alle Atome der Metalloberfläche verteilt → nötige Austrittsenergie muss erst angehäuft werden • Lichtenergie abhängig von der Intensität (~ Amplitudenquadrat), nicht von der Frequenz der Lichtwelle • keine Grenzfrequenz, weil Energiezuführung unabhängig von der Frequenz

Zur Erklärung des Fotoeffekts entwickelte Einstein eine zum Wellenmodell alternative Modellvorstellung des Lichts.

Fotoeffekt: Theoretische Erklärung mit dem Photonenmodell

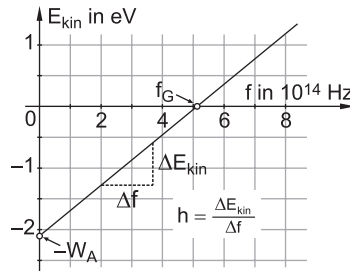
- Licht lässt sich als Strom von **Photonen** deuten, die sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, unteilbar sind und nur als Ganzes erzeugt oder absorbiert werden können.
- Die Energie E_{ph} eines Photon ist direkt proportional zur Lichtfrequenz f , die Proportionalitätskonstante ist das **Planck'sche Wirkungsquantum h** (kurz: Planck-Konstante):

$$E_{\text{ph}} = h \cdot f$$

- Trifft ein Photon auf ein Metall, kann es ein Elektron aus dem Metallverbund herauslösen (Austrittsarbeit W_A), wenn $E_{\text{ph}} > W_A$; die Restenergie bildet die kinetische Energie des Fotoelektrons:
 $E_{\text{kin}} = h \cdot f - W_A$ (Einstein-Gleichung)

f - E_{kin} -Diagramm: Gerade

- Typische grafische Darstellung zum Fotoeffekt
- Ablesen der Kenngrößen
 - Grenzfrequenz f_G : Schnittpunkt mit der f -Achse
 - Austrittsarbeit W_A : Schnittpunkt mit der E_{kin} -Achse
 - Planck-Konstante h : Steigung



- f_G bzw. W_A metallspezifisch. Es gilt: $0 = h \cdot f_G - W_A \Rightarrow f_G = \frac{W_A}{h}$



© **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