



Abitur

**MEHR
ERFAHREN**



Physik

Gymnasium · Gesamthochschule
Hessen

Das musst du können!

STARK

Inhalt

Vorwort

Hinweise zum Prüfungsstoff

1	Statisches elektrisches Feld	1
1.1	Elektrische Feldstärke und elektrisches Potenzial	1
1.2	Homogenes elektrisches Feld – Plattenkondensator	5
1.3	Radiales Feld – Coulombgesetz	10
2	Statisches magnetisches Feld	12
3	Bewegung geladener Teilchen in Feldern	15
3.1	Geladene Teilchen im homogenen elektrischen Feld	15
3.2	Geladene Teilchen im homogenen magnetischen Feld	17
3.3	Geladene Teilchen im E- und B-Feld	19
3.4	Relativistische Massenzunahme	20
3.5	Anwendungen	22
4	Elektromagnetische Induktion	28
4.1	Induktionsgesetz	28
4.2	Lenz'sche Regel – Selbstinduktion	30
5	Schwingungen und Wellen	33
5.1	Mechanische Schwingungen	33
5.2	Elektromagnetische Schwingungen – Schwingkreis	35
5.3	Analogien zwischen elektromagnetischer und mechanischer Schwingung.....	38
5.4	Wellenphänomene	41
5.5	Elektromagnetische Wellen	44
6	Eigenschaften von Quantenobjekten	54
6.1	Teilchencharakter von Photonen	54
6.2	Wellencharakter von Quantenobjekten	59
6.3	Verhalten von Quantenobjekten	61

7	Atomphysik	64
7.1	Linienspektren	64
7.2	Bohr'sches Atommodell	66
7.3	Eindimensionaler Potenzialtopf	73
7.4	Mehrelektronensysteme.....	76
7.5	Röntgenstrahlung	76
7.6	Experimentelle Befunde – Anwendungen	79
8	Kernphysik	83
8.1	Radioaktivität.....	83
8.2	Strahlenbelastung und Strahlenschutz	90
	Stichwortverzeichnis	92

Autor: 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 inkl. Lernvideos (Bestell-Nr. 943028V bzw. 943038V)
- Abitur-Wissen Elektrodynamik (Bestell-Nr. 94331)
- Abitur-Wissen Aufbau der Materie (Bestell-Nr. 94332)

Die offiziellen Prüfungsaufgaben auf grundlegendem und erhöhtem Niveau (Grund- und Leistungskurs) der letzten Jahre mit vollständigen Lösungen sowie viele nützliche und aktuelle Hinweise zu Ablauf und Anforderungen des Landesabiturs enthält der Abiturprüfungsband Physik Hessen (Bestell-Nr. 65300).

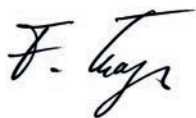
Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

dieses handliche Buch bietet Ihnen einen **Leitfaden** zu allen wesentlichen Inhalten auf grundlegendem und erhöhtem Niveau, die Sie im Physikabitur in Hessen benötigen. Es führt Sie systematisch durch den Abiturstoff der drei Themenbereiche *Elektrisches und magnetisches Feld, Schwingungen und Wellen* sowie *Quanten- und Atomphysik*. 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

2 Statisches magnetisches Feld

Anwendungsgebiete:

- ① Technik: Elektromagnet; Gleichstromelektromotor; Drehspulinstrument; Ablenkspulen
- ② Natur: Erdmagnetfeld; Van-Allen-Gürtel

Magnetische Felder werden durch **Feldlinien** beschrieben, die in jedem ihrer Punkte tangential zum dortigen magnetischen Kraftvektor verlaufen. Magnetische Feldlinien

- sind stets geschlossen, haben also keinen Anfangs- oder Endpunkt;
- kreuzen und berühren sich nicht;
- verlaufen (außerhalb eines Magneten) vom Nord- zum Südpol;
- sind lokal umso dichter, je stärker dort das Magnetfeld ist.

Magnetfelder entstehen in der Gegenwart von **Dauermagneten** (bestehend aus Eisen, Kobalt, Nickel oder Legierungen daraus) oder in der Umgebung eines **stromdurchflossenen** Leiters. Die den magnetischen Feldlinien zugeordnete physikalische Größe ist die **magnetische Flussdichte** („Stärke“ des Magnetfelds). Sie ist durch die Kraft definiert, die ein stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld erfährt.

Magnetische Flussdichte

Die Flussdichte \vec{B} eines magnetischen Felds in einem Punkt P ist gegeben durch einen Vektor, der Betrag und Richtung der magnetischen Kraft \vec{F}_{mag} auf einen von einem elektrischen Strom der Stärke I durchflossenen Leiter der Länge ℓ angibt (Einheit: 1 Tesla):

$$\vec{B} = \frac{\vec{F}_{\text{mag}}}{I \cdot \ell} \quad [B] = 1 \frac{\text{N}}{\text{Am}} = 1 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} = 1 \text{ T}$$

Überlagern sich mehrere magnetische Felder, ergibt sich die Gesamtflussdichte analog zum elektrischen Feld durch **vektorielle Addition** der Einzelflussdichten. Ebenso bezeichnet man ein Magnetfeld als **homogen**, wenn $\vec{B} = \text{konst.}$ Ein homogenes Feld liegt z. B. vor zwischen den Schenkeln eines **Hufeisenmagneten**, im Zentrum eines **Helmholtz-Spulenpaars** oder im Inneren einer langen **Zylinderspule**, durch deren Drahtwindungen ein konstanter Gleichstrom fließt.

Magnetische Flussdichte einer langen Zylinderspule

Das homogene Magnetfeld im Inneren einer stromdurchflossenen Zylinderspule besitzt die Flussdichte

$$\mathbf{B} = \mu_0 \cdot \frac{N}{\ell} \cdot \mathbf{I}.$$

N: Windungszahl

ℓ : Spulenlänge (mit $\ell \gg$ Durchmesser des Spulenquerschnitts)

I: Stärke des Spulenstroms

μ_0 : magnetische Feldkonstante ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$)

Die magnetische Flussdichte \mathbf{B} im Inneren einer langen, stromdurchflossenen Zylinderspule hängt bei sonst gleichen Bedingungen davon ab, ob der Innenraum der Spule mit Materie gefüllt oder evakuiert ist. Die dimensionslose Verhältniszahl

$$\mu_r = \frac{B_{\text{mat}}}{B_{\text{vak}}}$$

heißt **relative Permeabilität**. Sie eignet sich zur Beschreibung der magnetischen Eigenschaften des Füllmaterials.

Das Magnetfeld der Spule ähnelt im Außenraum dem eines **Stabmagneten**. Um sich allgemein die Richtungen der Feldlinien und Kräfte in einem Magnetfeld zu verdeutlichen, verwendet man drei Handregeln:

Handregeln zur Richtungsbestimmung im Magnetfeld

- **Rechte-Faust-Regel:** \vec{B} -Richtung beim stromdurchflossenen Leiter (Feldlinien: konzentrische Kreise in Ebenen senkrecht zum Leiter)
Daumen: \vec{I} (technisch); restliche Finger: \vec{B}
- **Rechte-Hand-Regel:** Polung einer stromdurchflossenen Spule
Daumen: zeigt zum Nordpol; restliche Finger: \vec{I} (technisch)
- **Drei-Finger-Regel der rechten Hand:** Richtung der Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im homogenen Magnetfeld
Daumen: \vec{I} (technisch) Zeigefinger: \vec{B} Mittelfinger: \vec{F}

Dass ein stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld abgelenkt wird, ist ein Spezialfall der Wirkung der **Lorentzkraft**. Sie tritt ganz allgemein immer dann auf, wenn ein geladenes Teilchen sich senkrecht zu den Feldlinien eines Magnetfelds bewegt (vgl. Kap. 3.2, S. 17)

6 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 Unschärferelation: Grundaussage zur prinzipiellen Messbarkeit von Quantengrößen; Abschätzen der statistischen Streuungen von Messgrößen
- ❹ Technik: Elektronenmikroskop; Quantencomputer; Kryptografie

6.1 Teilchencharakter von Photonen

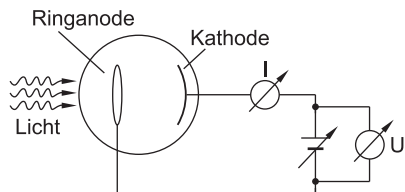
Erster Grundversuch zum Fotoeffekt (qualitativ)

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: bei 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 \rightarrow nötige Austrittsenergie muss erst angehäuft werden Lichtenergie abhängig von der Intensität (\sim 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

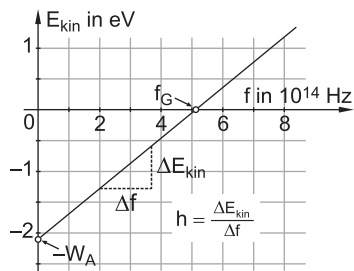
- Licht lässt sich als Strom von **Photonen** deuten, die sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, unteilbar sind und nur als Ganzes erzeugt oder absorbiert werden können.
- Die Energie E_{ph} eines Photons ist direkt proportional zur Lichtfrequenz f , die Proportionalitätskonstante ist das **Planck'sche 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: $0 = h \cdot f_G - W_A \Rightarrow f_G = \frac{W_A}{h}$



Erläutern Sie eine Anordnung zur Bestimmung der maximalen kinetischen Energie von Photoelektronen in Abhängigkeit von der verwendeten Lichtfrequenz mithilfe einer Vakuumfotозelle.

Lösung: Gefragt ist nach der **Gegenfeldmethode**.

Wesentliche Punkte:

- Versuchsaufbau: siehe Skizze zum zweiten Grundversuch (S. 54)
- Licht einer bestimmten Frequenz fällt auf die Kathode der Vakuumfotозelle und löst dort Photoelektronen aus
- Photoelektronen fliegen in Richtung der ringförmigen Anode und treffen diese teilweise → Kathode wird positiv geladen (Elektronenmangel), Ringanode negativ; es fließt ein Strom durch das Ampere-meter zwischen Anode und Kathode.
- Anlegen einer regelbaren Gegenspannung: Einstellung der Spannung U so, dass gerade kein Strom mehr fließt → Die Energie $e \cdot U$ ist der gesuchte Wert für $E_{\text{kin, max}}$.
- Variation der Lichtfrequenz f → Messreihe von $(f | E_{\text{kin, max}})$ -Paaren → f - $E_{\text{kin, max}}$ -Diagramm (Gerade)

Photonen haben zwar keine Ruhemasse, aber eine relativistische Masse $m_{\text{Ph}} = m(c)$ (vgl. Kap. 3.4, S. 20) und wegen $E = m \cdot c^2$ (Energie-Masse-Äquivalenz nach Einstein) den relativistischen Impuls

$$p_{\text{Ph}} = m_{\text{Ph}} \cdot c = \frac{E_{\text{Ph}}}{c^2} \cdot c = \frac{E_{\text{Ph}}}{c} = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h}{\lambda}.$$

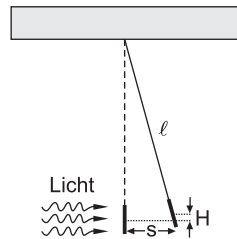
Impuls des Photons

Ein Photon der Wellenlänge λ besitzt den Impuls

$$p = \frac{h}{\lambda}.$$



Ein ideal reflektierender Spiegel der Masse $m = 2,00 \cdot 10^{-5}$ kg hängt an einem dünnen Faden (Länge $\ell = 1,00$ m) und wird mit einem Lichtblitz bestrahlt (Energie 1,00 J, Wellenlänge 693 nm). Bestätigen Sie, dass der Spiegel seitlich um die Strecke $s = 0,11$ mm ausgelenkt wird (Höhenunterschied $H \ll s$).





© **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