

Inhaltsverzeichnis

Organisatorisches	1
Behandelte Themen	1
Literatur	1
0. Einleitung	1
0.1 Vektoranalysis	2
0.2 Anfaenge der Elektrodynamik	2
1. Elektrostatik	3
1.1 Ladung und Coulomb Gesetz	3
1.1.1 Zusammenfassung historischer Beobachtungen	3

Organisatorisches

Behandelte Themen

0. Einleitung 1VL
1. Elektrostatik (ohne zeitliche Veraenderung) 5VL
2. Elektrischer Strom 3VL
3. Statische Magnetfelder 3VL
4. Zeitlich veraendlerliche Felder 4VL
5. Maxwell Gleichungen 1VL
6. Elektrodynamische Schwingungen und Wechselstrom 3VL
7. Elektromagnetische Wellen 3VL
8. Kurzer Einblick in Relativitaet 2VL

Literatur

- Demtroeder, Experimentalphysik II
- Fuer mathematische Grundlagen: Elektrodynamik - Eine Einfuehrung, Griffin

0. Einleitung

- ExPhy II behandelt die Grundlagen der Statik und Dynamik von elektrischen Ladungen, Magnetfeldern und elektromagnetischen Wellen
- Ein Grossteil der Elektrostatik & Elektrodynamik kann in den sogenannten **Maxwell-Gleichungen** zusammengefasst werden

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}, \quad (\text{S}) \quad (1)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad (\text{D}) \quad (2)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \frac{1}{c^0} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \quad (\text{D}) \quad (3)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0, \quad (\text{S}) \quad (4)$$

wobei c : Lichtgeschwindigkeit, μ_0 : Magnetische feldkonstante, ϵ_0 : Elektrische Feldkonstante. Hier steht S fuer Statik und D fuer Dynamik.

Zusaetlich wird die **Lorentzkraft**

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (5)$$

dafuer genutzt.

In dieser Vorlesung naehern wir und dem Verstaendnis dieser Gleichungen langsam.

- Maxwell Gleichungen Gl. 1 sind die grundlegenden Axiome der Elektrodynamik
- Im statischen Fall ($\vec{B}, \vec{E}, \rho, \vec{j}$ aendern sich nicht mit der Zeit) entkoppeln die Gleichungen die \vec{E} und \vec{B}
- Elektrizitaet und Magnetismus sind getrennt solange Stroeme und Ladungen statisch sind

Unterschied zwischen ruhenden und bewegten Ladungen wird anhand Lorentzkraft Gl. 5 klar.

Rechte-Handregel:

\vec{v} : Technische Stromrichtung (Daumen)

\vec{B} : Magnetische Feldstaerke (Zeigefinger)

\vec{F} : Kraftrichtung (Mittelfinger)

0.1 Vektoranalysis

\vec{E}, \vec{B} sind Vektorfelder, d.h an jedem Raumpunkt ist ein Vektor spezifiziert.

Divergenz eines Vektorfeldes ist Skalarprodukt vom Nabla-Operator $\vec{\nabla} = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right)$ mit dem Vektorfeld

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z}$$

diese trifft eine Aussage ueber das „Auseinanderdriften“ oder die Quellstaerke an einem Punkt.

Die Rotation ist als Vektorprodukt des Nabla-Operators mit einem Vektorfeld definiert

$$\vec{\nabla} \times \vec{e} = \text{rot}(\vec{E}) = \sum_{i,j,k} \varepsilon_{i,j,k} \frac{\partial}{\partial x_i} E_j \hat{e}_k = \left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z}, \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x}, \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right)$$

sie stellt den Grad der „Verwirbelungen oder die Wirbelstaerke eines Feldes am einem Punkt dar.

Der Gradient einer skalaren Funktion $f(x, y, z)$ besteht aus den drei partiellen Ableitungen

$$\vec{\nabla} f = \text{grad}(f) = \left(\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z} \right).$$

Weitere Details und Anwendungen auf \vec{E} & \vec{B} Vektorfelder in Uebung & Vorlesung.

0.2 Anfaenge der Elektrodynamik

Geschichtlich fielen drei Phaenomene der Elektrodynamik auf, ohne dass Zusammenhaenge dazwischen eraht wurden.

1. Licht
2. Elektrizitaet
3. Magnetismus

Diese wurden von verschiedenen Personen zu verschiedenen Zeiten entdeckt.

- Erste Gesetzmaessigkeiten des Lichts (Licht nimmt immer den kuerzesten Weg): Heron v. Alexandria (ca. 60 n.Chr.)
- Elektrizitaet: Thales von Milet (600 n. Chr.), geriebener Bernstein (griechisch: „electron“) zieht leichte Koerper an
- Magnetismus: Petrus Peregrinu (1269) fuehrte erste Beobachtungen zu magnetischen Feldlinien durch
- Gilbert (1544-1605) erkannte wichtigen Unterschied zu \vec{E} & \vec{B} Feldern: Magnete rufen Drehwirkung hervor, elektrische Kraft aeussert sich als Anziehungs-Kraft

Fuer weitere geschichtliche Entwicklung z.B. siehe Geschichte der Elektrizitaet, H. Bortias.

1. Elektrostatik

1.1 Ladung und Coulomb Gesetz

1.1.1 Zusammenfassung historischer Beobachtungen

1. Es existieren zwei verschiedene Ladungen (+,-), diese koennen durch ihre kraftwirkung aufeinander und Ablenkung in elektischen Feldern unterschieden werden.
2. Ladungen gleichen Vorzeichens stossen sich ab. Ladungen mit unterschiedlichen Vorzeichen ziehen sich an (**Unterschied** zur immer attraktiven Gravitation)
3. Ladungen sind an Teilchen gebunden, insbesondere Elektronen (e^-) und Protonen (p^+) dessen Ladung sich nicht mit der Geschwindigkeit aendert
4. Ladung der Elektronen und Protonen stellt die kleinste frei beobachtete Ladungen dar (Ausnahmen stellen kurzlebige Teilchen dar)