

Zur Vorlesung

Voraussetzungen: Einführung in die Theoretische Physik (SS05, Prof. Mecke), Kursvorlesungen Mathematik. Abgestimmt mit der Vorlesung “Theoretische Physik I: Mechanik”, Prof. Mecke.

Vorlesungsort und -zeit: _____ Vorlesung, _____ Übungen.

Lernziele: Frühe Einbindung der Elektrodynamik ins Curriculum. Einführung in die theoretischen Konzepte und mathematischen Methoden der klassischen Elektrodynamik und Grundlagen der relativistischen Feldtheorie. Schwerpunkt auf im weiteren Studium relevante Prinzipien und Beispiele.

1. Grundgleichungen der Elektrodynamik

Wiederholung Feldbegriff und Vektoranalysis – Interpretation der Maxwell’schen Gleichungen

2. Elektrostatik

Poisson-Gleichung – Green’sche Funktionen – Randwertprobleme – Kugelflächenfunktionen – kartesische und sphärische Multipolmomente

3. Magnetostatik

Biot-Savart’sches Gesetz – magnetischer Dipol

4. Elektrodynamik als relativistische Feldtheorie

Relativistisches Punktteilchen – Eichfelder und Eichungen – Grundlagen der Lagrangemechanik der Kontinua – Lagrangeformalismus der Elektrodynamik – Energiebilanz

5. Strahlende Systeme

Wellengleichung – ebene Wellen – retardierte Potentiale – Strahlungsmultipole – Abstrahlung von bewegten Ladungen

Konzept: “Kommentierende Vorlesung”, d.h. Ausarbeiten zentraler Punkte in der Vorlesung, die paralleles Literaturstudium begleitet. Auf der Vorlesungs-Homepage werden konkrete Literaturangaben zur Vorbereitung auf die nächste Stunde und zur weiterführenden Lektüre angegeben.

Geschätzte Gesamtzeit für Vor- und Nachbereitung inklusive Übungen: ca. 6 SWS.

Übungen: 2 SWS gemischte Präsenz-, Plenar- und Hausübungen. Integraler Bestandteil der Vorlesung, also aktive Teilnahme unabdingbar. Übungen dauern solange, bis alle Fragen geklärt sind. Die Übungsblätter werden in der Vorlesung verteilt und am darauffolgenden Übungstermin besprochen. Keine Musterlösungen.

Einige Aufgaben werden die Benutzung eines numerischen und graphischen Programmes voraussetzen, z.B. Maple, Mathematica, Matlab, Fortran, Assembler oder C(++).

Website für Literaturhinweise, aktuelle Informationen und pdf-Files der Übungen:

http://theorie3.physik.uni-erlangen.de/lectures/ws2005_2006/griesshammer/EDkompakt.html

Sprechstunde: Ich stehe für Fragen, Diskussionen und Anregungen jederzeit gerne zur Verfügung, besonders aber Montag nachmittags zwischen 13 und 16 Uhr in meinem Zimmer: B2.02.701, Tel. 852-8475, Email hgrie@theorie3.physik.uni-erlangen.de oder hgrie@ph.tum.de [sic!].

Kleine Literaturliste:

Zum Nachschlagen und Vorlernen der benötigten Mathematik:

[M1.] S. Großmann: Mathematischer Einführungskurs für die Physik; Teubner, 24.95€.

[M2.] G.B. Arfken and H.J. Weber: Mathematical Methods for Physicists, 4th edition; Academic Press, weniger als 40€. Aber wer braucht mehr?

Fortsetzung nächste Seite

Zur Elektrodynamik:

- [1.] L.D. Landau und E.M. Lifschitz: Klassische Feldtheorie [Lehrbuch der Theoretischen Physik, Band II]; Harri Deutsch, 34.80€. Beste Darstellung, aber hartes Brot. Unverzichtbar für Theoretiker; die zweite Hälfte des Bandes ist nicht vorlesungsrelevant.
- [2.] J.D. Jackson: Klassische Elektrodynamik, 3. Auflage; W. de Gruyter, 68€. *Ca. 15€ billiger im englischen Original* bei John Wiley: Gute Englischübung. Der unverzichtbare Klassiker.
- [3.] T. Fließbach: Elektrodynamik [Lehrbuch zur Theoretischen Physik, Band II]; Spektrum, 24,95€. Gut zum Einstieg.
- [4.] W. Nolting: Elektrodynamik [Grundkurs: Theoretische Physik, Band 3]; Springer, 39.95€. Gut zum Einstieg.

Maßeinheiten in der Elektrodynamik sind kein Ruhmesblatt der Metrologie. Es existieren fünf "große" Einheitensysteme und diverse Varianten, die alle nebeneinander oder sogar miteinander innerhalb eines Teilgebietes des Physik verwendet werden. Die Vorlesung benutzt – wie fast jedes Lehrbuch der theoretischen Elektrodynamik – das GAUß'SCHE (CGS) SYSTEM, das nur mit drei Grundeinheiten Zentimeter, Gramm und Sekunde arbeitet und die Schreibearbeit in Formeln minimiert (kein ϵ_0 , μ_0 , kaum ein π etc.). Nach internationaler Konvention ist das Standardsystem das der sieben SI-Grundeinheiten m, kg, s, A, K, rad und cd, die Sie aus der Schule gewohnt sind. Obwohl die physikalische Interpretation einer Formel einheitenunabhängig ist, muß der Anwender natürlich z.B. wissen, bei welchem Stromfluß ein Widerstand nun durchbrennt.

Durch Betrachtung von zwei Grundgleichungen der Elektrodynamik, die \vec{E} und eine Kombination von \vec{E} und \vec{B} enthalten, läßt sich das verwendete System glücklicherweise eindeutig bestimmen. Unten je zwei solche Gleichungen, mit Zahlenwerten und Einheiten im SI- und Gauß-System. Ausführlicher sind diverse Systeme z.B. im Anhang von Jackson: Elektrodynamik erläutert.

Größe	Gauß'sches cgs-System	Syst. Int. d'Unitès SI
el. Feldstärke Punktladung Q	$\frac{Q}{r^2}$	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$
Lorentz-Kraft \vec{F}	$Q (\vec{E} + \frac{1}{c} \vec{v} \times \vec{B})$	$Q (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$
Gauß'sches Gesetz (Maxwell I)	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 4\pi \rho$	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho$
Faraday'sches Induktionsgesetz (Maxwell II)	$\vec{\nabla} \times \vec{E} + \frac{1}{c} \dot{\vec{B}} = 0$	$\vec{\nabla} \times \vec{E} + \dot{\vec{B}} = 0$
Elementarladung q	$1.6022 \times 10^{-20} \tilde{c} \underbrace{\text{g}^{\frac{1}{2}} \text{cm}^{\frac{3}{2}} \text{s}^{-1}}_{\text{electrostatic units (esu)}}$	$1.6022 \times 10^{-19} \text{Coulomb (C)}$
Dielektrizitätskonstante des Vakuums ϵ_0	1 (dimensionslos)	$\frac{10^7}{4\pi c^2} \frac{\text{A}^2 \text{s}^2}{\text{kg m}} = \frac{1}{\mu_0 c^2}$
Permeabilität des Vakuums μ_0	1 (dimensionslos)	$4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{kg m}}{\text{A}^2 \text{s}^2}$
Einheit Potential (Φ, \vec{A})	$\frac{10^8}{\tilde{c}} \underbrace{\text{g}^{\frac{1}{2}} \text{cm}^{\frac{1}{2}} \text{s}^{-1}}_{\text{statvolt=erg esu}}$	= 1 Volt (V)
Einheit el. Feldstärke \vec{E}	$\frac{10^6}{\tilde{c}} \underbrace{\text{g}^{\frac{1}{2}} \text{cm}^{-\frac{1}{2}} \text{s}^{-1}}_{\text{statvolt cm}^{-1}=\text{dyn esu}}$	= 1 $\frac{\text{V}}{\text{m}}$
Einheit mag. Induktion \vec{B}	$10^4 \underbrace{\text{g}^{\frac{1}{2}} \text{cm}^{-\frac{1}{2}} \text{s}^{-1}}_{\text{Gauß (G)}}$	= 1 Tesla (T)

$c = 2.997\,924\,58 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$: Vakuum-Lichtgeschwindigkeit;

$\tilde{c} = 2.997\,924\,58 \times 10^{10}$: num. Umrechnungsfaktor: Vakuum-Lichtgeschw. in cgs-Einheiten [cm s^{-1}].