

Elektrodynamik I (136.015)

Daniel Grumiller, Andreas Ipp, Andreas Schmitt

Institut für Theoretische Physik (FH, 10. Stock)
TU Wien

http://www.itp.tuwien.ac.at/index.php/Elektrodynamik_I

Sommersemester 2014



grumil@hep.itp.tuwien.ac.at

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} + \mathbf{J}$$

Übersicht

Administratives

Modus und Personen

Termine und Daten

Beurteilung und Notenschlüssel

Erste Tutoriumsbeispiele

Stoff der Vorlesung Elektrodynamik I

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Literatur

Übersicht

Administratives

Modus und Personen

Termine und Daten

Beurteilung und Notenschlüssel

Erste Tutoriumsbeispiele

Stoff der Vorlesung Elektrodynamik I

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Literatur

Modus und Personen

VU, besteht aus Vorlesung und Übung

- ▶ Vorlesung (3h, Daniel Grumiller)
- ▶ Übungsplenum (1h, Andreas Schmitt)
- ▶ Tutorien mit Anwesenheitspflicht (1h, Andreas Ipp + TutorInnen)

Modus und Personen

VU, besteht aus Vorlesung und Übung

- ▶ Vorlesung (3h, Daniel Grumiller)
- ▶ Übungsplenum (1h, Andreas Schmitt)
- ▶ Tutorien mit Anwesenheitspflicht (1h, Andreas Ipp + TutorInnen)

Anmeldung zu Tutorien: <http://tiss.tuwien.ac.at>

Anmeldung möglich seit Mi, 26.2., 12:00

Link zur Vorlesungsseite:

http://www.itp.tuwien.ac.at/index.php/Elektrodynamik_I

Voraussetzungen: Methoden der Theoretischen Physik

Termine und Daten

Stundenplan (gültig ab 3.3.2014):

- ▶ Mo, 9:00-10:00, FH HS 6, Vorlesung (Daniel Grumiller)
- ▶ Mi, 9:00-10:00, FH HS 6, Übungsplenum (Andreas Schmitt)
- ▶ Do, 10:00-10:15, FH HS 6, Zeit für Fragen (Daniel Grumiller)
- ▶ Do, 10:15-11:45, FH HS 6, Vorlesung (Daniel Grumiller)
- ▶ Fr, 11:00-12:00 (eine Gruppe: 12:00-13:00), Tutorien (Andreas Ipp + TutorInnen); Ort hängt von Gruppe ab

Termine und Daten

Stundenplan (gültig ab 3.3.2014):

- ▶ Mo, 9:00-10:00, FH HS 6, Vorlesung (Daniel Grumiller)
- ▶ Mi, 9:00-10:00, FH HS 6, Übungsplenum (Andreas Schmitt)
- ▶ Do, 10:00-10:15, FH HS 6, Zeit für Fragen (Daniel Grumiller)
- ▶ Do, 10:15-11:45, FH HS 6, Vorlesung (Daniel Grumiller)
- ▶ Fr, 11:00-12:00 (eine Gruppe: 12:00-13:00), Tutorien (Andreas Ipp + TutorInnen); Ort hängt von Gruppe ab

Testtermine:

- ▶ Erster Test: Fr, 2.5., 14:00-16:00
- ▶ Zweiter Test: Fr, 20.6., 14:00-16:00
- ▶ (Nachtest: Oktober)

Keine Unterlagen oder elektronischen Geräte bei Tests

Beurteilung und Notenschlüssel

Beiträge zur Note:

- 20% Theorieteil Test I
- 20% Rechenbeispiele Test I
- 20% Theorieteil Test II
- 20% Rechenbeispiele Test II
- 20% Tutorienbeispiele

Notenschlüssel:

- 1 [88,100]
- 2 [75,88)
- 3 [62,75)
- 4 [50,62)
- 5 [0,50) oder nicht erfüllt

Nachtest kann schlechteren/wegen Krankheit versäumten Test ersetzen

Für positive Note müssen folgende Kriterien erfüllt sein:

- ▶ Mindestens 50% der Gesamtpunkte (siehe Notenschlüssel)
- ▶ Mindestens 20% auf jeden der beiden Tests
- ▶ Mindestens 50% der Tutorienbeispiele angekreuzt (2 Streichresultate)

Berufstätige: eigener Modus; e-mail an ipp@hep.itp.tuwien.ac.at
bis spätestens 06.03. (mit kurzer Darstellung beruflicher Situation)

Erste Tutoriumsbeispiele

- ▶ Kreuzerlliste per TUWEL
- ▶ Jeweils bis spätestens Freitag, 9:00 (strikt)
- ▶ Tutorien beginnen diese Woche
- ▶ Erste Beispiele für diesen Freitag (7.3.)
- ▶ Aktuelle Beispiele: <https://tuwel.tuwien.ac.at/course/view.php?id=5442>

Erste Tutoriumsbeispiele

- ▶ Kreuzerlliste per TUWEL
- ▶ Jeweils bis spätestens Freitag, 9:00 (strikt)
- ▶ Tutorien beginnen diese Woche
- ▶ Erste Beispiele für diesen Freitag (7.3.)
- ▶ Aktuelle Beispiele: <https://tuwel.tuwien.ac.at/course/view.php?id=5442>

Administrative Fragen?

Stoff dieser Vorlesung

Leitmotiv:

Symmetrien + Vereinheitlichung

Stoff dieser Vorlesung

Leitmotiv:

Symmetrien + Vereinheitlichung

- ▶ Spezielle Relativitätstheorie
- ▶ Relativistische Kinematik
- ▶ Maxwellgleichungen
- ▶ Elektrostatik
- ▶ Multipolentwicklung
- ▶ Elektrische Felder in Materie
- ▶ Magnetismus und elektrische Ströme
- ▶ Elektromagnetische Wellen
- ▶ Optik

Übersicht

Administratives

Modus und Personen

Termine und Daten

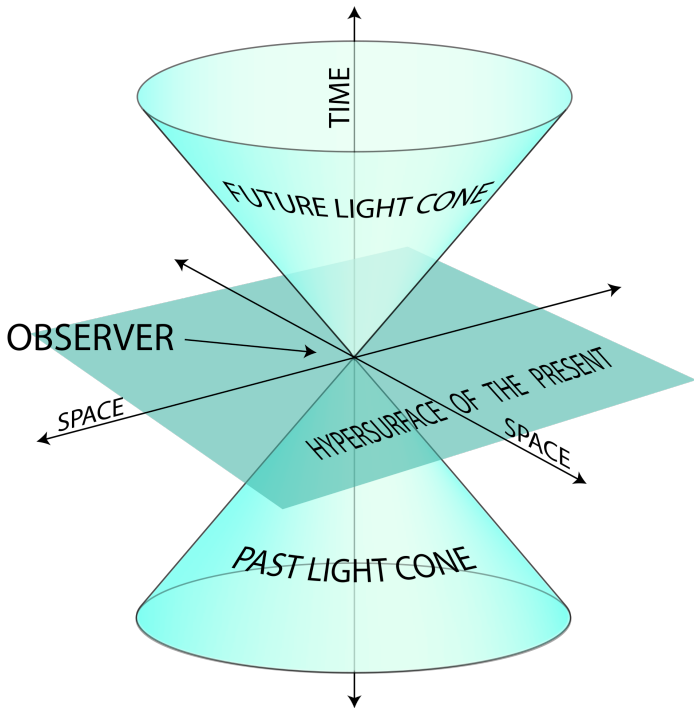
Beurteilung und Notenschlüssel

Erste Tutoriumsbeispiele

Stoff der Vorlesung Elektrodynamik I

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Literatur



Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Vorgeschichte und “klassische” Periode:

–550 Pythagoras $t^2 + x^2 = s^2$

–300 Euklid *Elemente*

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Vorgeschichte und “klassische” Periode:

–550 Pythagoras $t^2 + x^2 = s^2$

–300 Euklid *Elemente*

1687 Isaac Newton *Philosophiae naturalis principia mathematica*, absolute Zeit

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Vorgeschichte und “klassische” Periode:

–550 Pythagoras $t^2 + x^2 = s^2$

–300 Euklid *Elemente*

1687 Isaac Newton *Philosophiae naturalis principia mathematica*, absolute Zeit

1873 James Maxwell, Maxwellgleichungen (erste relativistisch invarianten Gleichungen, Vereinheitlichung von Elektrizitätslehre, Magnetismus, Optik, Wellenphänomene)

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Vorgeschichte und “klassische” Periode:

- 550 Pythagoras $t^2 + x^2 = s^2$
- 300 Euklid *Elemente*
- 1687 Isaac Newton *Philosophiae naturalis principia mathematica*, absolute Zeit
- 1873 James Maxwell, Maxwellgleichungen (erste relativistisch invarianten Gleichungen, Vereinheitlichung von Elektrizitätslehre, Magnetismus, Optik, Wellenphänomene)
- 1887 Michelson–Morley Experiment
- 1887 Woldemar Voigt findet Lorentztransformationen (1899 Hendrik Lorentz)

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Vorgeschichte und “klassische” Periode:

- 550 Pythagoras $t^2 + x^2 = s^2$
- 300 Euklid *Elemente*
- 1687 Isaac Newton *Philosophiae naturalis principia mathematica*, absolute Zeit
- 1873 James Maxwell, Maxwellgleichungen (erste relativistisch invarianten Gleichungen, Vereinheitlichung von Elektrizitätslehre, Magnetismus, Optik, Wellenphänomene)
- 1887 Michelson–Morley Experiment
- 1887 Woldemar Voigt findet Lorentztransformationen (1899 Hendrik Lorentz)
- 1905 Albert Einstein’s “annus mirabilis”: *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, Spezielle Relativitätstheorie, $E = mc^2$

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Vorgeschichte und “klassische” Periode:

- 550 Pythagoras $t^2 + x^2 = s^2$
- 300 Euklid *Elemente*
- 1687 Isaac Newton *Philosophiae naturalis principia mathematica*, absolute Zeit
- 1873 James Maxwell, Maxwellgleichungen (erste relativistisch invarianten Gleichungen, Vereinheitlichung von Elektrizitätslehre, Magnetismus, Optik, Wellenphänomene)
- 1887 Michelson–Morley Experiment
- 1887 Woldemar Voigt findet Lorentztransformationen (1899 Hendrik Lorentz)
- 1905 Albert Einstein’s “annus mirabilis”: *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, Spezielle Relativitätstheorie, $E = mc^2$
- 1908 Hermann Minkowski *Space and Time lectures*, Minkowski-Raumzeit

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Vorgeschichte und “klassische” Periode:

- 550 Pythagoras $t^2 + x^2 = s^2$
- 300 Euklid *Elemente*
- 1687 Isaac Newton *Philosophiae naturalis principia mathematica*, absolute Zeit
- 1873 James Maxwell, Maxwellgleichungen (erste relativistisch invarianten Gleichungen, Vereinheitlichung von Elektrizitätslehre, Magnetismus, Optik, Wellenphänomene)
- 1887 Michelson–Morley Experiment
- 1887 Woldemar Voigt findet Lorentztransformationen (1899 Hendrik Lorentz)
- 1905 Albert Einstein’s “annus mirabilis”: *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, Spezielle Relativitätstheorie, $E = mc^2$
- 1908 Hermann Minkowski *Space and Time lectures*, Minkowski-Raumzeit
- 1915 Einsteingravitation “Allgemeine Relativitätstheorie”, Einstein–Hilbert Wirkung, gekrümmte Raumzeit

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Neuzeit:

- 1928 Diracgleichung (relativistische Quantenmechanik für Fermionen), Vorhersage von Antimaterie
- 1932 Carl Anderson, Entdeckung des Positrons (Antiteilchen des Elektrons)

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Neuzeit:

- 1928 Diracgleichung (relativistische Quantenmechanik für Fermionen), Vorhersage von Antimaterie
- 1932 Carl Anderson, Entdeckung des Positrons (Antiteilchen des Elektrons)
- 1946 Tomonaga, Schwinger, Feynman, Dyson: Quantenelektrodynamik (QED, Vereinheitlichung von Relativitätstheorie, Quantenmechanik und Maxwellscher Feldtheorie)

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Neuzeit:

- 1928 Diracgleichung (relativistische Quantenmechanik für Fermionen), Vorhersage von Antimaterie
- 1932 Carl Anderson, Entdeckung des Positrons (Antiteilchen des Elektrons)
- 1946 Tomonaga, Schwinger, Feynman, Dyson: Quantenelektrodynamik (QED, Vereinheitlichung von Relativitätstheorie, Quantenmechanik und Maxwellscher Feldtheorie)
- 1967 Glashow, Salam, Weinberg: Vereinheitlichung zu elektroschwacher Eichtheorie (QED plus schwache Wechselwirkung plus Higgs)

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Neuzeit:

- 1928 Diracgleichung (relativistische Quantenmechanik für Fermionen), Vorhersage von Antimaterie
- 1932 Carl Anderson, Entdeckung des Positrons (Antiteilchen des Elektrons)
- 1946 Tomonaga, Schwinger, Feynman, Dyson: Quantenelektrodynamik (QED, Vereinheitlichung von Relativitätstheorie, Quantenmechanik und Maxwellscher Feldtheorie)
- 1967 Glashow, Salam, Weinberg: Vereinheitlichung zu elektroschwacher Eichtheorie (QED plus schwache Wechselwirkung plus Higgs)
- 1973 Harald Fritzsch und Murray Gell-Mann: Quantenchromodynamik (Verallgemeinerung der QED zur Eichtheorie starken Wechselwirkung)
- 1973 Politzer, Gross und Wilczek: asymptotische Freiheit in QCD
- 1974 Name "Standardmodell" geprägt (John Iliopoulos?)

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Neuzeit:

- 1928 Diracgleichung (relativistische Quantenmechanik für Fermionen), Vorhersage von Antimaterie
- 1932 Carl Anderson, Entdeckung des Positrons (Antiteilchen des Elektrons)
- 1946 Tomonaga, Schwinger, Feynman, Dyson: Quantenelektrodynamik (QED, Vereinheitlichung von Relativitätstheorie, Quantenmechanik und Maxwellscher Feldtheorie)
- 1967 Glashow, Salam, Weinberg: Vereinheitlichung zu elektroschwacher Eichtheorie (QED plus schwache Wechselwirkung plus Higgs)
- 1973 Harald Fritzsch und Murray Gell-Mann: Quantenchromodynamik (Verallgemeinerung der QED zur Eichtheorie starken Wechselwirkung)
- 1973 Politzer, Gross und Wilczek: asymptotische Freiheit in QCD
- 1974 Name "Standardmodell" geprägt (John Iliopoulos?)
- 1974 Julius Wess und Bruno Zumino: Supersymmetrie (Erweiterung der Lorentzsymmetrie)
- 1976 Ferrara, Freedman und Nieuwenhuizen: Supergravitation (Vereinheitlichung von Supersymmetrie mit Gravitation)

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Moderne:

1984 Green, Schwarz und Witten: Superstrings (Vereinheitlichung von Quantenfeldtheorien mit Quantengravitation)

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Moderne:

1984 Green, Schwarz und Witten: Superstrings (Vereinheitlichung von Quantenfeldtheorien mit Quantengravitation)

2000 Präzisions-GPS für Zivilnutzer

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Moderne:

- 1984 Green, Schwarz und Witten: Superstrings (Vereinheitlichung von Quantenfeldtheorien mit Quantengravitation)
- 2000 Präzisions-GPS für Zivilnutzer
- 2008 gyromagnetischer Faktor des Elektrons (Experiment):

$$\frac{g_e^{\text{exp}}}{2} = 1.00115965218073 \pm 0.000000000000028$$

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Moderne:

1984 Green, Schwarz und Witten: Superstrings (Vereinheitlichung von Quantenfeldtheorien mit Quantengravitation)

2000 Präzisions-GPS für Zivilnutzer

2008 gyromagnetischer Faktor des Elektrons (Experiment):

$$\frac{g_e^{\text{exp}}}{2} = 1.00115965218073 \pm 0.000000000000028$$

2009 Fermi-LAT bestätigt Lorentz-Invarianz bis $E > 3E_{\text{Planck}}$

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Moderne:

1984 Green, Schwarz und Witten: Superstrings (Vereinheitlichung von Quantenfeldtheorien mit Quantengravitation)

2000 Präzisions-GPS für Zivilnutzer

2008 gyromagnetischer Faktor des Elektrons (Experiment):

$$\frac{g_e^{\text{exp}}}{2} = 1.00115965218073 \pm 0.000000000000028$$

2009 Fermi-LAT bestätigt Lorentz-Invarianz bis $E > 3E_{\text{Planck}}$

2012 gyromagnetischer Faktor des Elektrons (Theorie):

$$\frac{g_e^{\text{th}}}{2} = 1.00115965218178 \pm 0.000000000000077$$

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Moderne:

1984 Green, Schwarz und Witten: Superstrings (Vereinheitlichung von Quantenfeldtheorien mit Quantengravitation)

2000 Präzisions-GPS für Zivilnutzer

2008 gyromagnetischer Faktor des Elektrons (Experiment):

$$\frac{g_e^{\text{exp}}}{2} = 1.00115965218073 \pm 0.000000000000028$$

2009 Fermi-LAT bestätigt Lorentz-Invarianz bis $E > 3E_{\text{Planck}}$

2012 gyromagnetischer Faktor des Elektrons (Theorie):

$$\frac{g_e^{\text{th}}}{2} = 1.00115965218178 \pm 0.000000000000077$$

2012 Entdeckung des Higgsteilchens am LHC am CERN (letzter Baustein des Standardmodells)

Übersicht

Administratives

Modus und Personen

Termine und Daten

Beurteilung und Notenschlüssel

Erste Tutoriumsbeispiele

Stoff der Vorlesung Elektrodynamik I

Geschichte der speziellen Relativitätstheorie

Literatur

Arendt

Heine

Luther

Kant

Seghers

Hegel

Gebrüder Grimm

Marx

Böll

Schiller

Lessing

Hesse

Fontane

Literatur

Vorlesungsrelevante Literatur:

- ▶ Testrelevanter Stoff definiert durch Vorlesungsvortrag und Skriptum
- ▶ Skriptenverkauf heute und nächsten Montag

Weiterführende Literatur:

- ▶ W. Greiner, *Klassische Elektrodynamik*, Verlag Harri Deutsch.
- ▶ J.D. Jackson, *Classical Electrodynamics*, John Wiley & Sons.
- ▶ H. Römer und M. Forger, *Elementare Feldtheorie. Elektrodynamik, Hydrodynamik, Spezielle Relativitätstheorie*, Wiley.

Literatur

Vorlesungsrelevante Literatur:

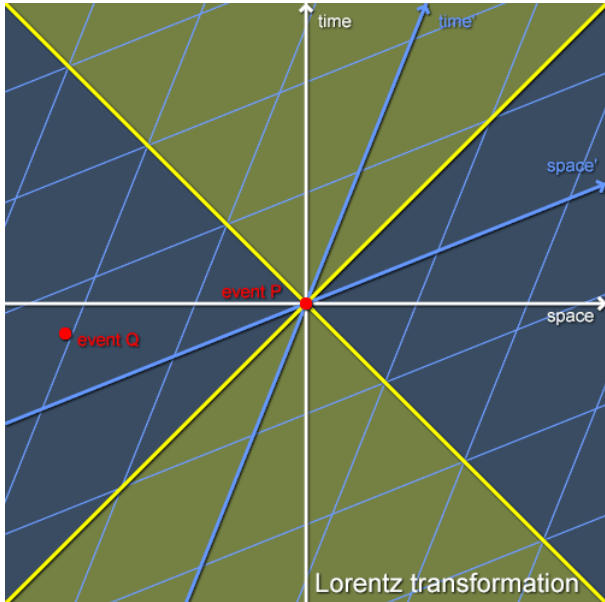
- ▶ Testrelevanter Stoff definiert durch Vorlesungsvortrag und Skriptum
- ▶ Skriptenverkauf heute und nächsten Montag

Weiterführende Literatur:

- ▶ W. Greiner, *Klassische Elektrodynamik*, Verlag Harri Deutsch.
- ▶ J.D. Jackson, *Classical Electrodynamics*, John Wiley & Sons.
- ▶ H. Römer und M. Forger, *Elementare Feldtheorie. Elektrodynamik, Hydrodynamik, Spezielle Relativitätstheorie*, Wiley.

Zur Erinnerung, die nächsten Schritte:

- ▶ **Skriptenverkauf: jetzt, 15 € Druckkosten**
- ▶ Anmeldung zu Tutorien: seit Mi, 26.2. 12:00
- ▶ Erstes Übungsplenum: Mi, 5.3., 9:00-10:00
- ▶ Nächste Vorlesung: Do, 6.3., 10:15-11:45
- ▶ Erste Kreuzerl für Beispiele: bis Fr, 7.3., 9:00
- ▶ Erste Tutorien: Fr, 7.3., 11:00-12:00



Bis zum nächsten Mal!

http://webphysics.davidson.edu/physlet_resources/special_relativity/default.html