

Theoretische Physik III (Lehramt)

Prof. Dr. J. Pawlowski, Dr. E. Thommes

Übungsblatt 4

Summe der Punkte: 20

Abgabe am Donnerstag, dem 12.05.2011 zu Beginn der Vorlesung.**Aufgabe 4.1** *Vektorpotential, Eichfreiheit***(6 Punkte)**

- a) Beweisen Sie die Identität

$$\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{A}(\vec{x})) = \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{A})(\vec{x}) - \Delta \vec{A}(\vec{x})$$

- b) Zeigen Sie, dass Sie die Eichfreiheit des Vektorpotentials
- $\vec{A}(\vec{x})$
- immer dazu benutzen können, die Gleichung

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{A}(\vec{x}) = 0$$

zu erfüllen.

Aufgabe 4.2 *Vektorpotential***(6 Punkte)**Es sei $\vec{j}(\vec{x})$ eine stationäre Stromdichteverteilung, die ganz im Endlichen liegt bzw. die im Unendlichen genügend stark abfällt.

- a) Berechnen Sie das Magnetfeld
- $\vec{B}(\vec{x}) = \vec{\nabla} \times \vec{A}(\vec{x})$
- ausgehend von

$$\vec{A}(\vec{x}) = \frac{1}{c} \int d^3x' \frac{\vec{j}(\vec{x}')}{|\vec{x} - \vec{x}'|}$$

- b) Zeigen Sie dann durch explizites Nachrechnen, dass

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B}(\vec{x}) = 0$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B}(\vec{x}) = \frac{4\pi}{c} \vec{j}(\vec{x})$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{A}(\vec{x}) = 0$$

Aufgabe 4.3 *Unendlich langer, dicker Draht***(8 Punkte)**Ein unendlich langer, gerader dicker Draht von einem Radius R wird homogen vom Strom durchflossen (d.h. \vec{j} ist im gesamten Leitungsquerschnitt konstant). Bestimmen Sie innerhalb und außerhalb des Drahtes

- a) das Vektorpotential
- $\vec{A}(\vec{x})$

- b) das Magnetfeld
- $\vec{B}(\vec{x})$
- .

James Clerk Maxwell

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

James Clerk Maxwell (eigentlich *James Clerk*; * 13. Juni 1831 in Edinburgh; † 5. November 1879 in Cambridge) war ein schottischer Physiker. Er entwickelte einen Satz von Gleichungen (die Maxwell’schen Gleichungen), welche die Grundlagen der Elektrizitätslehre und des Magnetismus bilden. Zudem entdeckte er die Geschwindigkeitsverteilung von Gasmolekülen (Maxwell-Verteilung). Er veröffentlichte die erste Farb fotografie als Nachweis für die Theorie der additiven Farbmischung.

Maxwell war der letzte Repräsentant der jüngeren Linie der bekannten schottischen Familie Clerk of Penicuik. Mit 27 heiratete er Katherine Mary Dewar. Die Ehe blieb kinderlos. Maxwell starb im Alter von 48 Jahren in Cambridge an Magenkrebs.



James Clerk Maxwell

Inhaltsverzeichnis

- 1 Bedeutung
- 2 Leben
 - 2.1 Frühe Jahre
 - 2.2 Mittlere Jahre
 - 2.2.1 Kinetische Gastheorie
 - 2.2.2 Elektromagnetismus
 - 2.3 Späte Jahre
- 3 Ehrungen
- 4 Veröffentlichungen
- 5 Siehe auch
- 6 Einzelnachweise
- 7 Literatur
- 8 Weblinks

Bedeutung

Maxwell wird im Allgemeinen als der Naturwissenschaftler des 19. Jahrhunderts angesehen, der den größten Einfluss auf die Physik des 20. Jahrhunderts hatte, indem er Beiträge zu den grundlegenden Naturmodellen lieferte. 1931 zum hundertsten Jahrestag von Maxwells Geburt, beschrieb Albert Einstein das Werk Maxwells als „das Tiefste und Fruchtbare, das die Physik seit Newton entdeckt hat“.

Algebra mit Elementen der Geometrie zu vereinen, ist ein Grundzug seines Werks. Maxwell zeigte, dass elektrische und magnetische Kräfte zwei sich ergänzende Erscheinungen des Elektromagnetismus sind. Er zeigte, dass sich elektrische und magnetische Felder in Form von elektromagnetischen Wellen mit einer konstanten Geschwindigkeit von etwa 3·10⁸ m/s durch den Raum bewegen können, was genau der Lichtgeschwindigkeit entspricht. Er postulierte, dass das Licht eine Form von elektromagnetischer Strahlung sei.

Leben

Frühe Jahre

Maxwell wurde als einziges Kind des Rechtsanwalts John Clerk Maxwell aus Edinburgh in der India-Street 14 in der schottischen Hauptstadt Edinburgh geboren. Maxwells frühe Erziehung, die auch das Bibelstudium umfasste, wurde ihm durch seine christliche Mutter zuteil. Seine frühe Jugend verbrachte er zumeist auf dem Familienitz Glenlair bei Dumfries. Maxwells Mutter starb, als er erst 8 Jahre alt war. Später ging Maxwell zur Edinburgh-Academy. Sein Spitzname in der Schule war „Dafy“ (Dussel oder Sonderling). Er bekam ihn, weil er am ersten Schultag selbstgemachte Schuhe trug. 1845, im Alter von 14 Jahren, schrieb Maxwell eine Arbeit, die den Weg beschreibt, mit einer Schnur mathematische Kurven zu zeichnen.

Mittlere Jahre



1847 schrieb sich Maxwell an der Universität Edinburgh ein und studierte Naturphilosophie, Moralphilosophie und mentale Philosophie. In Edinburgh studierte er bei Sir William Hamilton, 18-jährig, immer noch Student in Edinburgh, schrieb er zwei Beiträge für die *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, von denen einer, *On the Equilibrium of Elastic Solids* (Über das Gleichgewicht von elastischen Festkörpern), die Grundlage für eine einzigartige Entdeckung in seinem späteren Leben legte, die zeitweilige Doppelbrechung in viskosen Flüssigkeiten durch Scherkräfte.

1850 wechselte Maxwell zur Universität Cambridge. Zuerst schrieb er sich am Peterhouse ein, ging dann aber zum Trinity-College, weil er glaubte, hier leichter ein Stipendium zu bekommen. Am Trinity-



Maxwell 1855 in Cambridge, in der Hand die Farbscheibe seiner ersten optischen Experimente.

bei seinem Tutor William Hopkins, dessen Spitzname „Wrangler-maker“ war („Wrangler“ sind Studenten, die die mathematische Prüfung am besten bestehen). Einen großen Teil der Ausarbeitungen seiner elektromagnetischen Gleichungen vollendete Maxwell, als er noch Student ohne Abschluss war.

1854 schloss Maxwell sein Studium mit der zweitbesten Mathematikprüfung seines Jahrgangs ab. Direkt nach seinem Studienabschluss veröffentlichte er eine wissenschaftliche Abhandlung *On Faraday’s Lines of Force* (*Über Faradays Kraftlinien*), in der er einen ersten Hinweis auf seine elektrischen Forschungen gab, die im bedeutendstem Werk seines Lebens ihren Höhepunkt finden sollten.

Von 1855 bis 1872 veröffentlichte er in Abständen eine Serie von wertvollen Forschungen im Zusammenhang mit dem Farbschein und der Farblindheit, für die er 1860 mit der Rumford-Medaille der Royal Society ausgezeichnet wurde. Die Instrumente, die er für diese Forschungen benutzte, waren einfach und zweckdienlich (z. B. Farbkreisel).

1856 wurde Maxwell auf den Lehrstuhl für Naturphilosophie am Marischal College in Aberdeen berufen, den er bis zur Zusammenlegung der beiden Colleges im Jahre 1860 innehatte.

1859 gewann er den Adams-Preis in Cambridge für einen originellen Aufsatz mit dem Titel „*On the Stability of Saturn’s Rings*“ (Über die Stabilität der Saturn-Ringe), in dem er zu dem Schluss kam, die Ringe könnten nicht gänzlich fest oder flüssig sein. Maxwell zeigte, dass eine Stabilität nur herrschen könne, wenn die Ringe aus zahlreichen kleinen Festkörpern bestehen. Er wiederlegte auch mathematisch die Nebeltheorie, die besagt, dass sich Galaxien durch die fortschreitende Kondensation von gasförmigen Nebeln bilden. Nach seiner Theorie sind dafür Anteile kleiner Festkörper notwendig. 1860 wurde Maxwell Professor am King’s College in London. 1861 wurde er als Mitglied („Fellow“) in die Royal Society gewählt. Er arbeitete in dieser Zeit über elastische Körper und reine Geometrie.

Kinetische Gastheorie

Eine von Maxwells wichtigsten Forschungen beschäftigte sich mit der kinetischen Gastheorie. Beginnend mit Daniel Bernoulli wurde diese Theorie weiter ausgearbeitet durch die folgenden Untersuchungen von John Herapath, John James Waterston, James Prescott Joule und besonders durch Rudolf Clausius. Sie erreichte eine solche Vollkommenheit, dass ihre Vorhersagegenauigkeit sie über jeden Zweifel erhaben machte. Maxwell, der sich auf diesem Gebiet als glänzender Experimentator und Theoretiker zeigte, entwickelte sie überlegen weiter.

Im Jahre 1865 verlegte Maxwell seinen Wohnsitz nach Glenlair in Kirkcudbrightshire, auf das Landgut, das von seinem Vater John Clerk Maxwell geerbt hatte.

1868 verzichtete er auf den Lehrstuhl für Physik und Astronomie am King’s College in London.

1860 formulierte er die später von Ludwig Boltzmann verallgemeinerte kinetische Gastheorie. Seine Formel, genannt Maxwell-Verteilung, berechnet den Anteil von Gasmolekülen, die sich bei einer gegebenen Temperatur mit einer bestimmten Geschwindigkeit bewegen. In der kinetischen Gastheorie bewirken Temperatur und Druck die Bewegung der Moleküle. Diese Annäherung an den Forschungsgegenstand verallgemeinerte die vorhergehenden Gesetze der Thermodynamik und erklärte die Beobachtungen und Experimente genauer. Maxwells Arbeiten über Thermodynamik führten ihn zu einem Gedankenexperiment, das unter dem Namen „maxwellscher Dämon“ bekannt wurde.

Elektromagnetismus

Der größte Teil von Maxwells Lebenswerk war der Erforschung der Elektrizität gewidmet. Maxwells wichtigster Beitrag war die Ausarbeitung und mathematische Formulierung von früheren Forschungen über Elektrizität und Magnetismus durch Michael Faraday, André-Marie Ampère und anderen in einem System miteinander verknüpfter Differentialgleichungen. Anfangs waren es 20 Gleichungen, die später durch die Vektorschreibweise zusammengefasst wurden. Diese Gleichungen, die heute insgesamt als Maxwellgleichungen (oder manchmal als „Maxwells wunderbare Gleichungen“) bezeichnet werden, wurden erstmals 1864 in der Royal Society veröffentlicht. Zusammen beschreiben sie das Verhalten sowohl von elektrischen als auch magnetischen Feldern, sowie ihre Wechselwirkung mit Materie. Darüber hinaus sagte Maxwell Wellen von schwingenden elektrischen und magnetischen Feldern voraus, die sich durch den leeren Raum bewegen. Die Geschwindigkeit konnte er aus einfachen elektrischen Experimenten vorhersagen; indem er die Daten benutzte, die damals zur Verfügung standen, berechnete er die Ausbreitungsgeschwindigkeit zu 310.740.000 m/s. Maxwell schrieb 1864:^[1]

„This velocity is so nearly that of light, that it seems we have strong reason to conclude that light itself (including radiant heat, and other radiations if any) is an electromagnetic disturbance in the form of waves propagated through the electromagnetic field according to electromagnetic laws.“

„Diese Geschwindigkeit ist so nahe an der Lichtgeschwindigkeit, dass wir einen starken Grund zu der Annahme haben, dass das Licht selbst (einschließlich Wärmestrahlung und anderer

bestraht) unsterblich und unermüdet der unermüdeten räumlichen, die quantitative Veranung zwischen Licht und Elektromagnetismus wird als ein großer Triumph der Physik des 19. Jahrhunderts angesehen. Zu dieser Zeit glaubte Maxwell, die Ausbreitung des Lichtes erfordere ein Medium, in welchem die Wellen sich fortpflanzen könnten. Über dieses Mediums, das Lichtäther genannt wurde, verfasste Maxwell einen 1878 in der Encyclopædia Britannica erschienen Eintrag mit folgender Zusammenfassung am Ende:^[2] ^[3]

„Welche Schwierigkeiten wir auch haben, um eine konsistente Vorstellung der Beschaffenheit des Äthers zu entwickeln: Es kann keinen Zweifel geben, dass der interplanetarische und interstellare Raum nicht leer ist, sondern dass beide von einer materiellen Substanz erfüllt sind, die gewiss die umfangreichste und vermutlich einheitlichste Materie ist, von der wir wissen.“

Im Laufe der Zeit ergaben sich jedoch immer größere Schwierigkeiten, die Existenz eines solchen Mediums, das den ganzen Raum erfüllte, aber durch mechanische Mittel unauffindbar war, mit den Ergebnissen der Experimente wie z. B. dem Michelson-Morley-Experiment in Einklang zu bringen. Darüber hinaus schien es ein absolutes Bezugssystem, in welchem die Gleichungen gültig waren, zu benötigen. Dies hätte zur Folge gehabt, dass die Gleichungen für einen bewegten Beobachter eine andere Form gehabt hätten. Diese Schwierigkeit regte Einstein zur Formulierung der speziellen Relativitätstheorie an und in diesem Prozess verneinte Einstein die Notwendigkeit eines Lichtäthers.

Späte Jahre



James und Katherine Maxwell, 1869.

„Für seine Forschungen über die Zusammensetzung der Farben und andere Beiträge zur Optik“ wurde er von der Royal Society 1860 mit der Rumford-Medaille ausgezeichnet; ein Jahr darauf wurde er als Mitglied („Fellow“) in die Royal Society gewählt.

Er schrieb ein Lehrbuch über die Theorie der Wärme (1871) und eine exzellente einführende Abhandlung über Körper und Bewegung (1876). Im Jahre 1871 wurde er zum ersten Cavendish Professor of Physics nach Cambridge berufen. Maxwell überwachte den Aufbau des Cavendish-Laboratoriums. Er beaufsichtigte jeden Schritt beim Bau des Gebäudes und beim Einkauf der wertvollen Gerätesammlung, mit der das Laboratorium dank des großzügigen Gründers, des 7. Dukes of Devonshire, ausgestattet wurde. Einer der letzten großen Beiträge Maxwells zur Wissenschaft war die Auswertung der Forschungen von Henry Cavendish. Dabei kam heraus, dass sich Cavendish unter anderem mit Fragen über die mittlere Dichte der Erde und die Zusammensetzung des Wassers beschäftigt hatte.

Maxwell hat die Ergebnisse von vorhergehenden elektromagnetischen und optischen Experimenten und Beobachtungen in einer Serie von mathematischen Gleichungen zusammengefasst. Diese Gleichungen (wie auch die Maxwellverteilung) haben sich seitdem in der Physik als außerordentlich nützlich erwiesen. Sie haben sich in allen Fällen bewährt und einige neue Gesetze des Elektromagnetismus und der Optik hervorgebracht, die wichtigsten aber elektromagnetische Strahlung. Die Gleichungen sind grundlegend für Radio und Fernsehen und können für die Untersuchung von Röntgenstrahlung, Gammastrahlung und Infrarotstrahlung und andere Formen von Strahlung benutzt werden. „Das Leben James Clerk Maxwell“ wurde von seinem Klassenkameraden und lebenslangem Freund, Professor Lewis Campbell, 1882 veröffentlicht. Seine gesammelten Werke, einschließlich der Serie von Artikeln über die Eigenschaften von Materie wurden in zwei Bänden von der Cambridge University Press 1890 herausgegeben.

Ehrungen

Zu seinen Ehren ist die (veraltete) cgs-Einheit des magnetischen Flusses mit „Maxwell“ (Einheitenzeichen M) benannt worden. Eine Gebirgskette auf der Venus, Maxwell Montes, wurde nach ihm benannt, da diese durch die von ihm postulierten elektromagnetischen Wellen (Radar-Beobachtungen) entdeckt wurde.^[4] Außerdem trägt das James Clerk Maxwell Telescope auf dem Mauna Kea, das größte Teleskop der Welt für elektromagnetische Strahlung zwischen Infrarot und Mikrowellen mit einem Durchmesser von 15 m seinen Namen. Auch ein Mondkrater ist nach James C. Maxwell benannt.

Ihn zu Ehren ist der James-Clerk-Maxwell-Preis für Plasmaphysik und die Maxwell-Medaille benannt.

Veröffentlichungen

- The scientific letters and papers of *James Clerk Maxwell*, ed. by P.M. Harman, Cambridge University Press, 1990-2002.
 - Vol. 1: 1846–1862 ISBN 0-521-25625-9
 - Vol. 2: 1862–1873 ISBN 0-521-25626-7 hardback
 - Vol. 3: 1874–1879 ISBN 0-521-25627-5
- James Clerk Maxwell, *On the Description of Oval Curves, and those having a plurality of Foci* . Procedure of the Royal Society of Edinburgh, Vol. ii, 1846.
- James Clerk Maxwell: *Illustrations of the Dynamical Theory of Gases*. 1860.
- James Clerk Maxwell: *On Physical Lines of Force*. 1861.

Wikisource: A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field (1864) – Quellen und Volltexte (Englisch)

- alternativ auf den Seiten der Royal Society (http://rstl.royalsocietypublishing.org/content/155/459.full.pdf) (PDF)

- James Clerk Maxwell: *Theory of Heat*. 1871.

Einzelnachweise

- ↑ James Clerk Maxwell: *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*. 1864 eingesehen und dann veröffentlicht in: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (155), 1865, S. 459-512

Wikisource: Letter to George Peacock proposing the formation of a committee to consider the question of Volvtexte (Englisch)

- James Clerk Maxwell: *Molecules* (http://www.theoria.nyu.edu/cgi/landow/victorian/science/text/molecules.html) . Nature, September, 1873.
- James Clerk Maxwell: *On the Results of Bernoulli’s Theory of Gases as Applied to their Internal Friction, their Diffusion, and their Conductivity for Heat*.

Siehe auch

- Maxwell’sche Gleichungen der Elektrodynamik
- Maxwell-Relationen der Thermodynamik
- Maxwell-Boltzmann-Verteilung
- Maxwell-Brücke
- Maxwellscher Dämon
- Funktechnik
- Amateurfunk
- Funkamateuer

Einzelnachweise

- Maxwell, James Clerk: *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*. 1864 eingesehen und dann veröffentlicht in: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (155), 1865, S. 459-512
- Gesamter Originaltext von Maxwells Eintrag über den Äther in der Encyclopædia Britannica, Ninth Edition auf Wikisource
- Zitiert und im historischen Zusammenhang dargestellt in: Leonard Mlodinow: *Das Fenster zum Universum, Eine kleine Geschichte der Geometrie* (Original: *Euclid’s Window*), Campus Verlag 2002, ISBN 3-593-36931-1 – Teil 4, *Die Geschichte von Einstein*, Seiten 171–177.
- Venus – Maxwell Montes (http://www.nasaimages.org/luna/serveit/detail/nasaNAS-4-4-15404-118192:Venus---Maxwell-Montes-and-Cleopatra?qvq=q:maxwell+montes;lc:nasaNAS-20-20-50NA2-50-50NA2-28-28NA2A-32-32NA2-37-37NA2+on+nasaimages.org (abgerufen 20. April 2010)

Literatur

- Quirin Engasser (Hrsg.): *Grosse Männer der Weltgeschichte, 1000 Biographien in Wort und Bild*. Neuer Kaiser Verlag, Klagenfurt 1987, ISBN 3-7043-3065-5, S. 298

Weblinks

- Commons: James Clerk Maxwell** (http://commons.wikimedia.org/wiki/James_Clerk_Maxwell?uselang=de) – Album mit Bildern und/oder Videos und Audiodateien
- Wikisource: James Clerk Maxwell** – Quellen und Volltexte (Englisch)
- Wikiquote: James Clerk Maxwell** – Zitate

- Literatur von und über James Clerk Maxwell (https://portal.d-nb.de/opaac.htm?query=Woe%3D11873220X&method=simpleSearch) im Katalog der Deutschen Nationalbibliothek
- Biografie (http://www.dgpt.org/de/biografien.html&cid=2006&aid=303) bei der *Deutschen Gesellschaft für Post- und Telekommunikationsgeschichte* (http://www.dgpt.org/DE/uerberuns.php)
- Digitalisierte Werke von Maxwell (http://nam-sed.univ-strasbg.fr:8080/view/authors/Maxwell,,James_Clerk.html) – SICD der Universitäten von Strasbourg

Dieser Artikel wurde am 25. Juli 2005 in dieser Version (http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=James_Clerk_Maxwell&id=7855973) in die Liste der lesenswerten Artikel aufgenommen.

Normdaten: PND: 11873220X (http://d-nb.info/gnd/11873220X) | LCCN: wt98089636 (http://enl.oclc.org/author/n98089636.html) | VIAF: 64037507 (http://viaf.org/via/64037507) | WP-Personeninfo (http://toolservr.org/-apper/pdf/person/James_Clerk_Maxwell) | Von http://de.wikipedia.org/wiki/James_Clerk_Maxwell
Kategorien: Wikipedia:Lesenswert | Physiker (19. Jahrhundert) | Personalität der Elektrotechnik | Fotopionier | Hochschullehrer (Cambridge) | Hochschullehrer (King’s College London) | Hochschullehrer (Aberdeen) | Mitglied der Royal Society of Edinburgh | Mitglied der Royal Society | Brite | Schotte | Geboren 1831 | Gestorben 1879 | Mann

- Diese Seite wurde zuletzt am 10. April 2011 um 18:27 Uhr geändert.
- Der Text ist unter der Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike“ verfügbar; zusätzliche Bedingungen können anwendbar sein. Einzelheiten sind in den Nutzungsbedingungen beschrieben. Wikipeidias ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.