

Einführung

Inhalt I

Geschichte der Maxwell-Gleichung

- Faradays Untersuchungen
- Maxwells Gleichungen
- Einstins Interpretation

Maxwell'sche Gleichung und Lösungen

- Einleitung
- Elektrostatik
- Magnetostatik
- Licht

Nutzen der Maxwell-Gleichung

Quellen

Einführung
└ Geschichte der Maxwell-Gleichung
 └ Faradays Untersuchungen

Geschichte der Maxwell-Gleichung

Faradays Untersuchungen

- ▶ 1831-1838: Faraday untersuchte Elektrizität und Magnetismus

Einführung
└ Geschichte der Maxwell-Gleichung
 └ Faradays Untersuchungen

Geschichte der Maxwell-Gleichung

Faradays Untersuchungen

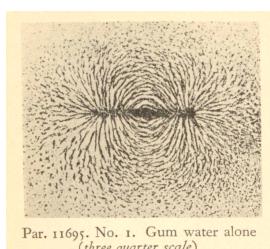
- ▶ 1831-1838: Faraday untersuchte Elektrizität und Magnetismus



Abbildung: M. Faraday

Einführung
└ Geschichte der Maxwell-Gleichung
 └ Faradays Untersuchungen

Geschichte der Maxwell-Gleichung Faradays Zeichnungen



Par. 11695, No. 1. Gum water alone
(three quarter scale)

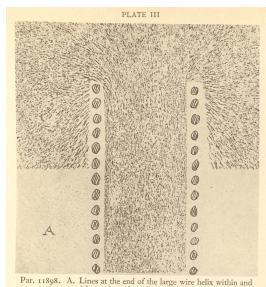
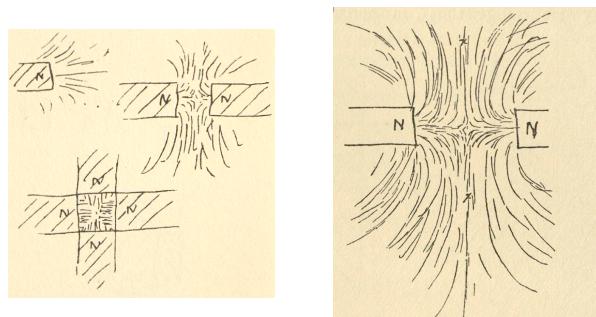


PLATE III
Par. 11898. A. Lines at the end of the large wire helix within and without—in a plane through the axis

Einführung
└ Geschichte der Maxwell-Gleichung
 └ Faradays Untersuchungen

Geschichte der Maxwell-Gleichung

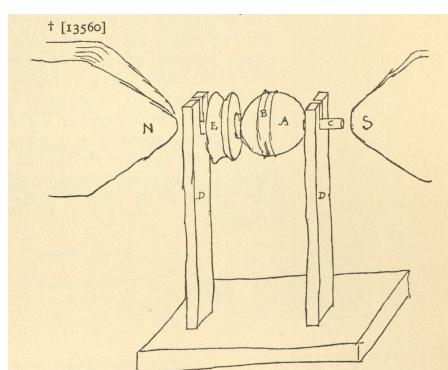
Faradays Zeichnungen



Einführung
└ Geschichte der Maxwell-Gleichung
 └ Faradays Untersuchungen

Geschichte der Maxwell-Gleichung

Faradays Zeichnungen



Einführung
└ Geschichte der Maxwell-Gleichung
 └ Maxwells Gleichungen

Geschichte der Maxwell-Gleichung

Maxwells Gleichungen

- ▶ Erarbeitet von 1861-1864

[Einführung](#)
└ [Geschichte der Maxwell-Gleichung](#)
 └ [Maxwells Gleichungen](#)

Geschichte der Maxwell-Gleichung

[Maxwells Gleichungen](#)

- ▶ Erarbeitet von 1861-1864



[Abbildung:](#) J. C. Maxwell

Geschichte der Maxwell-Gleichung

Maxwells Gleichungen

Equation of Free Electricity

$$e + \frac{df}{dx} + \frac{dg}{dy} + \frac{dh}{dz} = 0. \quad (\text{G})$$

Equations of Magnetic Force

$$\left. \begin{aligned} \mu\alpha &= \frac{dH}{dy} - \frac{dG}{dz} \\ \mu\beta &= \frac{dF}{dz} - \frac{dH}{dx} \\ \mu\gamma &= \frac{dG}{dx} - \frac{dF}{dy} \end{aligned} \right\}. \quad (\text{B})$$

Geschichte der Maxwell-Gleichung Maxwells Gleichungen

Equations of Electromotive Force

$$\left. \begin{aligned} P &= \mu \left(\gamma \frac{dy}{dt} - \beta \frac{dz}{dt} \right) - \frac{dF}{dt} - \frac{d\psi}{dx} \\ Q &= \mu \left(\alpha \frac{dz}{dt} - \gamma \frac{dx}{dt} \right) - \frac{dG}{dt} - \frac{d\psi}{dy} \\ R &= \mu \left(\beta \frac{dx}{dt} - \alpha \frac{dy}{dt} \right) - \frac{dH}{dt} - \frac{d\psi}{dz} \end{aligned} \right\}. \quad (\text{D})$$

Geschichte der Maxwell-Gleichung Maxwells Gleichungen

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\gamma}{dy} - \frac{d\beta}{dz} &= 4\pi p' \\ \frac{d\alpha}{dz} - \frac{d\gamma}{dx} &= 4\pi q' \\ \frac{d\beta}{dx} - \frac{d\alpha}{dy} &= 4\pi r' \end{aligned} \right\} \quad (C)$$
$$\left. \begin{aligned} p' &= p + \frac{df}{dt} \\ q' &= q + \frac{dg}{dt} \\ r' &= r + \frac{dh}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (A)$$

Geschichte der Maxwell-Gleichung

Die Gleichung

$$\begin{aligned}\operatorname{div} \vec{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} & \operatorname{div} \vec{B} &= 0 \\ \operatorname{rot} \vec{E} &= -\dot{\vec{B}} & \operatorname{rot} \vec{B} &= \mu_0 \vec{j} + \epsilon_0 \mu_0 \dot{\vec{E}}\end{aligned}$$

Einführung
└ Geschicht der Maxwell-Gleichung
 └ Einsteins Interpretation

Geschichte der Maxwell-Gleichung

Einsteins Interpretation

- ▶ Erarbeitet im Annus mirabilis 1905

Einführung
└ Geschichte der Maxwell-Gleichung
 └ Einsteins Interpretation

Geschichte der Maxwell-Gleichung Einsteins Interpretation

- ▶ Erarbeitet im Annus mirabilis 1905



Abbildung: A. Einstein

Einführung
└ Geschichte der Maxwell-Gleichung
 └ Einsteins Interpretation

Geschichte der Maxwell-Gleichung

Einsteins Interpretation

3. Zur Elektrodynamik bewegter Körper; von A. Einstein.

Daß die Elektrodynamik Maxwell's — wie dieselbe gegenwärtig aufgefaßt zu werden pflegt — in ihrer Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien führt, welche den Phänomenen nicht anzuhafte scheinen, ist bekannt. Man denke z. B. an

$$\tau = t \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

Einleitung

Anwendungsbereiche

- ▶ Die Maxwell'schen Gleichungen bieten mehrere Lösungen:

Einleitung

Anwendungsbereiche

- ▶ Die Maxwell'schen Gleichungen bieten mehrere Lösungen:
 - ▶ Elektrostatik (Coulomb-Gesetz)

Einleitung

Anwendungsbereiche

- ▶ Die Maxwell'schen Gleichungen bieten mehrere Lösungen:
 - ▶ Elektrostatik (Coulomb-Gesetz)
 - ▶ Magnetostatik

Einleitung

Anwendungsbereiche

► Die Maxwell'schen Gleichungen bieten mehrere Lösungen:

- ▶ Elektrostatik (Coulomb-Gesetz)
- ▶ Magnetostatik
- ▶ Elektrodynamik

Einleitung

Anwendungsbereiche

- ▶ Die Maxwell'schen Gleichungen bieten mehrere Lösungen:
 - ▶ Elektrostatik (Coulomb-Gesetz)
 - ▶ Magnetostatik
 - ▶ Elektrodynamik
 - ▶ Licht

Einleitung

Anwendungsbereiche

- ▶ Die Maxwell'schen Gleichungen bieten mehrere Lösungen:
 - ▶ Elektrostatik (Coulomb-Gesetz)
 - ▶ Magnetostatik
 - ▶ Elektrodynamik
 - ▶ Licht
 - ▶ Relativitätstheorie

Einleitung

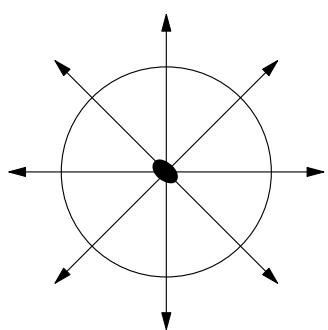
Anwendungsbereiche

- ▶ Die Maxwell'schen Gleichungen bieten mehrere Lösungen:
 - ▶ Elektrostatik (Coulomb-Gesetz)
 - ▶ Magnetostatik
 - ▶ **Elektrodynamik**
 - ▶ Licht
 - ▶ Relativitätstheorie

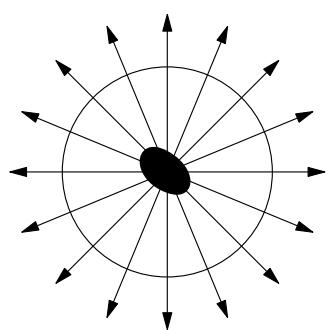
Elektrostatik
Die Gleichung

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

Elektrostatik
Veranschaulichung



Elektrostatik
Veranschaulichung



Elektrostatik
Die Lösung

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \rightarrow \boxed{??} \rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

Magnetostatik

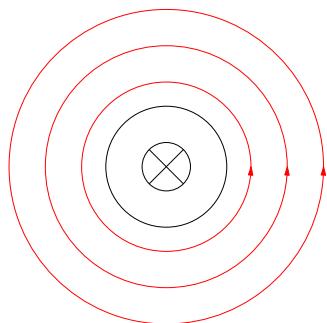
Die Gleichung

$$\operatorname{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$$

Einführung
└ Maxwell'sche Gleichung und Lösungen
 └ Magnetostatik

Magnetostatik

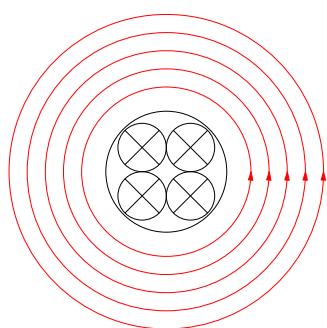
Veranschaulichung



Einführung
└ Maxwell'sche Gleichung und Lösungen
 └ Magnetostatik

Magnetostatik

Veranschaulichung



Magnetostatik
Die Lösung

$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 \vec{j} \rightarrow \boxed{??} \rightarrow B = \mu_0 I \frac{1}{r}$$

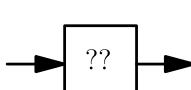
$$\square \vec{B} = 0$$
$$\square \vec{E} = 0$$

Licht

Die Lösung

$$\begin{aligned}\square \vec{E} &= 0 & E &= E_0 \sin(2\pi c \frac{t}{\lambda} + 2\pi \frac{x}{\lambda}) \\ \square \vec{B} &= 0 & B &= B_0 \sin(2\pi c \frac{t}{\lambda} + 2\pi \frac{x}{\lambda})\end{aligned}$$

??



Einführung
└ Maxwell'sche Gleichung und Lösungen
 └ Licht

Licht
Veranschaulichung

JAVA-Veranschaulichung

Einführung
└ Nutzen der Maxwell-Gleichung

Nutzen der Maxwell-Gleichung
Überblick

Einführung
└ Nutzen der Maxwell-Gleichung

Nutzen der Maxwell-Gleichung
Überblick

► Ladungserhaltung

Nutzen der Maxwell-Gleichung

Überblick

- ▶ Ladungserhaltung
- ▶ Licht

Nutzen der Maxwell-Gleichung

Überblick

- ▶ Ladungserhaltung
- ▶ Licht
- ▶ Relativitätstheorie

Nutzen der Maxwell-Gleichung

Überblick

- ▶ Ladungserhaltung
- ▶ Licht
- ▶ Relativitätstheorie
- ▶ Generator

Quellen
Quellen

- ▶ Vorlesung Einführung in die theo. Physik II
- ▶ Faradays diary
- ▶ A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field
- ▶ Wikipedia
- ▶ <http://www.mathematik.tu-darmstadt.de/~bruhn/Original-MAXWELL.htm>