
Tutorium SS 19

Jan Herdieckerhoff und Mirjam Bourgett

April 2019

E-Mailadressen

- mirjam.bourgett@tu-dortmund.de
- jan.herdieckerhoff@tu-dortmund.de

Kurzfragen

- Nenne 5 Eigenschaften von Feldlinien und ihr Bedeutung.

Kurzfragen

- Nenne 5 Eigenschaften von Feldlinien und ihr Bedeutung.
- Wie sieht der Feldlinienverlauf bei einer metallischen Hohlkugel mit Radius R aus in der sich eine Ladung Q bei $R/2$ befindet?

Kurzfragen

- Nenne 5 Eigenschaften von Feldlinien und ihr Bedeutung.
- Wie sieht der Feldlinienverlauf bei einer metallischen Hohlkugel mit Radius R aus in der sich eine Ladung Q bei $R/2$ befindet?
- Wie sieht das Feld außen aus? Gibt es ein Feld außen?

Kurzfragen

- Nenne 5 Eigenschaften von Feldlinien und ihr Bedeutung.
- Wie sieht der Feldlinienverlauf bei einer metallischen Hohlkugel mit Radius R aus in der sich eine Ladung Q bei R/2 befindet?
- Wie sieht das Feld außen aus? Gibt es ein Feld außen?
- Was ist DIE Aussage vom Gaußschen Gesetz für Magnetfelder also:

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

- Was könnte man als analoges Gesetz zum Coulombgesetz der Elektrostatik in der Magnetostatik nennen?

Kurzfragen

- Erkläre für deine Eltern tauglich die Größen Gradient, Divergenz und Rotation.

Kurzfragen

- Erkläre für deine Eltern tauglich die Größen Gradient, Divergenz und Rotation.
- Was sagt das Faradaysche Induktionsgesetz aus?

Kurzfragen

- Erkläre für deine Eltern tauglich die Größen Gradient, Divergenz und Rotation.
- Was sagt das Faradaysche Induktionsgesetz aus?
- Wie kann sich der magnetische Fluss ändern?

Kurzfragen

- Erkläre für deine Eltern tauglich die Größen Gradient, Divergenz und Rotation.
- Was sagt das Faradaysche Induktionsgesetz aus?
- Wie kann sich der magnetische Fluss ändern?
- Was ist die Ursache für den Verschiebungsstrom?

Aufgabe 1 - Divergenz, Rotation und Gradient

Gegeben sei der allgemeine Ortsvektor \vec{r} mit $r := |\vec{r}|$ und $r > 0$. Berechnen Sie:

(a) $\vec{\nabla}(x^2 + xz - z^2 + 3xyz)$

(b) $\vec{\nabla} \cdot [20xz - 2x^2 + 8x, 2e^z - 1 + y(\sin^2(xyz) + \{e^{xyz} + i^3 \sin(xyz)\}^2), \ln(y^7) + 46xz + 33z + 11z^2]^\top$

(c) $\vec{\nabla} \times (2y - 4, 4z, x^2 + y^2 + z^2)^\top$

(d) $\vec{\nabla} r$

(e) $\vec{\nabla} \times \vec{r}$

(f) $\vec{\nabla} \cdot \vec{r}$

(g) $\vec{\nabla} \frac{1}{r}$

(h) $\vec{\nabla} \cdot (\frac{1}{r^2} \vec{e}_r)$

Aufgabe 2 - Durchschlagfeldstärke von Luft

Bei der Durchschlagfeldstärke von ca. $3 \cdot 10^6 \text{ V/m}$ werden freie Elektronen in der Luft so stark beschleunigt, dass sie umgebende Moleküle ionisieren. Die Luft wird dadurch leitfähig.

- (a) Wie viel Ladung kann auf einer Kugel mit einem Durchmesser von 20 cm maximal gesammelt werden, bevor an ihrer Oberfläche die Durchschlagfeldstärke erreicht wird?
- (b) Stellen Sie sich einen Gewitterblitz als gerade, beliebig dünne Linie mit konstanter linearer Ladungsdichte (Ladung pro Länge) vor. In welchem Radius würde er die Luft ionisieren, wenn seine Ladungsdichte $\lambda = 1 \cdot 10^{-3} \text{ C/m}$ betragen würde?

Aufgabe 3 - Elektrische Ladung der Erde

Nahe der Erdoberfläche kann ein elektrisches Feld nachgewiesen werden. Es ist vertikal nach unten gerichtet und beträgt im Mittel 150 N/C (mit starken zeitlichen und örtlichen Schwankungen).

- (a) Berechnen Sie mithilfe des Gaußschen Gesetzes die durchschnittliche Flächenladungsdichte an der Erdoberfläche, wenn man die Erde als leitende Kugel auffasst.
- (b) Wie groß wäre demnach die Gesamtladung der Erde (mittlerer Erdradius $r_E = 6371 \text{ km}$)?
- (c) Zwei Kugeln der Masse 100 g werden aus einer Höhe von 2 m fallengelassen. Eine ist elektrisch neutral, die andere trägt eine Ladung von $+100 \mu\text{C}$. Welche Kugel fällt schneller und um wie viel unterscheidet sich die Fallzeit? Vernachlässigen Sie den Luftwiderstand.

Aufgabe 4 - Gewitterwolke

Eine Gewitterwolke mit 17 km^2 Gesamtfläche schwebt in 900 m Höhe über der Erdoberfläche. Die Wolke bildet zusammen mit der Erdoberfläche einen Plattenkondensator.

- (a) Berechnen Sie die Kapazität dieses Plattenkondensators (die begrenzende Fläche auf der Erde sei gleich der Wolkenfläche).
- (b) Wie groß kann die Ladung der Gewitterwolke werden, bis sich der Kondensator über einen Blitz entlädt? Die Durchschlagsfeldstärke von Luft beträgt $3 \cdot 10^6 \text{ V/m}$.
- (c) Der Kondensator wird, wenn er die kritische Spannung erreicht, durch einen Blitz vollständig entladen. Welcher mittlere Strom in Ampere ($1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$) fließt zur Erde, wenn der Blitz 1 ms dauert?