

Vorlesungsskript

Elektrodynamik

Inhaltsverzeichnis

1. Worum geht es in der Elektrodynamik?	1
1.1. Plan der Vorlesung	2

1. Worum geht es in der Elektrodynamik?

In der klassischen Mechanik:

fundamentale Konzepte: Länge, Zeit, Masse

—→ Trägheit + Gravitation

Newtonsche Bew. gl.: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$, $\vec{F} = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \vec{e}_r$ wobei $\underbrace{\vec{r}(t)}_{\substack{\text{Ort} \\ \text{Zeit}}} \Rightarrow \vec{a} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \ddot{\vec{r}}$

comment(Zeichung 2D system mit massepunkt, e eingezeichnet)

Lagrange-Funktion:

—→ Wirkung

$$S = \int dt L(\vec{r}, \dot{\vec{r}})$$

N Teilchen $\vec{r}_i(t)$, $i = 1, \dots, N$

$$L(\vec{r}_i, \dot{\vec{r}}_i) = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m_i |\dot{\vec{r}}_i|^2 - V(\vec{r}_i)$$

$$V(\vec{r}_i) = -\frac{G}{2} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^N \frac{m_i m_j}{|\vec{r}_i - \vec{r}_j|}$$

Neue fundamentale Größe:

- elektrische Ladung q (positiv oder negativ)
- gequantelt mit Elementarladung e

$$q = n \cdot e, n \in \mathbb{Z}$$

$$q > 0 \text{ (Proton, Positron, } n = +1)$$

$$q < 0 \text{ (Elektron, } n = -1)$$

Coulomb-Gesetz: Kraft zwischen elektrisch geladenen Teilchen

$$\vec{F}_1 = k \cdot q_1 q_2 \frac{\vec{r}_1 - \vec{r}_2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|^3} = -\vec{F}_2$$

comment(Zeichung zweier Punktteilchen, Coloumbgesetz geometrisch)

$q_1 q_2 > 0$ (Ladungen haben dasselbe Vorzeichen) \Rightarrow abstoßend

$q_1 q_2 < 0$ (Ladungen haben verschiedene Vorzeichen) \Rightarrow anziehend

Was ist k ? (Einheitensysteme)

1) Gauss'sche System: $k = 1$

2) SI System: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

3) Heavyside-Lorentz-System: $k = \frac{1}{4\pi}$

Umrechnen: SI \rightarrow Gauss: $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi}$, SI \rightarrow Heavyside: $\epsilon_0 = 1$

Zusätzliche Realität:

magnetische Felder, elektromagnetische Wellen

\rightarrow **Feldtheorie** (Maxwell's Theorie, erstes Beispiel)

$\vec{x}_i(t)$, $i = 1, \dots, N$ diskrete Zahl an Freiheitsgrade $= 3N$

\rightarrow Elektrodynamik $\vec{E}(t, \vec{x}), \vec{B}(t, \vec{x})$

Betrachte ein Kraftfeld, erzeugt durch N Punktladungen q_i , $i = 1, \dots, N$ wirkend auf eine Testladung $|q| \ll |q_i|$

$$\Rightarrow \vec{F} = q\vec{E}(\vec{x}), \quad \vec{E}(\vec{x}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^N q_i \frac{\vec{x} - \vec{x}_i}{|\vec{x} - \vec{x}_i|^3}$$

das Elektrische Feld

eine fixierte Ladung an \vec{x}_1

$$\vec{E}(\vec{x}, t) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q_1 \frac{\vec{x} - \vec{x}_1(t)}{|\vec{x} - \vec{x}_1(t)|^3}$$

comment (Zeichnung Punktteilchen, Ladung)

Diese (naive) Zeitabhängigkeit ist empirisch falsch und im Widerspruch zur (speziellen) Relativitätstheorie (SR)

\rightarrow Maxwell's Theorie, kompatibel mit SR

1.1. Plan der Vorlesung

1. Wiederholung
 - Euklidische Geometrie im \mathbb{R}^3 , Vektoranalysis (Differentialformen)
2. Spezielle Relativitätstheorie
 - (Pseudo-) Euklidische Geometrie des Minkowski-Raum $\mathbb{R}^{3,1}$
3. Maxwell's Theorie
4. Anwendungen
 1. Elektrostatik
 2. Magnetostatik
 3. Elektro- und Magnetostatik in Materie