

Theoret. Physik III (BSc) ; Elektrodynamik

WS 2008/2009

E. Schöll

Bachelor-Studierende im 5. Semester

VL Mi 12¹⁵ - 13⁴⁵

Fr 10¹⁵ - 11⁴⁵

Tutorien : online-Anmeldung bis 17.10. 14:00 !
Klausur : Fr. 6.2.09 10:00-12:00 ER 270

Theorie el. magn. Vorgänge incl. Optik

- Elektrodynamik im Vakuum
- Elektrodynamik in Materie
- Relativist. Formulierung

Klass. Mechanik



Quantenmechanik

- deterministisch
- nichtrelativistisch
- nichtlinear

- probabilistisch
- nichtrelativistisch
- linear



Elektrodynamik



- Feldtheorie (Kontinuierlichkeitstheorie, Nahewirkungsthe.)
- relativistisch invariant
- linear (im Vakuum; Superpositionsprinzip)
- lokal (nur im Vakuum)

4 fundamentale Wechselwirkungen:

Stärke nimmt zu	↓	Gravitations-WW (Masse)	↑ Reichweite nimmt zu
		elektromagn. WW (Ladung)	
		Schwache WW (β -Zerfall)	
	↓	starke WW (Kernkräfte)	

Wichtigste WW auf atomaren bis
makroskopischen Längenskalen: el. magn. WW
(WW zwischen geladenen Teilchen u. el. u. magn. Feldern)

Vereinheitlichung der Theorie der el. u. magn. Felder: Maxwell
1873

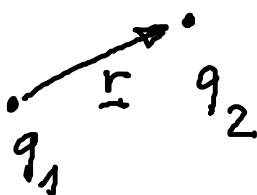
Bestätigung der Vorhersage el. magn. Wellen: H. Hertz 1888

Erweiterung: Quantenelektrodynamik
elektroschwache WW (1970er)
Grand Unified Theory (GUT) ??

1. Elektrostatik

1.1 Coulomb-WW

Coulomb-Gesetz:
(Coulomb 1736-1806)



$$\underline{F} = q_2 \underline{E}(\underline{r})$$
$$\underline{E}(\underline{r}) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\underline{r}}{r^3}$$

Kraft auf
Pkt. Ladung q_2
bei \underline{r}
el. Feld einer
Pkt. Ladung q_1
bei $\underline{r} = 0$

(i) Einheitensystem: SI (Système International d'Unités)
= MKSA (m - kg - s - A)

\Rightarrow Ladungseinheit $1 C = 1 As$

\Rightarrow Dielektrizitätskonst. $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \frac{C^2 s^2}{kg \cdot m^3}$

(früher: Gauß-System = cgs $\Rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 1$)

\Rightarrow elektrost. Ladungseinheit $1 LE = 1 \text{ cm dyn}^{1/2}$
 $1 C = 3 \cdot 10^9 LE$

Umrechnungstabellen: Strupf (El. dyn.)

- (ii) Coulomb-Gesetz gilt bis zu Abständen $r > 10^{-13} \text{ m}$
bei kleineren Abständen: Quantenelektrodynam. Korrekturen
- (iii) Ladung tritt quantisiert auf: $e = 1.6 \times 10^{-19} C$
- (iv) Ausdehnung geladener Elementarteilchen $< 10^{-15} \text{ m}$

1.2 Elektro. Feld und Potenzial

El. stat. Pot. $-\nabla\phi(\underline{r}) = \underline{E}(\underline{r})$

Es gilt $\nabla \frac{1}{r} = -\frac{1}{r^2} \nabla r = -\frac{\underline{r}}{r^3}$

$$\frac{\partial}{\partial x_i} r = \frac{\partial}{\partial x_i} \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2} = \frac{2x_i}{2\sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2}} = \frac{x_i}{r}$$

also $\phi(r) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r}$

elektrost. Pot. einer Punktladung im Ursprung

Einheit $[\phi] = \frac{Nm}{C} = V$

$1 \text{ Volt} = 1 \frac{kg \cdot m^2}{C \cdot s^2}$

(A. Volta 1745 - 1827)

Verallgemeinerung des Punktladungsmodells

Superpositionsprinzip für Kräfte (4. Newton'sches Axiom)

$$\Rightarrow \underline{E}(\underline{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{j=1}^n q_j \frac{\underline{r} - \underline{r}_j}{|\underline{r} - \underline{r}_j|^3}$$

Kontinuierliche Ladungsverteilung $dq = \rho(\underline{r}') d^3r'$
(Ladungsdichte $\rho(\underline{r}')$)

$$\Rightarrow \underline{E}(\underline{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int d^3r' \rho(\underline{r}') \frac{\underline{r} - \underline{r}'}{|\underline{r} - \underline{r}'|^3}$$

El. stat. Pot.

$$\boxed{\phi(\underline{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int d^3r' \frac{\rho(\underline{r}')}{|\underline{r} - \underline{r}'|}}$$