Karlsruher Institut für Technologie (KIT) WS 2010/2011
Institut für Theoretische Festkörperphysik
Prof. Dr. K. Busch, Dr. R. Frank 20.10.2010
http://photonics.tfp.uni-karlsruhe.de/teaching kurt@tfp.uni-karlsruhe.de rfrank@tfp.uni-karlsruhe.de

Klassische Theoretische Physik III - Elektrodynamik
WS10/11

Übungsblatt 1 - 20 Punkte
Abgabe bis Montag, 25.10.2010, 10:00 Uhr
Briefkasten im Foyer des Hochhauses

Aufgabe 1 (15 Punkte)

Betrachten Sie Elektrostatik in zwei Raumdimensionen. Das Analogon des Gaußschen Satzes in 2-D lautet

$$\int_A da\,\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = \oint_{C(A)} dl\,\hat{n}\cdot\vec{E}$$

Dabei ist A die Fläche, die von $C(A)$ umrandet wird. Die Normale des Randes $\hat{n}$ ist nach außen gerichtet und normiert ($\hat{n}^2 = 1$). Nehmen Sie an, daß das elektrische Feld einer Punktladung e, die im Ursprung $\vec{r} = 0$ sitzt, gegeben ist durch

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{e}{r^{m+1}}\vec{r}$$

Dabei gilt $r = |\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2}$.

a) Bestimmen Sie nun m aus der Bedingung, daß, analog zu 3-D,

$$\oint_C dl\,\hat{n}\cdot\vec{E} = const\cdot e$$

Dabei ist C eine beliebige Kurve, die den Ursprung einschließt (es genügt, einen Kreis zu betrachten). Bestimmen Sie ausserdem die Konstante *const*.
(3 Punkte)

b) Zeigen Sie, daß für obiges m das elektrische Feld wirbelfrei ist, d.h. $\vec{\nabla}\times\vec{E} = 0$. Beachten Sie, daß in 2-D ($\vec{\nabla}\times\vec{E}$) ein Skalar ist.
(3 Punkte)

c) Bestimmen Sie das 2-D Potential und ermitteln sie das 2-D Analogon der 3-dimensionalen Gleichung

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = 4\pi\rho$$

(2 Punkte)

d) Begründen Sie, daß das 2-D Analogon der 3-D Relation, $\vec{\nabla}^2 \frac{1}{|\vec{r}|} = -4\pi\delta(\vec{r})$, gegeben ist durch

$$\vec{\nabla}^2 \log|\vec{r}| = 2\pi\delta(\vec{r})$$

(3 Punkte)

e) Beweisen Sie die letzte Gleichung mittels Integration mit einer Testfunktion Ψ,

$$\int d^2\vec{r}\,\Psi(\vec{r})\vec{\nabla}^2 \log|\vec{r}| = ...$$

(4 Punkte)

Aufgabe 2 (5 Punkte)

Betrachten Sie ein im Ursprung ruhendes positiv geladenes Teilchen mit der Ladung q und der Masse m.

a) Es sei nun in x-Richtung ein statisches äußeres Magnetfeld mit einer magnetischen Feldstärke $\vec{B} = B\hat{x}$ und in z-Richtung ein elektrisches Feld $\vec{E} = E\hat{z}$ gegeben. Wie sieht die Trajektorie des Teilchens qualitativ aus?
(1 Punkt)

b) Stellen Sie die Bewegungsgleichungen fr diese Trajektorie auf und führen Sie hierbei die Hilfsgröße $\omega = \frac{|q|B}{m}$ ein. ω, die sogenannte Zyklotron-Frequenz. Was beschreibt sie ?
(2 Punkte)

c) Lösen Sie die Bewegungsgleichungen aus b).
(2 Punkte)

VIEL ERFOLG!!!