**11. Übung theoretische Physik III** Institut für theoretische Physik, JKU Linz
WS 2009 Übungstermin: 13.1.2010

41. **Streuung an einem Gitter**
Berechnen sie den Strukturfaktor eines kubisch raumzentrierten und eines kubisch flächenzentrierten Gitters.

42. **Impedanz**
Betrachten Sie einen Kondensator mit (konstanter) Kapazität $C$ an den eine Wechselspannung angelegt wird und zeigen Sie, dass nach dem Ohm'schen Gesetz $Z = \frac{U}{I}$ sein (Blind-)Widerstand gleich $\frac{1}{\mathrm{j}\,\omega C}$ ist (j bezeichnet hier, wie in der Elektrotechnik üblich, die imaginäre Einheit, *i.e.* $\mathrm{j}^2 = 1$).

43. **Spule**

(a) Berechnen Sie die Induktivität $L$ einer langen, zylindrischen Spule. Nehmen Sie hierzu an, dass das $B$-Feld außerhalb verschwindet.

*Hinweise:* Aufgrund der Symmetrie muss das $B$-Feld im Inneren entlang der Achse der Spule konstant sein. Verwendet man das Durchflutungsgesetz $\nabla \times \mathbf{B} = \frac{4\pi}{c}\mathbf{j}$ in integraler Form, so folgt dass das $B$-Feld im gesamten Inneren der Spule konstant ist. Hat man $\mathbf{B}$ einmal bestimmt, so kann man mit dem Induktionsgesetz $U = \int d\mathbf{r}\,\mathbf{E}$ die Spannung zw. den Enden der Spule ermitteln.

(b) Fließt ein (veränderlicher) Strom durch die Spule so, gilt dann $U = L\,\dot{I}$. Leiten Sie daraus ab, dass der Widerstand (Impedanz) der Spule bei anlegen einer Wechselspannung $\mathrm{j}\,\omega L$ ist.

44. **Relativitätsprinzip**
Das Relativitätsprinzip der Mechanik fordert, dass die *mechanischen* Vorgänge in allen Inertialsystemen gleich ablaufen, wobei die Inertialsysteme durch die Galilei-Gruppe

$$\mathbf{r}' = \mathbf{a} + \mathbf{b}\,t + \mathsf{R}\,\mathbf{r}$$
$$t' = t + t_0$$

verknüpft sind ($\mathsf{R}$ ist eine Rotationsmatrix). Etwas formaler heißt das, dass die Newton'sche Bewegungsgleichung $m\,\ddot{\mathbf{r}} = \mathbf{F}$ invariant unter Galileitransformation ist (mit $\mathbf{F}' = \mathsf{R}\,\mathbf{F}$ folgt $m\,\ddot{\mathbf{r}}' = \mathbf{F}'$). Bei der speziellen Galileitransformation ist $\mathbf{a} = \mathbf{0}$, $\mathsf{R} = 1$, $t_0 = 0$.

Das Einstein'sche Relativitätsprinzip fordert nun, das *alle* physikalischen Vorgänge in allen Inertialsystemen gleich ablaufen, insbesondere die der Elektrodynamik, denen die Maxwellgleichungen zugrunde liegen. Man kann zeigen, dass diese *nicht* invariant unter Galilei-Transformation sind.

Zeigen Sie, dass die Wellengleichung

$$\left[\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \Delta\right]\phi(\mathbf{r}, t) = 0\ ,$$

die aus den Maxwellgleichungen folgt, *nicht* invariant unter (spezieller) Galileitransformation ist, jedoch unter (spezieller) Lorentztransformation

$$x' = \frac{x + v\,t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\ , \qquad t' = \frac{t + \frac{v\,x}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\ .$$