

Übungsaufgaben zur Elektrodynamik²

23 Punkte

1. Dispersionsrelation

6 Punkte

a) Zeigen Sie, dass die Kugelwelle

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \frac{\vec{E}_0}{r} \exp[i(kr - \omega t)]$$

die Wellengleichung $\square \vec{E}(\vec{r}, t) = 0$ erfüllt. Wie lautet die Dispersionsrelation?

b) Wie lautet die Dispersionsrelation der Schrödingergleichung des freien Teilchens

$$\left[\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \right] \Psi(\vec{r}, t) = 0?$$

Berechnen Sie jeweils Phasen- und Gruppengeschwindigkeit der Wellen.

2. Einschalten eines Stroms

10 Punkte

In einem ungeladenen, unendlich langen, geraden Draht wird bei $t = 0$ plötzlich ein konstanter Strom j eingeschaltet. Berechnen Sie die retardierten Potentiale Φ und \vec{A} außerhalb des Drahtes, und damit die Felder \vec{E} und \vec{B} .

Hinweis: Variablensubstitution $\theta = t - \frac{|\vec{r} - \vec{r}'|}{c}$ hilft.

3. Potential eines sich bewegenden Elektrons

7 Punkte

Betrachten Sie eine 1D-Welt nur mit x -Achse. Sei

x = Aufpunkt, also Ort, an dem das Potential Φ bestimmt wird

x' = Integrationsvariable, Quellpunkt

x_0 = Ort des Elektrons

Die Ladung des Elektrons ist $\rho(x, t) = e \delta(x - x_0(t))$.

(a) Wie lautet die rekursive Schreibweise für die retardierte Zeit $t_r = t - \frac{|x - x'|}{c}$ in Abhängigkeit von t, x, x' ?

¹Fred.Albrecht@uni-potsdam.de, udo.schwarz@uni-potsdam.de

²**Aufgaben:** <https://udohschwarz.github.io/Lehre/lehrangebot/2020WSEdynamik/2020WSEdynamik.html>,
Punktliste: <http://theosolid.physik.uni-potsdam.de/tpphp/index.php?tpii/ws2021>

- (b) $\int dx'$ im retardierten Potential Φ bedeutet wegen der δ -Funktion: $x' = x_0(t_r)$. Die Φ -Änderung passiert erst nach der Lichtlaufzeit bedingten Übertragungszeit mit der Verspätung $\frac{|x - x'|}{c}$ zur retardierten oder zurückverlegten Zeit t_r .

Indem Sie abwechselnd (a) und (b) anwenden, erhalten Sie eine unendlich lange Formel für $\Phi(x, t)$. Machen Sie je dreimal Schritt (a) und (b).