## Vorbemerkung

Dies ist ein korrigierter Übungszettel aus dem Modul physik321.

Dieser Übungszettel wurde von einem Tutor korrigiert. Dies bedeutet jedoch nicht, dass es sich um eine Musterlösung handelt. Weder ich, noch der Tutor implizieren, dass dieses Dokument keine Fehler enthält.

Alle Übungszettel zu diesem Modul können auf http://martin-ueding.de/de/university/bsc\_physics/physik321/gefunden werden.

Sofern im Dokuments nichts anderes angegeben ist: Dieses Werk von Martin Ueding ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.

[disclaimer]

# physik321 - Übung 10

Gruppe 8 - Julia Volmer

the half bis sett Martin Ueding Simon Schlepphorst

de abugspunkte erreicht

mu@uni-bonn.de

s2@uni-bonn.de

2012-12-21

Aufgabe	H 10.1	H 10.2	$\sum_{i=1}^{n}$
Punkte	O / 20	8 / 20	8 / 40

# H 10.1 elektrische Quadrupol- und magnetische Dipolstrahlung

Hier fehlen noch Inhalte.

## H 10.2 Strahlung einer langsamen Punktladung

## H 10.2.1 Ladungs- und Stromdichte

Wir haben eine Punktladung mit Ladung q an der Stelle  $r_0(t)$ . Somit ist die Ladungsdichte:

$$\rho(r,t) = q\delta^3(r - r_0(t))$$

Es fließt nur an der Stelle  $\boldsymbol{r}_0$  Strom, so dass die Stromdichte sinnvollerweise ist:

$$j(r,t) = \rho(r,t)v(t)$$

2/2

## H 10.2.2 Potentiale in Lorenz-Eichung

Hier fehlen noch Inhalte.

## H 10.2.3 Näherungen

Durch die Näherung  $r\gg r_0$  werden die  $r-r_0(t')$  Terme zu r. Wir können außerdem die Geschwindigkeit zur Zeit t' direkt durch  $\beta_{\text{ret}}$  ausdrücken.

$$\Phi(r,t) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{r} \frac{1}{1 - \left\langle \frac{r}{r}, \beta_{\text{ret}} \right\rangle}$$

Oder mit Summenkonvention:

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{r} \frac{1}{1 - \frac{r_b}{r} \beta_{\text{ret}}^b}$$

Diesen Ausdruck können wir nun wegen  $v \ll c$  um  $\beta_{\rm ret} = 0$  entwickeln. Den Term nullter Ordnung lesen wir ab, es ist 1/r. Für den Term erster Ordnung bilden wir die erste Ableitung nach  $\beta^d$  (ohne Vorfaktor):

$$\frac{1}{r} \frac{\frac{r_b}{r}}{\left(1 - \frac{r_d}{r} \beta_{\text{ret}}^b\right)^2}$$

Wenn wir dies an der Stelle  $\beta_{\text{ret}} = 0$  auswerten, erhalten wir nur  $r_d/r^2$ . Mit allen Komponenten d zusammen erhalten wir den Vektor r. Somit ist die Entwicklung:

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_{0}} \left( \frac{1}{r} + \frac{r_{b}}{r^{2}} \beta_{\text{ret}}^{b} \right) + \mathcal{O} \left( \beta_{\text{ret}}^{2} \right)$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_{0}} \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{r^{2}} \left\langle r, \beta_{\text{ret}} \right\rangle \right) + \mathcal{O} \left( \beta_{\text{ret}}^{2} \right)$$

Hier fehlen noch Inhalte.  $\vec{A}(\vec{r}, t) = \dots$ 

315

#### H 10.2.4 Felder

Das elektrische Feld ist der negative Gradient des skalaren Potentials minus der Zeitableitung des A-Feldes, so dass gilt:

$$E = -\nabla \Phi - \dot{A}$$

Wir bilden den zuerst den Gradienten des entwickelten skalaren Potentials:

$$egin{aligned} E &= -
abla \Phi \ &= -rac{q}{4\piarepsilon_0}
abla \left(rac{1}{r} + rac{1}{r^2}\left\langle r, oldsymbol{eta}_{
m ret} 
ight
angle + \mathscr{O}\left(oldsymbol{eta}_{
m ret}^2
ight) \end{aligned}$$

Dabei werden wir den  $\nabla$ -Operator in Kugelkoordinaten benutzen.

$$\begin{split} &= -\frac{q}{4\pi\varepsilon_{0}}\left(\hat{\boldsymbol{e}}^{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r}\hat{\boldsymbol{e}}^{\theta}\frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{1}{r\sin\theta}\hat{\boldsymbol{e}}^{\phi}\frac{\partial}{\partial \phi}\right)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r^{2}}\left\langle\boldsymbol{r},\boldsymbol{\beta}_{\mathrm{ret}}\right\rangle + \mathcal{O}\left(\boldsymbol{\beta}_{\mathrm{ret}}^{2}\right)\right) \\ &= -\frac{q}{4\pi\varepsilon_{0}}\left(-\frac{1}{r^{2}}\hat{\boldsymbol{e}}^{r} + \left(\hat{\boldsymbol{e}}^{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r}\hat{\boldsymbol{e}}^{\theta}\frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{1}{r\sin\theta}\hat{\boldsymbol{e}}^{\phi}\frac{\partial}{\partial \phi}\right)\left(\frac{1}{r^{2}}\left\langle\boldsymbol{r},\boldsymbol{\beta}_{\mathrm{ret}}\right\rangle + \mathcal{O}\left(\boldsymbol{\beta}_{\mathrm{ret}}^{2}\right)\right)\right) \end{split}$$

Terme der Ordnung  $1/r^2$  lassen wir fallen.

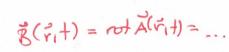
$$\begin{split} &= -\frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \left( \hat{\mathbf{e}}^r \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r} \hat{\mathbf{e}}^\theta \frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{1}{r\sin\theta} \hat{\mathbf{e}}^\phi \frac{\partial}{\partial \phi} \right) \frac{1}{r^2} \left\langle \mathbf{r}, \boldsymbol{\beta}_{\text{ret}} \right\rangle + \mathcal{O}\left(\frac{1}{r^2}\right) \\ &= -\frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \left( \hat{\mathbf{e}}^r \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r} \hat{\mathbf{e}}^\theta \frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{1}{r\sin\theta} \hat{\mathbf{e}}^\phi \frac{\partial}{\partial \phi} \right) \frac{1}{r^2} \hat{\mathbf{e}}_a \boldsymbol{\beta}_{\text{ret}}^a + \mathcal{O}\left(\frac{1}{r^2}\right) \end{split}$$

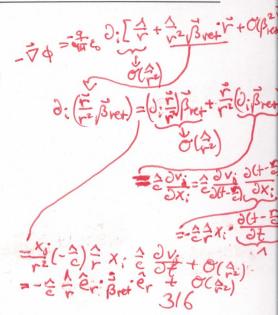
Hier fehlen noch Inhalte.

Den Summanden  $\beta_{ret}$  erhalten wir durch A.

$$\begin{split} &= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{r} \left( \dot{\beta}_{\text{ret}}^r \hat{e}^r + \dot{\beta}_{\text{ret}} \right) + \mathcal{O} \left( \frac{1}{r^2} \right) \\ &= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{r} \left( \hat{e}^r \left\langle \hat{e}^r, \dot{\beta}_{\text{ret}} \right\rangle + \dot{\beta}_{\text{ret}} \right) + \mathcal{O} \left( \frac{1}{r^2} \right) \\ &= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{r} \left( \hat{e}^r \left\langle \hat{e}^r, \dot{\beta}_{\text{ret}} \right\rangle + \dot{\beta}_{\text{ret}} \left\langle \hat{e}^r, \hat{e}^r \right\rangle \right) + \mathcal{O} \left( \frac{1}{r^2} \right) \\ &= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{r} \hat{e}^r \times \left( \hat{e}^r \times \dot{\beta}_{\text{ret}} \right) + \mathcal{O} \left( \frac{1}{r^2} \right) \end{split}$$

Hier fehlen noch Inhalte.





#### H 10.2.5 Polarisierung

Hier fehlen noch Inhalte.

0/2

Hor blich as Lephalte.

Sumaanden  $\hat{\mathcal{B}}_{tot}$  erhettin wie nurch A

$$\frac{q}{4\pi i g} \left[ \left( \delta_{ij} \left( s \right) + \delta_{ij} \right) - \sigma \left( \frac{1}{s} \right) \right]$$

$$\frac{q}{\sin \varepsilon_0} \frac{1}{r} \left( \varepsilon^{-1} \left( \varepsilon^{-1} \left( \varepsilon^{-1} \rho_{\rm int} \right) + \rho_{\rm int} \left( \varepsilon^{-1} , \varepsilon^{-1} \right) \right) + \sigma \left( \frac{1}{r^2} \right) \right)$$

$$\frac{1}{4\pi r_c s_0} - \hat{\sigma}^r \times \left( \hat{\sigma}^r \times \hat{\sigma}_{ret} \right) + \mathcal{O}\left( \frac{1}{r^2} \right)$$

e (kipida kir la 19. joy ji manjain nyiji makaya

provetshistof 8.5.01 h

den kelakan medi tahajadi.