

9. Übung

Besprechung: 19.12.05

Aktuelle Informationen und pdf-Files der Übungen auch unter

http://theorie3.physik.uni-erlangen.de/lectures/ws2005_2006/griesshammer/EDkompakt.html.

1. EIN BEWEGTES ELEKTRON: Im Ruhesystem eines Elektrons (System **II**) sind das von ihm erzeugte elektrische und magnetische Feld leicht anzugeben. Nun bewegt sich das Elektron geradlinig gleichförmig mit der Geschwindigkeit v und passiert zur Zeit $t = 0$ einen im Inertialsystem **I** am Punkt $(0, b, 0)$ ruhenden Beobachter im Mindestabstand b . In diesem Moment $t_{\mathbf{I}} = 0 = t_{\mathbf{II}}$ stimmen beide Koordinatensysteme überein.

a) Berechnen Sie das elektrische und magnetische Feld, das der ruhender Beobachter mißt: Vorarbeit zu Aufgabe 2.b).

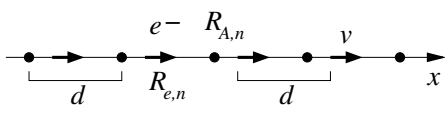
Hinweis: Es gibt (mindestens) zwei Wegen: Man transformiert direkt das elektrische und magnetische Feld. Oder man gibt zunächst einen Vierervektor $A_{\mathbf{II}}^\mu$ an, der das Feld der Ladung im Bezugssystem **II** beschreibt, und transformiert diesen ins System **I**. Vergessen Sie in beiden Fällen nicht, auch die Koordinaten, an denen das elektrische und magnetische Feld zu berechnen sind, zu transformieren.

b) In welchem Inertialsystem **I** kann ein Beobachter der Punktladung ein magnetisches Feld wahrnehmen, das betragsmäßig größer als das von ihm gesehene elektrische Feld ist?

c) Berechnen und interpretieren Sie die durch das Elektron ausgeübte Kraft auf eine Probeladung, die der Beobachter in Händen hält.

d) Skizzieren Sie den vom Beobachter gesehenen zeitlichen Verlauf der Felder für verschiedene Werte von $\beta = v/c$. Besonders interessant ist der Fall $v \rightarrow c$.

2. STROMDURCHFLOSSER DRAHT: Ein einfaches Modell eines stromdurchflossenen Drahtes stellt untenstehendes Bild dar: Die Atomrümpfe sind gleichmäßig im Abstand d auf der x -Achse angeordnet und ortsfest. Alle Elektronen haben voneinander ebenfalls den Abstand d . Sie bewegen sich mit derselben, konstanten Geschwindigkeit v in x -Richtung. Der Positions-Vierervektor für den n ten Atomrumpf, bzw. das n te Elektron ist also im Ruhesystem der Atomrümpfe:

$$R_{A,n} = (ct, nd, 0, 0) \quad \text{und} \quad R_{e,n} = (ct, nd + vt, 0, 0)$$


a) Transformieren Sie die Vierervektoren in das Ruhesystem der Elektronen. Berechnen Sie daraus die neuen Abstände d'_A und d'_e der Atomrümpfe und Elektronen. Ist die Elektronendichte in diesem System kleiner oder größer als im ursprünglichen System, und kleiner oder größer als die Dichte der Atomrümpfe?

b) Im Ruhesystem der Elektronen ist das von ihnen erzeugte elektrische und magnetische Feld leicht zu berechnen, siehe Aufgabe 1.a). Wie stark ist dann das durch die Elektronen erzeugte elektrische und magnetische Feld im Ruhesystem der Atomrümpfe? Vergessen Sie nicht, auch die Koordinaten, an denen das elektrische und magnetische Feld zu berechnen sind, zu transformieren.

c) Fleißaufgabe: Berechnen Sie zur Kontrolle auch die Felder im Grenzfall eines endlichen, kontinuierlichen Elektronenstroms I ($d \rightarrow 0$ so, daß $\mu = -e/d = \text{const.}$) in einem unendlich dünnen, unendlich langen Leiter. Vergleichen Sie mit Ihnen wohlbekannten Ergebnissen.

Hinweis: Strom = Geschwindigkeit \times Ladungsträgerdichte