ÜBUNGEN
zur „Beschleunigerphysik Teil 2“
TU Dortmund Sommersemester 2020

– BLATT 4 –

Benedikt Büsing	(benedikt.buesing @ tu-dortmund.de)
Stephan Kötter	(stephan.koetter @ tu-dortmund.de)
Daniel Krieg	(daniel.krieg @ tu-dortmund.de)

Vorbesprechung am	Mi 06.05.2020
Abgabe per Email bis	Di 12.05.2020 bis 12:00

Maximal drei Teilnehmer/innen können eine gemeinsame Lösung einsenden. Die Lösungen zu Programmieraufgaben bitte als kommentiertes Python-Skript (.py), zu Verständnis- und Rechenaufgaben als PDF-Dokument (z.B. mit LaTeX, Word, gescannt) per Email einsenden. Bitte alle Namen im Betreff der Email, in der PDF-Datei und dem Python-Skript aufführen.*
Betreff der Email: „[BP2020 Uebung] Abgabe Blatt 4, Namen“

Aufgabe 1: Kurzfragen (2 Punkte)

a) Das elektrische Feld relativistischer Elektronen, die sich gleichförmig durch eine Vakuumkammer bewegen, kann durch die Ladung und sie begleitende "Spiegelladungen" beschrieben werden. Wenn sich der Querschnitt der Vakuumkammer ändert, werden die Spiegelladungen transversal beschleunigt. Könnte dadurch auch Synchrotronstrahlung entstehen?

b) Ein hochrelativistisches kurzes Elektronenpaket in einem Speicherring bewegt sich geradeaus und passiert einen schnellen Detektor, der in die Wand der Vakuumkammer eingelassen ist. Der Abstand des Detektors von der Elektronenstrahlachse sei 30 mm. Wieviel Zeit vergeht nach der Passage des Elektronenpakets mindestens, bis der Detektor anspricht?

Aufgabe 2: Emission von Strahlung (4 Punkte)

a) Zeigen Sie mithilfe der partiellen Integration, dass die folgende in der Vorlesung verwendete Identität $\frac{d}{dt}\left[\frac{\vec{n}\times\left(\vec{n}\times\vec{\beta}\right)}{1-\vec{\beta}\cdot\vec{n}}\right]=\frac{\vec{n}\times\left[\left(\vec{n}-\vec{\beta}\right)\times\dot{\vec{\beta}}\right]}{\left(1-\vec{\beta}\cdot\vec{n}\right)^2}$ gilt, wenn der Einheitsvektor $\vec{n}$ konstant ist.

b) Berechnen Sie den Strahlungsterm des elektrischen Felds (siehe Vorlesung oder Skript) einer Ladung e mit den Vektoren

$$\vec{\beta}=\begin{pmatrix}0\\0\\\beta\end{pmatrix},\quad \dot{\vec{\beta}}=\begin{pmatrix}\beta^2 c/R\\0\\0\end{pmatrix}\quad \text{und}\quad \vec{n}=\begin{pmatrix}\sin\theta\\0\\\cos\theta\end{pmatrix},$$

d.h. Geschwindigkeit β in z-Richtung, Kreisbeschleunigung mit Biegeradius R in x-Richtung und Beobachtungsrichtung in der x-z-Ebene mit Winkel θ zur Tangente der Kreisbahn.

(bitte wenden)

Aufgabe 3: Elektrisches Feld einer gleichförmig bewegten Ladung (4 Punkte)

Berechnen Sie für einen gegebenen Zeitpunkt *t* den relativistischen „Coulomb"-Term

$$\vec{E}(t) \propto \left.\frac{(1-\beta^2)\cdot(\vec{n}-\vec{\beta})}{r^2(1-\vec{n}\cdot\vec{\beta})^3}\right|_{\text{ret}}$$

des elektrischen Feldes einer Ladung, die sich mit konstanter Geschwindigkeit $\vec{\beta} = (0,0,\beta)$ bewegt, und zwar für $\beta = 0{,}01$, $\beta = 0{,}50$ und $\beta = 0{,}99$. Berechnen Sie hierzu die in der Gleichung vorkommenden retardierten Größen, nämlich den Abstand $r = \overline{P'B}$ und den Einheitsvektor $\vec{n}$ von P' in Richtung B. In der Skizze ist *P* der aktuelle Ort der Ladung, P' der retardierte Ort der Ladung und *B* der Beobachtungspunkt. Den Abstand *r* kann man z.B. über das rechtwinklige Dreieck $P'AB$ mit den in der Skizze gezeigten Hilfsgrößen bestimmen. Stellen Sie die Ergebnisse folgendermaßen dar:

a) Zeichnen Sie *E*-Feld-Vektoren im Abstand *a* = 1 in 1-Grad-Schritten des Winkels α. Hierzu können Sie z.B. die Funktion

`matplotlib.pyplot.quiver` oder `matplotlib.pyplot.arrow`

verwenden, wobei `x` und `y` die Anfangspunkte der Vektoren und `u` und `v` deren Komponenten bezeichnen. Auf die absolute Länge der Vektoren soll es hier nicht ankommen.

b) Stellen Sie in einem Polardiagramm den Betrag des elektrischen Feldes der bewegten Ladung geteilt durch den Betrag des Feldes einer am Punkt *P* ruhenden Ladung ($\beta = 0$) als Funktion des Winkels α in 1-Grad-Schritten dar.

Bitte schicken Sie den Übungsassistenten wie immer aussagefähige Bilder, die mit Ihrem Programm erzeugt wurden.