

Tentamen Stralingsprocessen

woensdag 14 januari 2009

13:45–16:45

Vincent Icke

Bij dit tentamen is het gebruik toegestaan van het boek van Rybicki & Lightman, en uw eigen handgeschreven aantekeningen. Ook een zakrekenmachine mag worden gebruikt (mits niet als spiekbrieffje geprogrammeerd). Vermeld op elk blad papier uw naam, en op het eerste blad ook uw adres en email-adres, en nummer de bladzijden. Probeer de vragen te beantwoorden alsof u er zelf college over geeft, d.w.z. besteed veel aandacht aan de uitleg (kwantitatieve details zijn ondergeschikt). Schrijf bij beantwoording alles op wat u van toepassing acht, ook tussenstappen en dergelijke. Ook kladwerk mag worden ingeleverd, mits als zodanig aangemerkt. Geef bij ieder antwoord uw argumentering in voldoende detail! Onduidelijkheden worden onveranderlijk in uw nadeel uitgelegd.

(1). _____

Leg de basisprincipes uit van het proces waardoor een geladen deeltje straling uitzendt. Besteed in het bijzonder aandacht aan de rol van de *versnelling* van het deeltje, en aan de manier waarop een waarnemer het versnelde deeltje ziet.

(2). _____

Laat een elektron bewegen in de baan

$$x = a \cos(\omega t); \quad y = b \sin(\omega t)$$

Beschouw het algemene geval $a \neq b$, zodat de baan elliptisch is. In het vervolg mag u alle beschouwingen tot het (x, y) -vlak beperken.

a. Stel dat het deeltje niet relativistisch is. Geef aan wat dat betekent voor de constanten a, b, ω . Maak schetsen van het stralingsdiagram van het elektron voor verscheidene goed gekozen waarden van t . Geef de formule voor het uitgestraalde vermogen in de dipoolbenadering, en de uitdrukking voor het spectrum. Schets het spectrum.

b. Laat het deeltje nu relativistisch zijn. Geef de redenen waarom het relativistische stralingsgedrag uit het niet-relativistische kan worden afgeleid.

c. Geef een kwalitatieve beschouwing, aan de hand van het in (2a) geschetste spectrum, over de vorm van het relativistische spectrum uit (2b). Beschrijf een aantal stappen, bijvoorbeeld naar analogie van synchrotronstraling, van de manier waarop het spectrum exact kan worden berekend.

(3).

De uitdrukking voor het elektrische veld van een versnelde lading bestaat uit twee termen:

$$\vec{E} = A (\vec{n} - \vec{\beta}) r^{-2} + B \left[\vec{n} \times \left((\vec{n} - \vec{\beta}) \times \frac{\partial \vec{\beta}}{\partial t} \right) \right] r^{-1}$$

Hierin is $\vec{\beta}$ de snelheid in eenheden waarin $c \equiv 1$.

- a. Laat expliciet zien dat het optreden van twee termen een gevolg is van de Lorentz-invariantie.
- b. Leg uit wat de eerste en de tweede term betekenen.
- c. Wat impliceert dat voor de waarneembaarheid van elektrische velden en van straling?

(4).

In het leerboek wordt de formule uit Opgave 3 aannemelijk gemaakt met behulp van een figuur waarin de ‘veldlijnen’ van een versnelde lading worden weergegeven. Op het college heb ik iets soortgelijks in wat meer detail gedaan. Hoewel didactisch nuttig, is deze grafische weergave fysisch eigenlijk onjuist.

- a. Leg uit waarom.
- b. Beschrijf een andere manier (b.v. gebaseerd op het eerste-orde Feynman diagram van de electromagnetische wisselwerking) om dezelfde uitleg te geven, maar met correcte fysica.

(5).

- a. Wat is de dipool-benadering?
- b. Hoe werkt die benadering, en waarom wordt deze toegepast?
- c. Onder welke omstandigheden is de benadering goed?