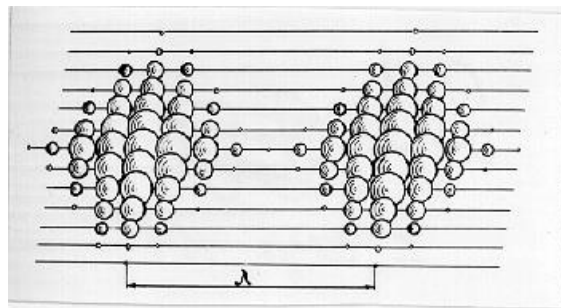


Een foton of een golf

Contents

1. Einstein en Planck.....	2
2. De Broglie en Maxwell.....	3
3. Besluit	4



Figuur 1

Wanneer we spreken over het uitstralen van energie in de vrije ruimte zoals gebeurt door een (radio)zender dan stuiten we steeds op een schijnbaar dilemma, namelijk hetgeen er uitgestraald wordt zijn dat nu deeltjes (die we fotonen noemen) of zijn dat nu golven (die we afbeelden als een elektromagnetisch veld) of zijn dat nu golf-pakketjes (zoals De Broglie het voorstelt). Ziehier een korte verklaring hoe we deze verschillende beschrijvingen van het een en hetzelfde aspect, namelijk straling van een radiosignaal moeten bekijken.

Het hele verhaal steunt op de verschillende hypothesen die rond de beginjaren van 1900 naar voren gebracht werden door voornamelijk vier belangrijke geleerde mensen namelijk Planck, Einstein, De Broglie en Maxwell.

De theorieën van Planck en Einstein steunen op (quantum) deeltjes die later fotonen genoemd werden terwijl DeBroglie en Maxwell een golf functie aannamen al dan niet zich voortbewegend in een veld.

Figuur 1 geeft een mogelijke bespiegeling waar de omhullende van meer of minder bolletjes de golf-beweging laat vermoeden terwijl het aanzwellen en afnemend van de bolletjes de deeltjes-beweging laat uitschijnen.

1. Einstein en Planck

Planck beweert dat energie van gelijk welk element (partikel zoals foton, elektron neutron, neutrino enz..) gelijk is aan de constante van Planck maal de frequentie van het element of in wiskundige vorm:

$$E = h \cdot f \quad (1)$$

Hierin is de constante van Planck $h = 6.634 \cdot 10^{-34} [J \cdot s]$ en $f = \text{frequentie } m/s$

Nu is, voor wat ons interesseert, de golflengte van een radiosignaal in de ruimte gelijk aan:

$$f = c/\lambda \quad (2)$$

Hierin is $f = \text{frequentie}$ en $c = 300.000 km/s$ snelheid van het licht en $\lambda = \text{golflengte}$. Een klein

voorbeeld : Een zender van $50 Mhz$ zendt uit op een golflengte die gelijk is aan $\lambda = \frac{300.000 km}{50 Mhz} = 6m$

Wanneer we in (1), (2) invullen bekomen we dat:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (3)$$

Volgens Einstein is voor een rustmassa:

$$E = m_0 \cdot c^2 \quad (4)$$

En daarenboven met de relativiteitstheorie is m (de volledige massa):

$$m = m_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Uit (3) en (4) volgt (zeker in geval $v \ll c$) dat $\frac{h \cdot c}{\lambda} = m \cdot c^2$ ofwel $\lambda = \frac{h}{m \cdot c}$

maar meer algemeen is:

$$E = \sqrt{p^2 \cdot c^2 + m_0^2 c^4} \quad (5)$$

Hierin is $p = \text{momentum} = m \cdot v$

Hierin is $v = \text{snelheid}$

Nu is dit begrip *momentum* veel breder dan alleen maar een samentrekking van *massa x snelheid*. Maar schijnbaar is p ook nog geldig, en heeft een effectieve waarde ook als $v = 0$ en $m = \infty$

Noteer dat als we in formule (5) voor $m_0 = 0$ invullen en $v = c$ dan is de massa $m = \frac{0}{0} =$

gelijk welke waarde. En $p = m \cdot v = \text{een waarde}$, ook al kan ik me fysisch daar weinig van bij voorstellen. Maar het is niet tegenstrijdig met de wiskundige logica.

Laten we nog even verder redeneren met $p = m \cdot v$.

Dan kunnen we ook in differentieelvorm schrijven dat $dp = m \cdot dv$

Maar met $a = \frac{dv}{dt}$ of $dv = a \cdot dt$ wordt $dp = m \cdot a \cdot dt$

Nu weten we van Newton dat $F = m \cdot a$

en dus $dp = F \cdot dt$ en indien de kracht niet verandert gedurende de tijd is ook $p = F \cdot t$.

Ook weten we dat kracht niet altijd verbonden is met massa. Denken we maar aan de wet van Coulomb

waarin $F = \frac{k \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$. In deze formule komt geen massa in voor. Maar wiskundig blijft het dus mogelijk dat

$p = F \cdot t$ waarin $F = \text{Coulombkracht}$ is.

2. De Broglie en Maxwell

De Broglie postuleerde dat de snelheid van een golf gelijk is aan $v_p = f \cdot \lambda$ (6) en dat $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$ (7)

Hierin is weer $v_p = \text{snelheid}$, $f = \text{frequentie}$ en $\lambda = \text{golflengte}$.

Maar we hebben hierboven gezien (3) dat $E = h \cdot f$ en ook dat $E = m \cdot c^2$ waaruit volgt dat $f = \frac{m \cdot c^2}{h}$ (8)

Vullen we dit in formule (6) dan bekomen we dat $v = \frac{m \cdot c^2}{h} \cdot \lambda$ en nu nog (7) erbij ingevuld bekomen we

$$\text{dat } v_p = \frac{m \cdot c^2}{h} \cdot \frac{h}{m \cdot v} = \frac{c^2}{v}.$$

Voor partikels die zich bewegen met de snelheid van het licht c zien we dat $v_p = c$ wat dus volkomen in overeenstemming is met de snelheid van fotonen.

Maar voor partikels die een massa hebben zoals elektronen, maar ook neutrinos of andere elementaire elementen, komen we tot de vaststelling dat de snelheid van deze partikels $v_p > c$, groter dan de lichtsnelheid !!!!! Wat kan dat betekenen?

Deze snelheid v_p heeft niets te maken met de snelheid van de partikels. Een elektron bijvoorbeeld in een golfbeweging gaat alleen maar van boven naar onder gedurende een halve periode maar de fase van de golf is verder doorgeschoven. Daarom is deze v_p de fase-snelheid (phase-velocity) en deze is zuiver wiskundig en heeft geen enkele fysieke (materie gebonden) betekenis.

Maar hieruit volgt wel de algemene formule van de golfbeweging, welke we kunnen afleiden met de formules van Maxwell namelijk: $y = A \cdot \cos \left[2\pi f \left(t - \frac{x}{v_p} \right) \right]$ en met $2\pi f = \omega$ en ook $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ wordt deze formule $y = A \cdot \cos[\omega t - kx]$ de overbekende vergelijking van de golf functie is.

In fig 1 is deze formule weergegeven, voor twee tijdseenheden met een verschuiving van een $\Delta x = c \times \Delta t$. Men ziet duidelijk dat in horizontale richting de sinus zich verplaatst met de snelheid van het licht, maar de sinuslijn zelf heeft altijd een langere weg afgelegd dan de horizontale lijn en is daarom steeds groter dan de snelheid van het licht, vermits de fotonen zich alleen verplaatsen in horizontale richting.

De sinusvoorstelling is zuiver fictief (wiskundige uitdrukking) maar heeft niets met de fysica van het uitgestraalde energie-pakket of foton te maken.

En daarom is voor mij de veldentheorie niet de juiste weergave van een (radio)straling.

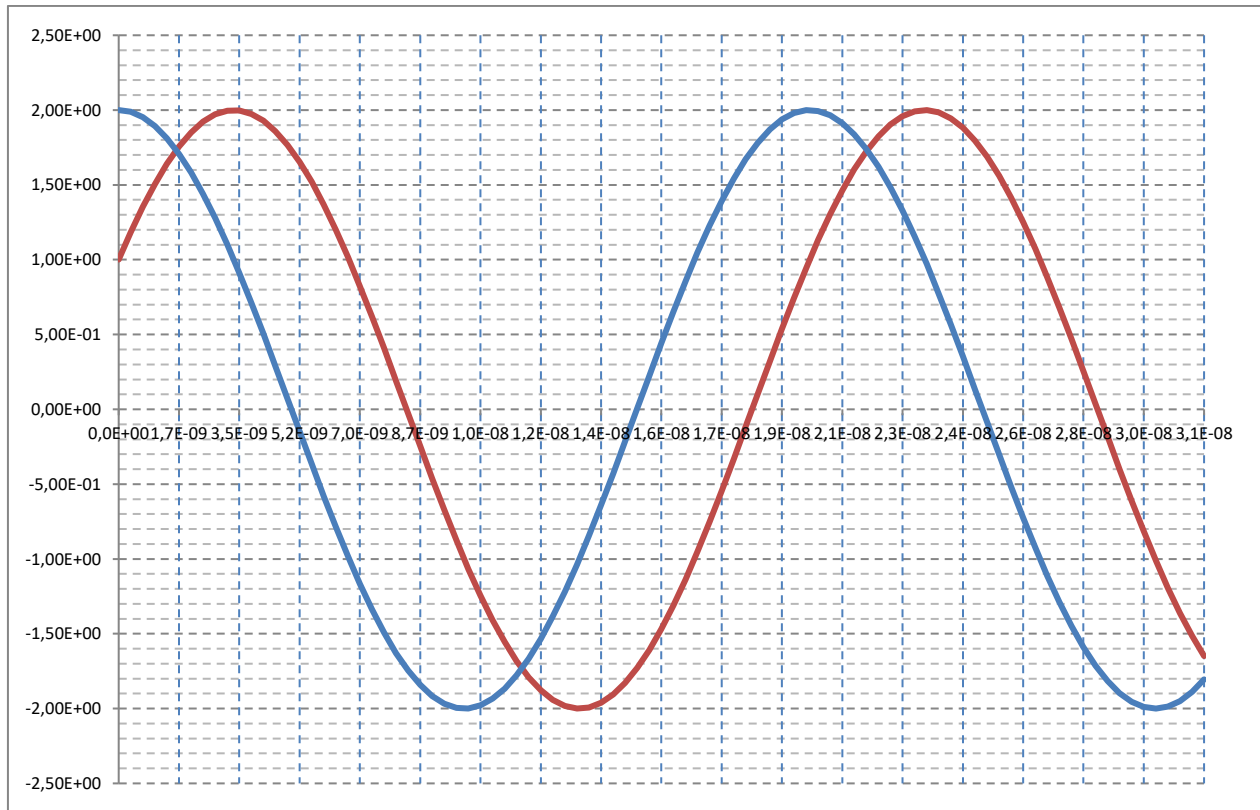


Fig 1 voorstelling van een golf in de tijd verschoven

3. Besluit

Wil men zuiver wiskundig een oplossing vinden voor het ontrafelen van (radio)golven dan kan men zich bezig houden met de formules van De Broglie en Maxwell. En deze kunnen in bepaalde omstandigheden gemakkelijker zijn om uit te rekenen (voornamelijk als men begint te rekenen in 3 dimensies).

Maar om fysisch contact te bewaren met wat er eigenlijk met de fotonen gebeurd is het aangeraden de inzichten van Planck en Einstein te gebruiken.

Jan Spaenjers