

# Det evindelige problemet med å forstå elektromagnetiske bølger

Jeg fikk fredag 30. mai en mail fra en gruppe studenter som blant annet spør: "hvordan kan da en elektromagnetiskbølge være både plan og planpolarisert?"

Jeg sendte dem et svar samme kveld. Svaret mitt kan kanskje være av interesse for andre, selv om det er rotete satt opp. Dersom du ikke fullt ut skjønner forskjellen på plan bølge og planpolarisert bølge og dersom du ikke er 110 % sikker på at du skjønner figur 8.4 i læreboka, bør du kanskje lese videre...

Alle koblinger til studentene som sendte spørsmålet er selvfølgelig fjernet. Spørsmålene gjelder helt vanlige problemer knyttet til forståelse av elektromagnetiske bølger.

Beste hilsen  
Arnt Inge

\*\*\*\*\*

Her er mitt svar (sammen med studentenes spørsmål):

Hei hei,

Dette er innmari viktig stoff, og det virker som om dere ikke er helt i mål. Jeg skal forsøke å peke på detaljer i det dere skriver:

>Hei,

>

>Vi er en gruppe studenter som plutselig ble usikre på plane og elmagbølger.

>En plan bølge er jo en bølge der utslaget er symmetrisk om utbredelsesretning.

Nei, her liker jeg ikke ordet symmetrisk! En PLAN bølge som vandrer i f.eks. z-retning er karakterisert ved at bølgen (ved ethvert tilfeldig valgte tidspunkt) har nøyaktig samme verdi i alle punkt i et vilkårlig uendelig plan vinkelrett på z-retningen. Vi skriver matematisk  $E = E_0 \cos(k z - \omega t)$ , hvilket betyr at har du gitt z, er utslaget nøyaktig det samme i alle punkter i rommet som har akkurat denne z-verdien, uansett x og y-verdi. Alle de uendelig punktene ligger nettopp på et plan vinkelrett på z-aksen i punktet z.

> Men en polarisert bølge har bare utbredelse langs en akse.

Hvor i all verden har dere det fra? Det er standard-FIGURER så som fig 8.4 som BARE angir elektrisk og magnetisk felt langs PUNKTER langs z-aksen. Men bølgen finnes overalt ellers i rommet også! Det er derfor jeg har tegnet inn fem slike figurer i en og samme figur i min fig 8.7 for å vise at uansett hvor vi legger en linje parallelt med z-aksen, kan vi tegne samme fordeling av E og B som langs z-aksen. For feltene finnes jo overalt, men for en plan bølge er de altså i takt med hverandre når vi sammenligner f.eks. E-feltet i punkter i et plan vinkelrett på z-aksen.

>I 2011 eksamen brukes begrepet plan planpolarisert bølge, hvordan kan

>da en elektromagnetiskbølge være både plan og planpolarisert?

Spørsmålet i 2011-eksamenen var nettopp for å sjekke om kandidatene hadde forstått det jeg har nevnt tidligere i denne mailen. Dette er et MEGET VIKTIG punkt, men erfaringsmessig er det svært mange studenter som ikke har fått disse detaljene med seg (internasjonalt så vel som nasjonalt). Les videre ...

- > Og hvordan kan elmagbølger være polarisert i utgangspunktet?
- > Vil også e-feltet til en elmagbølge være uendelig i utstrekning?

Disse to spørsmålene innbiller jeg meg henger sammen med en grunnleggende misforståelse (men jeg kan ta feil).

Når vi tegner en tegning så som fig 8.4 synes det som om det er mange som tror at elektrisk og magnetisk felt har en UTSTREKNING som angitt i figuren. Det er HELT feil! Det er jo nettopp derfor jeg sier at figuren bare angir feltene i PUNKTER langs z-aksen. Der det er tegnet inn en lang E-vektor betyr det at i akkurat det PUNKTET langs z-aksen, er det elektriske feltet ganske sterkt. Figuren forteller også hvilken retning feltet har I DETTE PUNKTET.

For en plan bølge ville det elektriske feltet i et PUNKT VED SIDEN av selve z-aksen ha nøyaktig samme verdi som feltet akkurat PÅ aksen. Det er altså ikke noe spesielt med selve z-aksen, men figurer så som fig 8.4 angir bare feltverdier i punkter langs en (tilfeldig valgt) z-akse.

Husk tilbake på elektromagnetismekurset, at når vi tegner inn en pil som angir elektrisk felt, angir pilen bare feltets størrelse og retning I DET PUNKTET vi starter pilen i. Elektrisk felt er en egenskap som punkter i rommet kan ha.

En elektromagnetisk bølge representerer med andre ord ikke noe som helst UTSLAG lignende det vi har i vannbølger, bølger på en streng eller lydbølger. Det er bare egenskapene lokalt i rommet som endrer seg etter som tiden går.

Når dere skriver " Vil også e-feltet til en elmagbølge være uendelig i utstrekning?" blir dette helt feil, fordi EN ELEKTROMAGNETISK BØLGE ER SYNONYMT MED FORDELINGEN AV ELEKTRISKE OG MAGNETISK FELT i rommet (når fordelingen av disse feltene i tid og rom følger bølgeligningen). Det er nettopp dette at rommet lokalt endrer egenskaper med tiden som ER bølgen.

Plasserer vi et stykke glass inn i bølgen, vil det i et lite volum i glasset nettopp være slik at egenskapene til rommet endrer seg mens bølgen passerer. I visse tidsrom vil det eksistere et elektrisk felt som peker f.eks. i x-retning. Feltet vil ha en størrelse som endrer seg som en sinusfunksjon i tid. Det er dette som er bølgen, nemlig at feltet oscillerer med tiden når vi betrakter ett "punkt" (lite volumelement). Og for at vi skal ha en plan bølge, må feltet dersom vi sammenligner momentant E-felt i mange ulike punkter i rommet, ha en lovmessighet som beskrevet ovenfor.

Men siden en planpolarisert bølge alltid har elektrisk felt som har en retning vinkelrett på retningen bølgen brer seg, vil denne retningen være den samme (eller motsatt rettet) uansett hvilket punkt i rommet vi velger å betrakte den planpolariserte bølgen. Har vi en planpolarisert bølge som vandrer i z-retning og er "polarisert i x-retning" betyr det at uansett hvilket PUNKT i rommet vi velger, vil det elektriske feltet I DETTE PUNKTET ha en retning parallelt med x-aksen eller minus-x-aksen.

Jeg vet ikke om dette hjalp, men dette er stoff som dere bør skjønne fullt ut. Det kan godt hende at jeg har bommet i mine kommentarer i forhold til hvor dere har problemer med forståelsen. Send gjerne en ny mail eller stepp opp på kontoret på mandag for å diskutere dette face to face for å lettere trenge gjennom det som stenger for forståelsen.

Lykke til!

Beste hilsen  
Arnt Inge