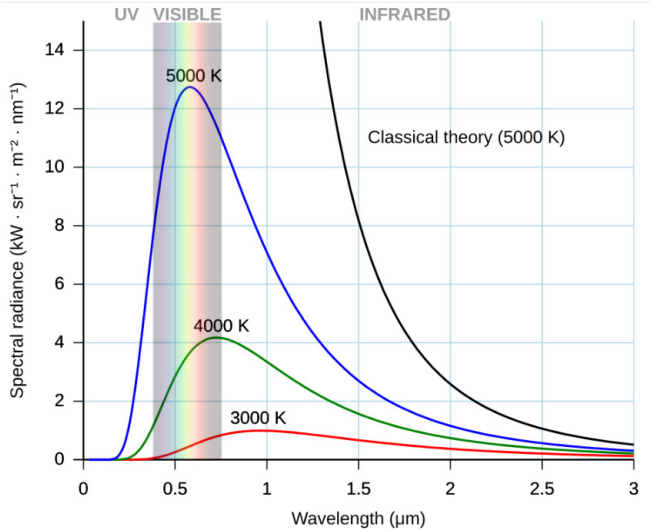
Kvantekrøll

Det problematiske "foton"-begrepet



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black_body.svg

Det sies ofte at kvantefysikken startet med Max Planck's arbeid i år 1900. Han fant en matematisk formel for fargefordelingen i lys fra stjerner.

De som kjenner høstens stjernehimmel vet at både Aldebaran: «Tyrens røde øye» og Betelgeuse: «Orions venstre skulder», lyser rødt - og at Rigel: «Orions høyre kne» lyser blå-hvitt.

Fysikerne kjente også i 1900 til hvordan spektralfordelingen til lys fra rødglødende metaller (pussig nok kalt «sort stråling») endret seg ved høyere og høyere temperatur. Man strevde med å forklare forskjellene i de observerte spektralfordelingene. Max Planck kom fram til en matematisk formel som stemte med observasjonene

$$u_\nu(\nu, T) = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \frac{1}{\exp\left(\frac{h\nu}{k_\mathrm{B}T}\right) - 1}$$

Formelen er interessant fordi den har et eksponentielt ledd hvor forholdet mellom frekvensen til lyset (multiplisert med en slags «kalibreringskonstant») og gjennomsnittlig kinetisk energi i et mange-legeme system i termisk bevegelse inngår. «Kalibreringskonstanten» h kalles i dag for Planck's konstant.

Alt dette skjedde i en periode i fysikken der man forsøkte å finne ut hvilke byggesteiner verden består av. Tanker om elektroner, protoner og nøytroner som partikler med diskrete masser svirret rundt i tiden. Planck kan ha vært påvirket av denne utviklingen da han etter hvert hevdet at «Radiant heat is not a continuous flow and indefinitely divisible. ... It must be defined as a discontinuous mass, made up of units all of which are similar to one another." Forestillingen om identiske enheter ("partikler"), også for "fotoner", oppfattes i dag som kjernen i kvantefysikken.

Det er interessant at Planck ikke tenkte på kvantisering fra starten av. Han har sagt det var "a purely formal assumption ... actually I did not think much about it ..." *** Forestillingen om fotoner som fundamentale elementærpartikler har kommet inn senere og spesielt fremhevet av Einstein.

Selv er jeg svært misfornøyd med begrepet «fotoner» av flere grunner. Plancks konstant kom inn som en slags kalibreringskonstant for å få samsvar mellom en matematisk formel og eksperimentelle data for spektralfordeling fra varmestråling fra «sorte legemer». En konstant som inngikk i beskrivelsen av *et gjennomsnitt*, ble det plutselig tolket til å gjelde *enkelthendelser.*

For det andre synes jeg det er svært uheldig at det fokuseres nesten utelukkende på energi. Energi er en abstrakt størrelse og det er mange former for energi. Det nevnes riktignok iblant at det er snakk om elektromagnetiske felter, men det gis ingen detaljer mhp hvor stor plass i rom og tid fotonet tar.

*** Jeg synes Engelsk Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/Max_Planck (per 21. okt. 2026) gir en mest troverdig fremstilling av disse detaljene. De andre webstedene jeg har sjekket, beskriver Planck's arbeid "i etterpåklokskapens lys" - at fotoner ***er*** udelelige kvanteobjekter med fast energi $E = hf$.

Mitt inntrykk er at folk flest forestiller seg et foton som en slags ubstemt, udelelig gjenstand som flyr gjennom rommet. Velkjente fysiske mekanismer for lys så som diffraksjon og interferens blir borte. Den velkjente forklaringen av dobbeltspalten ble uinteressant, fordi man viser til at vi også får stripemønster når *elektroner* sendes gjennom en dobbeltspalt. Man glemmer at *alle kan lett vise stripemønsteret for lys*, og det er lett å vise samme mønsteret for både lydbølger og overflatebølger på vann. Akira Tonomura klarte å vise det for elektroner, men ifølge boka hans (The Quantum World Unviled by Electron Waves, World Scientific1998) strevde han veldig lenge før han fikk det til. Resultatet var også avhengig av intensiteten, noe som burde får noen og enhver til å tenke litt alternativt....) Jeg kommer tilbake til dette i en kvantekrøll om materiebølger.

Eksperimenter med fotoelektrisk effekt blir ofte tolket som et bevis for fotonenes kvantiserte energi, men som allerede nevnt misliker jeg fysikk-forklaringer basert på abstrakte størrelser så som ”energi”. *Jeg ønsker forklaringer basert på reelle fysiske vekselvirkninger.* Det finnes forresten andre måter ekspeimenter med fotoelektrisk effekt kan forklares (se Borys Jagielski’s masteroppgave, UiO, 2009).

Selv syntes jeg det var spesielt interessant å lytte til Anne L’Huillier (Nobelprisen i fysikk 2023) da hun holdt forelesninger ved Fysisk institutt, UiO i april 2026. Hun nevnte at de ut fra sine detaljerte studier med ”attosekund” pulser av lys (egentilig elektromagnetiske bølger i røntgen-området), vurderte å presentere en ny forklaring av fotoelektrisk effekt. Deres arbeid er i høy grad preget av deres kunnskap om lys som elektromagnetiske felt med utbredelse både i tid og rom, noe jeg liker svært godt.

Bemerkningen til Anne L’Huillier fikk forsterket interesse da jeg i Photonics Spectra fant denne nyheten:
” *MENLO PARK, Calif., Oct. 28, 2026 — Researchers at the Linac Coherent Light Source (LCLS) at the*

U.S. Department of Energy's SLAC National Accelerator Laboratory have measured the shortest high-energy x-ray pulses ever recorded at an x-ray free-electron laser (XFEL). The pulses had photon energies of about 9 keV and clocked in at ***durations of 100 as to 400 as****.*

....

Tais Gorkhover sees a path to actively control how matter interacts with light. .... "If we look beyond even time resolution, we can see attosecond pulses as a new tool to control light-matter interaction in ways researchers have only fantasized about," she said."

The research was published in Nature Photonics (www.doi.org/10.1038/s41566-026-02026-7).

Det blir spennende å følge utviklingen videre!

Noen andre innvendinger til tolkningene av Plancks arbeid til slutt:
Planck var opptatt av lys fra sorte legemer, og mente (etter hvert) at lys med bølgelengde λ har energien $E = hc/\lambda$. Er det rimelig at denne relasjonen også er gyldig for lys som stammer fra energioverganger fra enkeltatomer og fra lys fra f.eks. fotodioder/lysemitterende dioder? Slikt lys har for eksempel ikke samme spektralfordeling som for «sort stråling».

I et separat "kvantekrøll"-skriv vil jeg diskutere vanlig argumentasjon mhp "fotoner" i dag, for den synes jeg er høyst problematisk/villedende. I klassisk fysikk opererer vi med elektriske og magnetiske felt med en reell utstrekning i tid og rom. I kvantefysikk opererer man med diskrete "kvanteobjekter" og en matematisk formalisme basert på sannsynligheter. - Hvordan vil en stakkars fysikkstudent oppleve denne forskjellen? Erfaringen viser at det har blitt mye krøll uta dette: ***Kvantekrøll.*** Les videre.... :)