

Fotonen

19 okt. 2026, 4 min läsning

UTKAST

#fysik #kvantfysik #modell

Kurs: F0005T Förkunskaper: Elektromagnetiska vågor

Fotonen är ljusets energikvantum: ett masslöst paket som färdas med ljushastigheten men ändå bär både energi och rörelsemängd. Den har samtidigt vågegenskaper i form av frekvens och våglängd, och det är genom Plancks konstant h som de två beskrivningarna kopplas ihop.

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad p = \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Fysika: Fd3 (fotonenergi)

Formeln, symbol för symbol

$$\underbrace{E}_{\text{en fotons energi}} = \underbrace{h}_{\text{Plancks konstant}} \underbrace{f}_{\text{frekvensen}} = \frac{hc}{\underbrace{\lambda}_{\text{våglängden}}}$$
$$\underbrace{p}_{\text{fotonens rörelsemängd}} = \frac{\overbrace{E}^{\text{energin}}}{\underbrace{c}_{\text{ljusets hastighet}}} = \frac{h}{\lambda}$$

Ljus kommer i portioner. Frekvensen bestämmer hur stor **varje** portion är, och intensiteten bara **hur många** portioner som kommer per sekund.

1. Energin

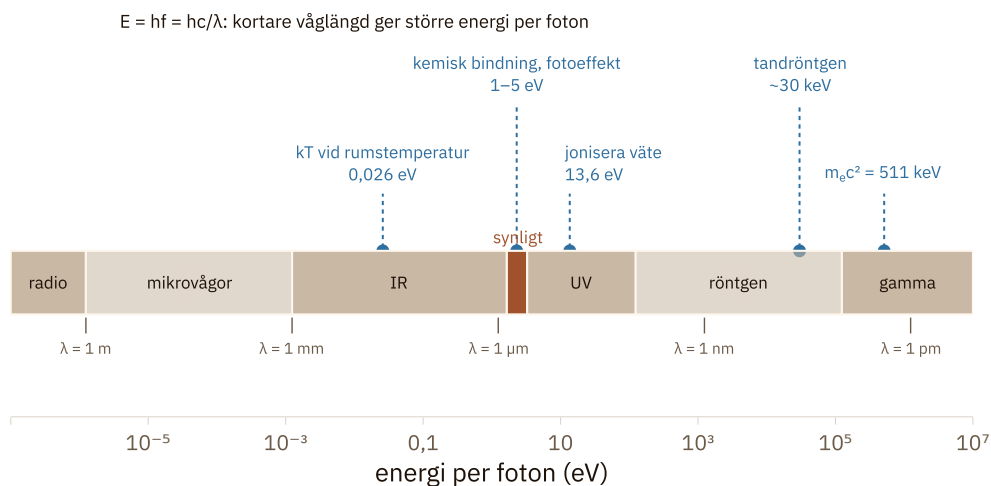
Fotonens energi är proportionell mot frekvensen, med Plancks konstant som proportionalitetskonstant. Med $c = f\lambda$ kan den lika gärna skrivas med våglängden — kort våglängd betyder energirik foton.

I atom- och kärnfysik är eV och nm de naturliga enheterna, och då är det bekvämt att komma ihåg produkten

$$hc = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s} \approx 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$$

Fysika: Te (h , c)

så att till exempel en röd foton med $\lambda = 700 \text{ nm}$ har $E = 1240/700 \approx 1,77 \text{ eV}$.



Energin per foton längs hela spektrumet, på logaritmisk skala. En synlig foton bär några eV — lagom för att bryta en kemisk bindning eller slå ut en elektron ur en metall. En radiofoton bär en miljondel av det, och en röntgenfoton tusentals gånger mer.

2. Rörelsemängden

Enligt den speciella relativitetsteorin hänger energi, rörelsemängd och vilomassa ihop genom

$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$$

Fotonen har vilomassan $m = 0$, så den andra termen försvinner:

$$E^2 = (pc)^2$$

$$E = pc$$

Sätt in $E = hf = hc/\lambda$ och dela med c :

$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

vilket är den andra formeln i rutan. Rörelsemängden pekar i ljusets utbredningsriktning. Den är liten för synligt ljus men blir viktig i **Comptonspridning**, där fotonen stöter mot en elektron.

3. Antal fotoner och ljusets tryck

En ljuskälla med effekten P sänder ut energin P per sekund, fördelad på fotoner med energin hf vardera. Antalet fotoner per sekund blir

$$\frac{dN}{dt} = \frac{P}{hf} = \frac{P\lambda}{hc}$$

Varje foton som absorberas lämnar ifrån sig rörelsemängden h/λ . Kraften på en helt absorberande yta är rörelsemängden per sekund:

$$F = \frac{dN}{dt} \cdot \frac{h}{\lambda} = \frac{P\lambda}{hc} \cdot \frac{h}{\lambda} = \frac{P}{c}$$

Reflekteras fotonerna i stället vänder rörelsemängden, och kraften fördubblas till $2P/c$.

Inga biljardbollar

Fotonen är inte en liten kula. Den har ingen vilomassa, rör sig alltid med c i vakuum, och kan skapas och förstöras (se [Röntgenstrålning](#) och [Parproduktion](#)). Den har egenskaper av både våg och partikel — vilken som syns beror på experimentet, se [Komplementaritetsprincipen](#).

Vanliga fel

- **eV och J blandas.** Med h i J·s blir E i joule. Använd $hc \approx 1240$ eV·nm om svaret ska vara i eV.
- **Våglängden i nm sätts in som meter.** 500 nm är $5 \cdot 10^{-7}$ m, inte $5 \cdot 10^{-9}$.
- **$p = mv$ används för fotonen.** Fotonen har ingen vilomassa; rörelsemängden är h/λ .
- **Våglängden i ett medium används.** Fotonenergin bestäms av frekvensen, som inte ändras när ljuset går in i glas. Räkna med vakuumvåglängden.

4. Lösta exempel

Exempel — Fotoner från en grön laserpekare

En laserpekare sänder ut 1,00 mW grönt ljus med $\lambda = 532$ nm. Bestäm varje fotons energi och rörelsemängd, antalet fotoner per sekund, och kraften på en svart skärm som absorberar strålen.

 Lösning**Energin.**

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{532 \cdot 10^{-9}} = 3,73 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \boxed{2,33 \text{ eV}}$$

Rörelsemängden.

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{532 \cdot 10^{-9}} = \boxed{1,25 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/s}}$$

Antal fotoner per sekund.

$$\frac{dN}{dt} = \frac{P}{E} = \frac{1,00 \cdot 10^{-3}}{3,73 \cdot 10^{-19}} = \boxed{2,68 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}}$$

Kraften. Allt absorberas, så

$$F = \frac{P}{c} = \frac{1,00 \cdot 10^{-3}}{2,998 \cdot 10^8} = \boxed{3,34 \cdot 10^{-12} \text{ N}}$$

Det är så många fotoner per sekund, var och en med så liten energi, att ljuset ser ut som ett jämnt flöde.

Ej kontrollerat mot facit — två oberoende lösningar stämmer överens.

 Exempel — Vilken våglängd har en foton på 2,00 eV?

En lysdiod sänder ut fotoner med energin 2,00 eV. Vilken våglängd och färg har ljuset, och hur stor är fotonens frekvens?

 Lösning**Våglängden.**

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{2,00 \text{ eV}} = \boxed{620 \text{ nm}}$$

vilket är orangerött ljus.

Frekvensen.

$$f = \frac{E}{h} = \frac{2,00 \text{ eV}}{4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}} = \boxed{4,84 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}$$

Kontroll: $f\lambda = 4,84 \cdot 10^{14} \cdot 620 \cdot 10^{-9} = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s} = c$.

Ej kontrollerat mot facit — två oberoende lösningar stämmer överens.

Läsning

- 38.1 Light Absorbed as Photons: The Photoelectric Effect
- 38.2 Light Emitted as Photons: X-Ray Production