

Candela är latin och betyder "vaxljus", "taggljus", vilket avslöjar den ursprungliga betydelsen – en candela var ljusstyrkan för ett vaxljus.



Candela - grundenheten för grundstorheten ljusstyrka

[Av Helge Strömdahl, för Svenska Kemistsamfundets Nomenklaturutskott]

Vad kan vara mer lämpligt än att få inblick i candelas historia och uppkomst under ljusets år och i ljusets tidevarv när för mycket ljus till och med ses som en förorening.

Som bekant omfattar det nu gällande vetenskapliga måttsystemet SI (Système International d'Unités) sju fysikaliska grundstorheter, massa, längd, tid, elektrisk ström, termodynamisk temperatur, substansmängd och ljusstyrka, med definierade unika enheter (se <http://www.bipm.org/en/measurement-units/>).

Alla övriga storheter med åtföljande enheter är härledda ur dessa.

I en serie artiklar kommer Svenska Kemistsamfundets nomenklaturutskott att titta närmare på de sju grundstorheterna och deras enheter. Kanske är grundstorheten för ljusstyrka och dess enhet i candela minst känd av de sju. Därför börjar vi med den.

Men vi gör det också mot bakgrund av att 2015 av UNESCO är utsett till Ljusets år. Artikeln syftar till att ge en kortfattad inblick i hur enheten för storheten ljusstyrka har utvecklats över tid till att ha fått sitt namn candela och sin nuvarande definition.

I början av 1800-talet var enheten för ljusstyrka den ljusmängd som utsändes av standardiserade paraffinljus eller valratljus (framställt av substans från kaskelottvalens spermacetiorgan) med en bestämd förbrukning per timma. För att få en mer exakt och stabil definition föreslog fransmannen Violle 1881 att $1/20$ av den ljusmängd som utstrålar från 1 cm^2 platina vid stelnings/smältpunkten (2045 K ; 1772 °C) vinkelrätt

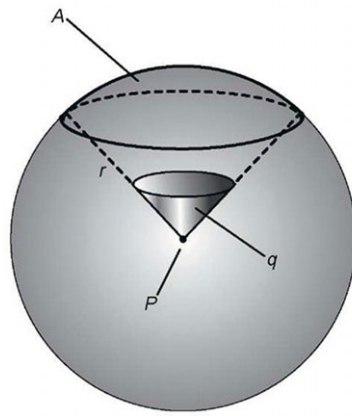
mot metallens yta skulle utgöra enhet för ljusstyrka och kallas 1 bougie décimale.

Denna definition togs upp för diskussion på den internationella elektronikongressen i Paris 1884 och vid den andra kongressen 1889 antogs den som standard.

Även om definitionen var teoretiskt användningsfri var den besvärlig att förverkliga i praktiken. Detta innebar att två så kallade normallampor baserade på förbränning av definierade substanser under standardiserade förhållanden kom att spela en större roll i praktiska sammanhang. Den ena var Hefnerlampen i vilken amylacetat användes som bränsle och den andra Harcourts lampa som matades med pentan vid bestämt lufttryck och luftfuktighet.



Figur 1. Hefnerlampan.



Figur 2. Steradian (rymdvinkelenhet i SI).

I USA kom man även att använda koltråds-glödlampor som prototyper för ljusstyrka.

Vid början av 1900-talet gällde att ett internationellt normalljus = 1 pentacandle = 1 bougie décimale = 1 amerikansk candle = 1,11 hefnerljus. På 1930-talet diskuterade man att införa en ny internationell definition av enheten för ljusstyrka med namnet "new candle" som baserade sig på ljusstrålningen från en Plankstrålare (svartkroppsstrålare) vid temperaturen för platinas stelningsstemperatur, 2045 K (1772 °C).

Förslaget var utarbetat 1937 men på grund av 2:a världskriget blev det först aktualiserat 1946 och ratificerat 1948 av den 9:e CGPM-konferensen (Conférence Générale des Poids et Mesures). Man ändrade då namnet från "new candle" till candela.

Vid den 13:e CGPM-konferensen år 1967 fick den nya enheten sin dåtida definition:

En candela är ljusstyrkan i vinkelrätt riktning från 1/600000 kvadratmeters yta av en svartkroppsstrålare vid temperaturen för platinas stelnande (2045 K) vid trycket 101325 Newton per kvadratmeter.

Att realisera en svartkroppsstrålare vid så hög temperatur som 2045 K skapar experimentella svårigheter. Genom nya möjligheter till att mäta optisk strålning genom utvecklingen av radiometrin föreslogs en radikalt annorlunda definition av enheten för ljusstyrka som fastställdes vid 16:e CGPM 1979.

En candela (1 cd) är ljusstyrkan i en given riktning från en källa som sänder ut monokromatisk strålning med frekvensen $5,40 \cdot 10^{14}$ hertz och vars strålningsstyrka är 1/683 watt per steradian i denna riktning.

Denna definition av en candela är alltså grundenhet för grundstorheten ljusstyrka (eng. luminous intensity) i det nu gällande internationella måttssystemet SI.

Här följer några kommentarer till definitionen:

Enligt SI är en steradian (sr) rymdvinkeln hos en kon, $q = 1$ sr, som har sin spets i centrum P av en sfär och som skär av

ett stycke av sfärens yta som motsvarar en area, A, lika med kvadraten på radien, d.v.s. $A = r^2$.

Även om en candela numera är definierad via grundenheten sekund (1 Hz=1/s) i SI och Watt som är en härledd SI-enhet är den ändå en grundenhet i SI genom sin unika definition. Storheten och därmed enheten kan nämligen inte erhållas genom någon algebraisk kombination av övriga grundstorheter och enheter.

Det litet udda numeriska värdet för strålningsstyrkan, 1/683 Watt/sr, beror på att den nya definitionen ska överensstämma med den tidigare definitionen.

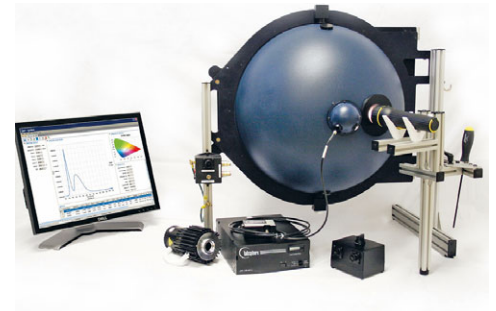
Ljusstyrka och dess enhet en candela är den enda grundstorhet och grundenhet i SI som baseras på människans perception, d.v.s. det mänskliga ögats förmåga att uppfatta ljus. Ljus är elektromagnetisk strålning vars våglängd ungefär ligger i intervallet 390 – 770 nm. Ljusstyrkan beror på strålningens spektrum via den så kallade luminositetsfunktionen som tar hänsyn till det mänskliga ögats spektrala visuella känslighet för intryck av ljus. Ljus vid frekvensen $5,40 \cdot 10^{14}$ Hz har en gulgrön färg som det mänskliga ögat har hög känslighet att uppfatta.

Kritik har framförts mot definitionen av enheten en candela som snarare mäter ljusets inverkan på ett mänskligt organsystem än fenomenet självt och därför inte borde ingå bland övriga grundenheter i SI.

När sievert infördes som enhet för doskvalitativt blev den en härledd enhet i SI. Förslaget är därför att enheterna candela och sievert som definieras med hänsyn till den mänskliga kroppens respons på det aktuella fysikaliska fenomenet bör bilda en särskild grupp av härledda enheter "fysiologiska enheter".

Parallellt pågår en diskussion om införande av en förbättrad och förtydligad formulering av den nuvarande definitionen inom ramen för gällande SI-enheter.

Det experimentella förverkligandet av ljus-



Exempel på utrustning för mätning av bland annat ljusflöde (Labsphere FS2).


styrkan en candela med stabilitet och reproducerbarhet är en komplex process där både fotometriska och radiometriska parametrar är involverade. För närmare information om detta hänvisas till artiklar i tidskriften Metrologia (<http://iopscience.iop.org/0026-1394>).

Slutligen skall nämnas att det finns ett antal härledda fotometriska storheter och enheter för att mäta ljus, alla baserade på grundstorheten ljusstyrka. Två av dessa är ljusflöde och belysning (illuminans).

Om en ljuskälla sänder ut 1 cd via 1 sr är det totala ljusflödet 1 lm (lumen) ($1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot 1 \text{ sr}$). Ljusflöde med enheten lumen är således härledd från ljusstyrka. Numera är som bekant våra lampor märkta med lumen dvs med storheten ljusflöde istället för storheten effekt med enheten Watt.

Detta vällar stor förvirring för lampköpare eftersom den långa erfarenheten av märkningen i Watt inte direkt kan kopplas till märkningen med lumen. Konverteringstabeller finns därför ofta uppsatta vid lampförsäljning för att underlätta valet av lampa. Men det är förmodligen först genom direkt erfarenhet av lampans sken som köparen kan göra ett val som tillfredsställer det krav hon/han ställer.

Att mäta ljusflöde kräver en ganska avancerad och dyrbar utrustning.

En annan härledd storhet är illuminans (belysning) med enheten lux som definieras som $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/1 \text{ m}^2$, d.v.s. ljusflödet per areaenhet belyst yta. Illuminans kan lätt mätas med en s.k. luxmeter. 



Exempel på Luxmeter.