Radiometri och Fotometri

Radiometriska storheter

Storhet	Enhet	Symbol
Strålningsflöde	Watt [W]	Φ_e
Exitans	W/m^2	M_e
Strålningsstyrka	W/sr	I_e
Radians	W/(sr m^2)	L_e
Irradians	W/m^2	E_e

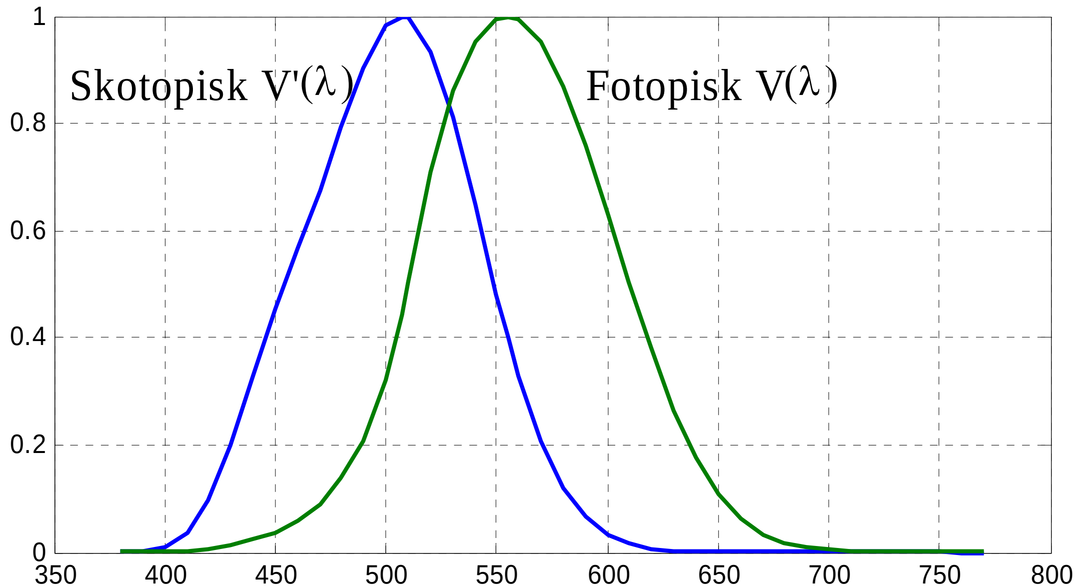
Fotometriska storheter

Storhet	Enhet	Symbol
Ljusflöde	Lumen [lm]	Φ_v
Ljusemmisionsförmåga	lm/m^2	M_v
Ljusstyrka	lm/sr = candela [cd]	I_v
Luminans	lm/(sr m^2) = cd/m^2	L_v
Belysning	lm/m^2 = Lux	E_v

Peter Unsbo 2007

Från radiometri till fotometri

Ögats känslighetskurva **V(λ)**



Vid fotopiskt seende (luminanser över 3 cd/m^2, endast tappar) gäller:

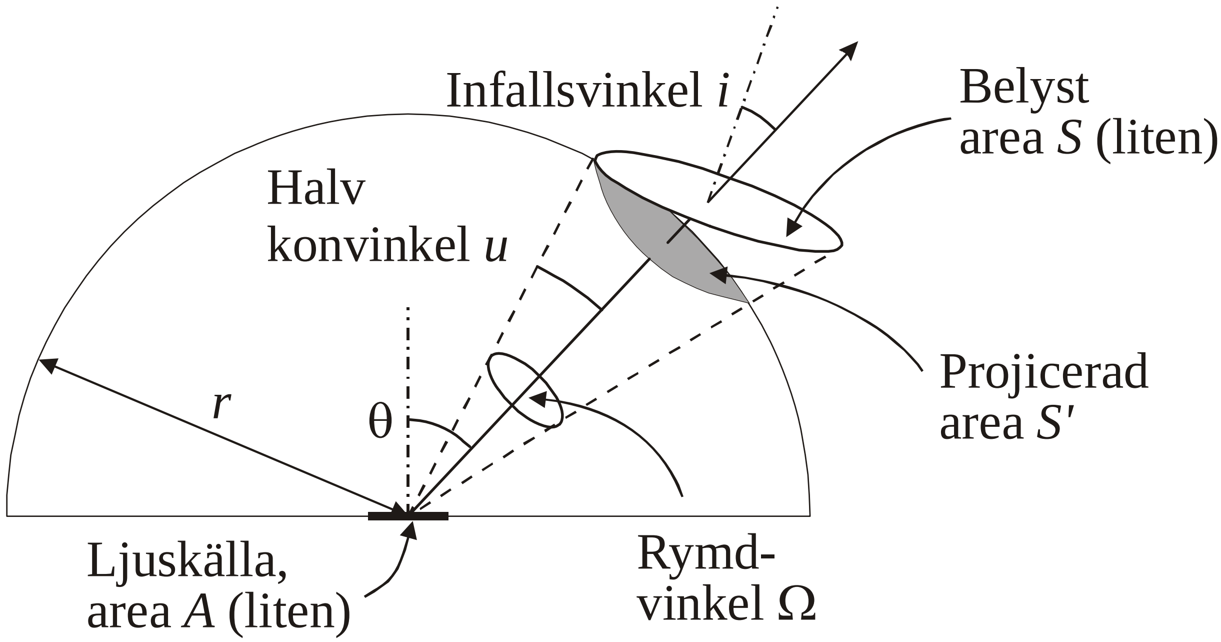
$$\Phi_v = 683 \cdot \int_{360}^{830} V(\lambda)\Phi_e(\lambda)d\lambda$$

Vid skotopiskt seende (luminanser under 0.001 cd/m^2, endast stavar) gäller:

$$\Phi_v = 1700 \cdot \int_{360}^{830} V'(\lambda)\Phi_e(\lambda)d\lambda$$

Fotometri

(Gäller även radiometri om v byts mot e)



Om den belysta ytan S är liten gäller: $S' \approx S\cos(i)$.

Definition: Rymdvinkeln för den belysta arean S ges av

$$\Omega = \frac{S'}{r^2} \approx \frac{S\cos(i)}{r^2} .$$

Formel: Om den belysta ytan, sett från källan, upptar en kon med halva konvinkeln u ges rymdvinkeln av

$$\Omega = 2\pi(1-\cos u) \approx \pi u^2 ,$$

där sista likheten gäller om vinkeln u är liten och <u>mäts i radianer</u>.

Låt flödet totalt från ytan A vara Φ_v och låt flödet i rymd-vinkeln Ω (dvs flödet som träffar ytan S) vara $\Delta\Phi_v$.

Definition: Källans ljusemissionsförmåga, M_v, ges av

$$M_v = \frac{\Phi_v}{A}$$

Definition: Ljusstyrkan, I_v, i riktningen θ ges av:

$$I_v = \frac{\Delta\Phi_v}{\Omega}.$$

Definition: Luminansen, L_v, i riktningen θ ges av:

$$L_v = \frac{I_v}{A\cos(\theta)},$$

där $A\cos(\theta)$ är den projicerade arean som källan ser ut att uppta sett från den belysta ytan.

Definition: belysningen, E_v, på ytan S ges av:

$$E_v = \frac{\Delta\Phi_v}{S}$$

Formel: Med geometri enligt figuren fås:

$$E_v = \frac{I_v\cos(i)}{r^2}$$

Formel: Om ljuskällan är en lambertstrålare gäller att L_v är oberoende av θ. Det leder till följande samband:

$$\Phi_v = \pi A L_v \,, \qquad L_v = \frac{M_v}{\pi} = \frac{E_v \cdot R_{diffus}}{\pi}$$

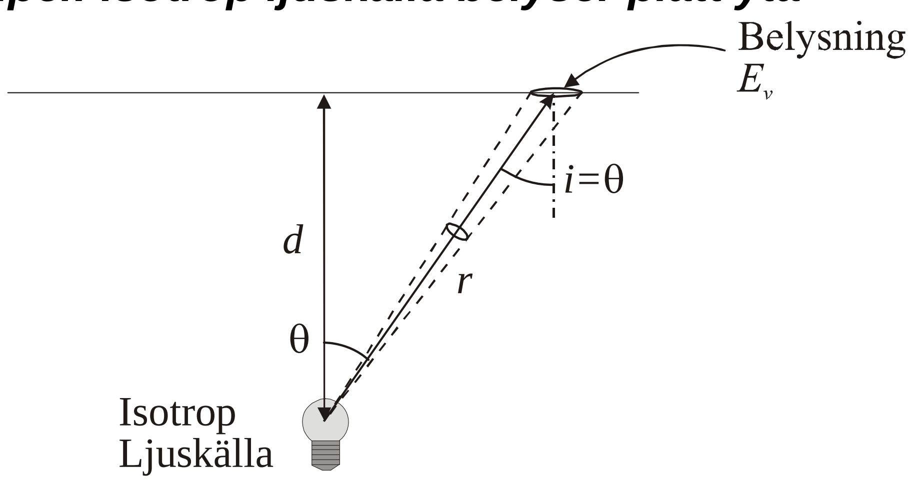
Sista likheten gäller belyst yta, R_{diffus} är diffus reflektans.

Formel: För en isotrop ljuskälla (klot- eller punktformad ljuskälla) gäller att I_v är oberoende av θ och således:

$$\Phi_v = 4\pi\, I_v$$

(De flesta av ovanstående formler förutsätter att både ljuskällan och det belysta området är små jämfört med avståndet mellan dem. Tumregel: Avståndet r skall vara ungefär 5 gånger större än diametern på A och S. Om så inte är fallet får man dela upp ytorna i mindre delar)

Exempel: Isotrop ljuskälla belyser platt yta

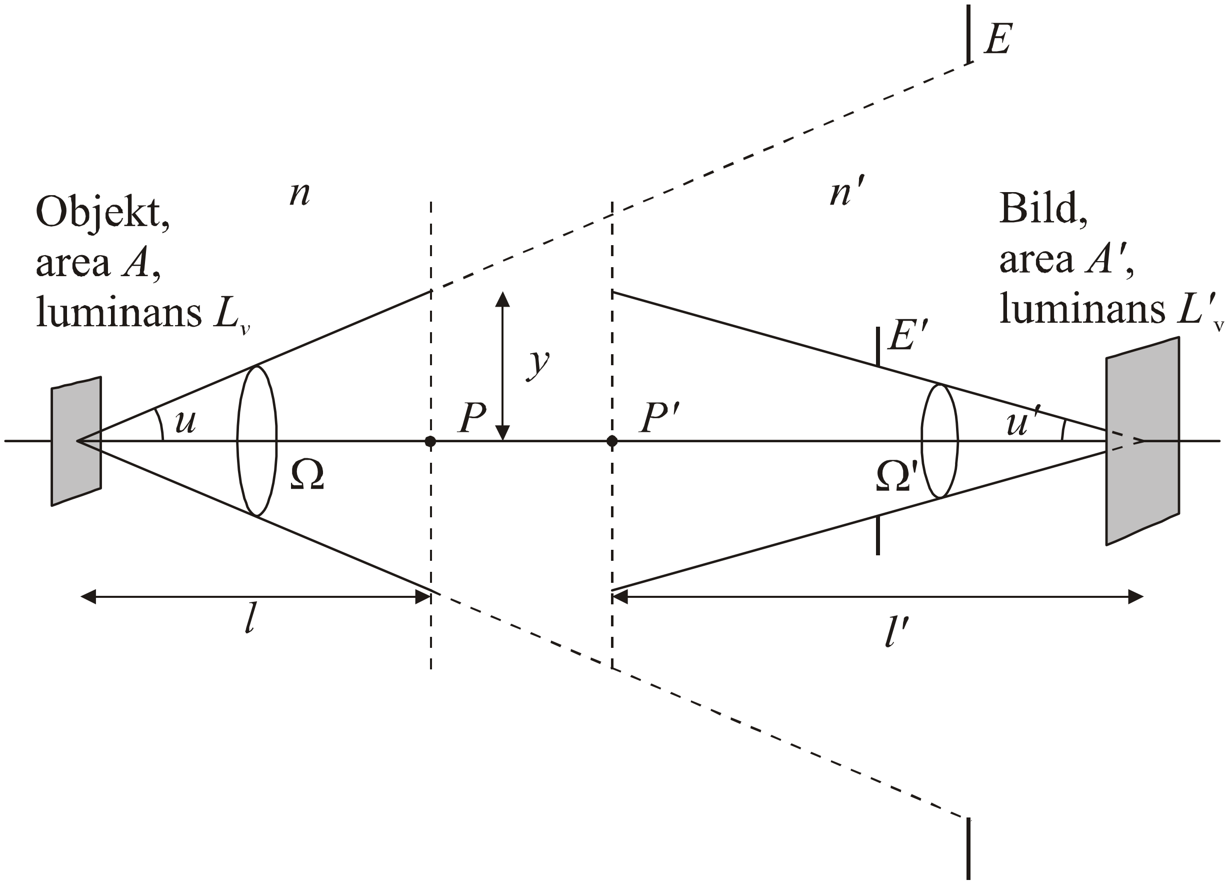


Geometri ger $r = d/\cos(\theta)$. Från formlerna ovan får vi:

$$E_v = \frac{I_v \cos(i)}{r^2} = \frac{I_v}{d^2}\cos^3(\theta)\,.$$

Peter Unsbo 2007

Fotometri i avbildande system



Flödet genom systemet bevaras. Det innebär att flödet $\Delta\Phi'_v$ som träffar bilden är lika stort som det flöde $\Delta\Phi_v$ från objektet som går igenom inträdespupillen:

$$\Delta\Phi'_\mathrm{v} = L'_v A'\Omega' = \Delta\Phi_\mathrm{v} = L_v A\Omega .$$

Sambandet mellan luminansen i objekt resp. bild ges av

$$\underline{L'_v = \left(\tfrac{n'}{n}\right)^2 L_v} .$$

OBS: Understrukna samband gäller endast om man kan bortse från aberrationer och diffraktion vid beräkningen av av arean A' (Gäller alltså t. ex. inte punktobjekt)

Belysningen i bilden ges av

$$E'_v = \Delta\Phi'_v / A' = \Delta\Phi_v / A' = \underline{L'_v \Omega' = \left(\tfrac{n'}{n}\right)^2 L_v \Omega'} .$$

Peter Unsbo 2007