

## Övning 2 – Fotometri

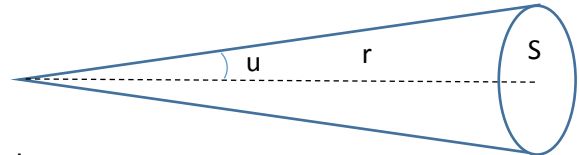
**Många nya enheter/storheter att hålla koll på. Här är en sammanfattning!**

**Rymdvinkel:** Som en vanlig vinkel, fast i 3D. Används för att beskriva hur riktat ljuset är.

Skrivs  $\Omega$ . Enhet: steradianer [sr]

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

$$\Omega = \frac{S}{r^2}$$



Utspritt ljus (glödlampa/stearinljus) – stor rymdvinkel.

Riktat ljus (spotlight/ficklampa) – liten rymdvinkel.

**Ljusflöde:** Anger hur ögat uppfattar effekten från en källa.

Skrivs  $\Phi_v$ . Enhet: lumen [lm]

Ljusflöde liknar effekt (watt), men tar hänsyn till att ögat är mer känsligt för vissa våglängder.

**Ljustyrka:** Anger ljusflöde per rymdvinkel. Beror på hur riktat ljuset är.

Skrivs  $I_v = \frac{\Phi_v}{\Omega}$ . Enhet: candela [cd=lm/sr]

En spotligt är mer riktad än en vanlig glödlampa. Även om båda ger lika stort ljusflöde totalt kommer spotlighten att ha en högre ljustyrka (eftersom den lyser i en mindre rymdvinkel).

**Belysning:** Anger ljusflöde per belyst yta.

Skrivs  $E_v = \frac{\Phi_v}{A_{\text{belyst}}}$ . Enhet: [lm/m<sup>2</sup>]

**Ljusemissionsförmåga:** Anger ljusflöde per källarea.

Skrivs  $M_v = \frac{\Phi_v}{A_{\text{källa}}}$ . Enhet: [lm/m<sup>2</sup>]

Medan belysning är till för belysta ytor, används ljusemissionsförmåga för ljuskällor.

**Luminans:** Anger hur ljust något ser ut. Tar hänsyn till hur riktat ljuset är.

Skrivs  $L_v = \frac{\Phi_v}{\Omega A_{\text{källa}}}$ . Enhet: [cd/m<sup>2</sup>]

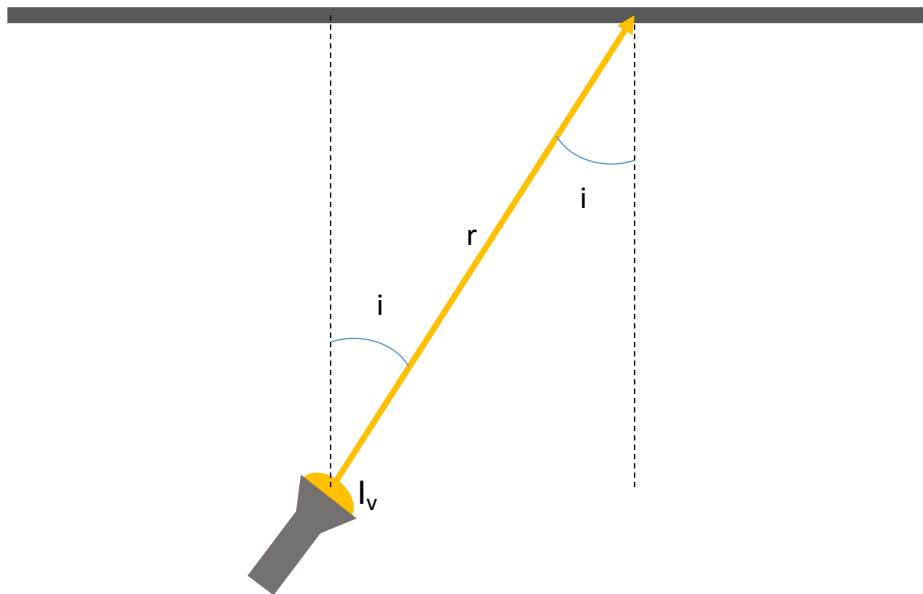
## Lambertstrålare

En källa som sprider ljus diffust kallas Lambertstrålare. Ex. Bioduk, snö, papper.

$$\Phi_v = \pi A L_v$$

## Belysning på plan yta

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



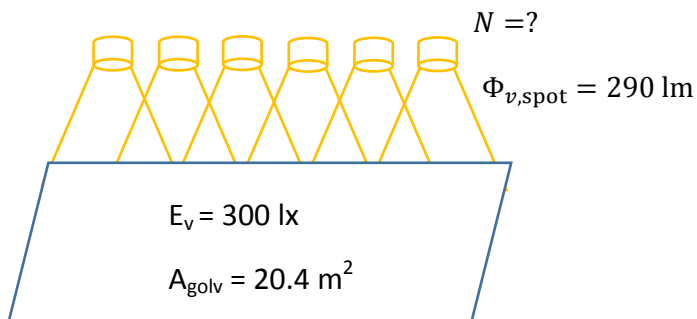
6.) Ett kök med måtten 3.4 m x 6.0 m skall ljussättas med spotlights. Belysningen på golvet skall bli 300 lux i medeltal över hela golvytan. Hur många 20 W spotlights behövs det om varje ger 290 lm?

**Givet:** Önskad belysning  $E_v = 300 \text{ lx}$

En spotlight har ljusflöde  $\Phi_{v,\text{spot}} = 290 \text{ lm}$

Golvet har arean  $A_{\text{golv}} = 3.4 \cdot 6.0 = 20.4 \text{ m}^2$

**Sökt:** Antal spotlights som krävs,  $N$ .



### Sammanlagt ljusflöde som behövs

Belysningen ges av  $E_v = \frac{\Phi_{v,\text{tot}}}{A_{\text{golv}}}$

För att komma upp i  $E_v = 300 \text{ lx}$  över golvytan krävs därför  $\Phi_{v,\text{tot}} = E_v \cdot A_{\text{golv}} = 300 \cdot 20.4 = 6120 \text{ lm}$

### Hur många spotlights?

Eftersom varje spot bidrar med 290 lm behövs:

$$N = \frac{\Phi_{v,\text{tot}}}{\Phi_{v,\text{spot}}} = \frac{6120}{290} = 21 \text{ stycken spotlights}$$

7.) I en biograf används en projektor för projicera filmen på en filmduk med måtten 18 m x 7.7 m. Vilket ljusflöde måste projektorn ge för att luminansen på duken skall bli 100 cd/m<sup>2</sup> över hela ytan? Duken reflekterar 90% och sprider ljuset diffust.

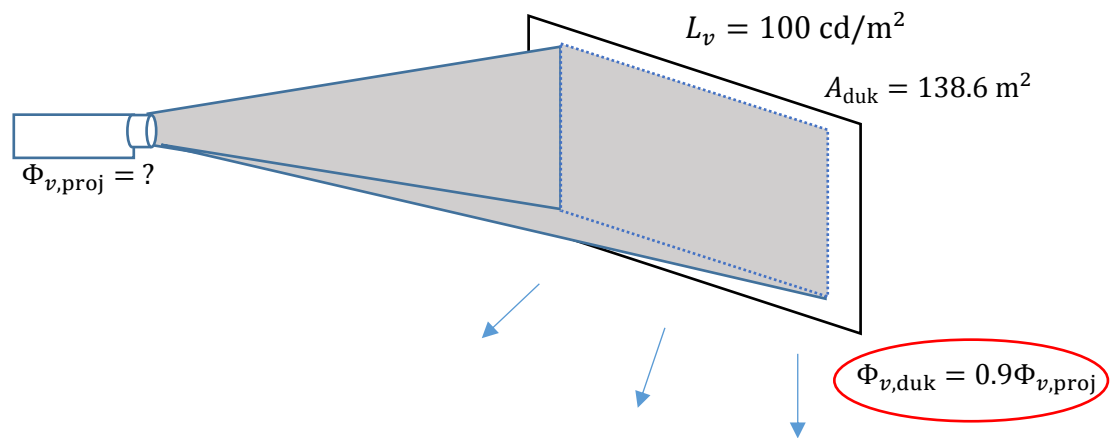
**Givet:** Dukens area,  $A_{\text{duk}} = 18 \cdot 7.7 = 138.6 \text{ m}^2$

Dukens önskade luminans,  $L_v = 100 \text{ cd/m}^2$

Duken reflekterar 90 %

Lambertstrålare

**Sökt:** Projektorns ljusflöde,  $\Phi_{v,\text{proj}}$



### Ljusflödet ut från duken

Vi har en duk som sprider ljus diffust, alltså en Lambertstrålare. Då ges flödet ut från duken av:

$$\Phi_{v,\text{duk}} = \pi A_{\text{duk}} L_v = \pi \cdot 138.6 \text{ m}^2 \cdot 100 \text{ cd/m}^2 = 44\,542 \text{ lm}$$

### Ljusflödet från projektorn

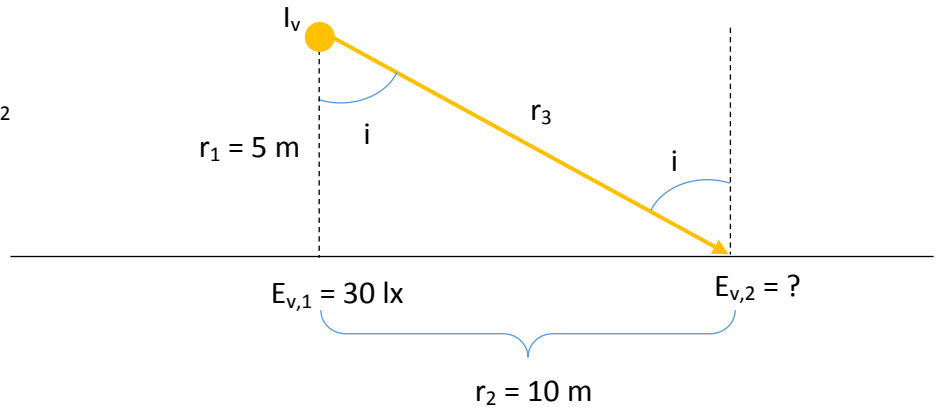
Eftersom duken bara reflekterar 90 % av ljuset måste flödet från projektorn vara ännu lite större för att räcka till. För att komma upp i 44 542 lm reflekterat från duken krävs att projektorn ger:

$$\Phi_{v,\text{proj}} = \frac{\Phi_{v,\text{duk}}}{0.9} = \frac{44\,542}{0.9} \approx 48\,000 \text{ lm}$$

8.) Rakt under en 5 m hög gatlykta får man belysningen 30 lux. Hur stor blir belysningen på marken 10 m bort? Gatlyktan sprider ljuset isotropt.

**Givet:** Se bild

**Sökt:** Belysningen 10 m bort,  $E_{v,2}$



**Medod:**

För att räkna ut belysningen med  $E_{v,2} = \frac{I_v \cos(i)}{r_3^2}$  behövs ljusstyrkan  $I_v$ , vinkeln  $i$  och sträckan  $r_3$ .

### Ljusstyrkan

Ljusstyrkan fås genom att kolla rakt nedanför lampan.

$$E_{v,1} = \frac{I_v \cos(0)}{r_1^2} \rightarrow I_v = \frac{E_{v,1} r_1^2}{1} = 30 \cdot 5^2 = 750 \text{ cd}$$

### Vinkeln

Vinkeln  $i$  fås genom trigonometri:  $\tan(i) = \frac{r_2}{r_1} = \frac{10}{5} \rightarrow i = \arctan(2) = 63.4^\circ$

### Avståndet

Avståndet  $r_3$  fås också genom trigonometri:

$$\sin(63.4^\circ) = \frac{10}{r_3} \rightarrow r_3 = \frac{10}{\sin(63.4^\circ)} = 11.2 \text{ m}$$

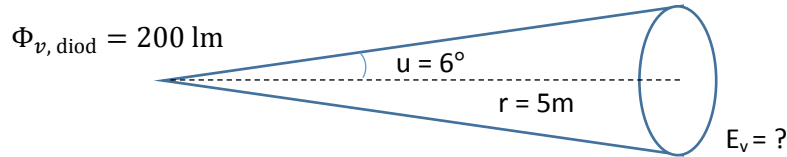
### Beräkna belysningen 10 m bort:

Nu har vi allt för att beräkna den eftersökta belysningen!

$$E_{v,2} = \frac{I_v \cos(i)}{r_2^2} = \frac{750 \cos(63.4^\circ)}{11.2^2} = 2.7 \text{ lx}$$

9.) En ficklampa med en lysdiod ger 200 lm som sprids i en kon med toppvinkeln  $12^\circ$ . Vilken belysning får man om man riktar lampan mot en vägg 5 m bort?

**Givet:**  $\Phi_{v, \text{diod}} = 200 \text{ lm}$ ,  $u = \frac{12^\circ}{2} = 6^\circ$ ,  $r = 5 \text{ m}$ .



**Sökt:** Belysningen  $E_v$  på väggen.

**Metod:**

Belysningen på ytan blir  $E_v = \frac{I_v \cos(i)}{r^2}$ .

Vi vet att avståndet är  $r = 5 \text{ m}$  och vi antar att vi lyser rakt på väggen, så  $i = 0$ . Då återstår bara att räkna ut ljusstyrkan.

**Ljusstyrkan**

$I_v = \frac{\Phi_{v, \text{diod}}}{\Omega}$ , här behöver vi rymdvinkeln  $\Omega = 2\pi(1 - \cos(6^\circ)) = 0.0344 \text{ sr}$

$I_v = \frac{200}{0.0344} = 5811 \text{ cd}$

**Beräkna belysningen på väggen**

$E_v = \frac{5811 \cos(0)}{5^2} = 232 \text{ lx}$

**EXTRA:** Belysningen i cirkelns ytterkant är nästan exakt samma, eftersom vinkeln är liten.

Vi behöver veta avståndet  $r_2$  till ytterkanten för att kunna beräkna belysningen där.

$\cos(6^\circ) = \frac{5}{r_2} \rightarrow r_2 = \frac{5}{\cos(6^\circ)} = 5.027 \text{ m}$

$E_v = \frac{5811 \cos(6^\circ)}{5.027^2} = 229 \text{ lx}$