

## SVETLOBA IN SENCE

### **Sence, ki jih ustvarjajo točkasta svetila**

»Točkasto svetilo« naj bi bilo neskončno majhno (kot točka) in naj bi oddajalo svetlobo na vse strani. Takšnega svetila seveda ni, lahko pa naredimo dovolj dober približek, ki nam omogoča spoznati glavne značilnosti svetlobe, ki bi jo sevalo točkasto svetilo. Kot približek točkastega svetila nam lahko služi sveča ali majhna žarnica (iz bistrega stekla in brez leče). Še boljše kot sveča ali žarnica pa se obnesejo svetleče diode (LED, cena od 1 do 2 EUR, odvisno od barve), ki jim odžagamo lečo in rez zbrusimo (več o tem v dodatku).

### **Sence, ki jih ustvarjajo paličasta svetila**

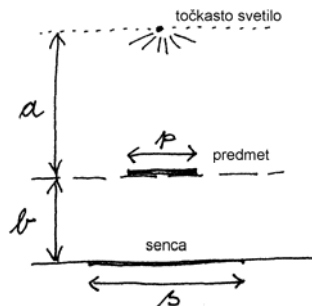
Paličasto svetilo je poseben primer razsežnega svetila, ki pa ima v idealiziranem primeru debelino nič. Tudi takšnega svetila ni, zopet pa lahko naredimo dovolj dober približek, ki nam omogoča spoznati glavne značilnosti svetlobe, ki bi jo sevalo takšno svetilo. Kot približek paličastega svetila nam lahko služi fluorescentna žarnica ali pa podolgovata volframska žarnica iz bistrega stekla in z dolgo, ravno žarilno nitko. Še boljše kot navadna fluorescentna žarnica se obnese tako imenovana hladna katoda (običajno zahteva 12 V DC napajanje), ki je namenjena dekoraciji računalnikov ali avtomobilov (cena okrog 7 EUR, dobite jih npr. pri Conradu ali v trgovinah z računalniki kot Big Bang ipd).

**1 NALOGA: Točkasto svetilo in velikost sence - 1**

**Kako je velikost sence na zaslonu odvisna od razdalje med svetilom in predmetom, če je razdalja med svetilom in zaslonom ves čas enaka?**

**Potrebščine:**

- točkasto svetilo (zelena LED)
- na kartonastem nosilcu
- senčna škatla
- kvadrat iz črnega papirja
- 'polica' iz plexi plastike
- beli listi papirja (za zaslon)
- svičnik
- ravnilo
- škarje



Postavite točkasto svetilo na nosilcu na najvišjo lego v senčni škatli. Za predmet, ki ga boste preslikavali vzemite kvadrat iz črnega papirja. Postavite kvadrat na plexi polico med svetilo in zaslon tako, da bo svetilo nad njegovim središčem. Prižgite svetilo in opazujte senco, ki jo meče kvadrat na zaslon.

a) Opišite kakšna je oblika sence v primerjavi z obliko predmeta.

b) Najprej **napovejte** kako je velikost sence odvisna od razdalje med svetilom in predmetom, če je razdalja med svetilom in zaslonom ves čas enaka. Svojo napoved napišite v spodnji okvir

c) Zdaj **določite iskano odvisnost z meritvami**. Izmerite velikost sence (npr. stranico kvadrata) pri vsaj štirih različnih višinah (izpolnite le prva dva stolpca). Zapišite tudi ostale parametre poskusa.

$b = \dots\dots\dots$

$p = \dots\dots\dots$

| $a$ | $S_{\text{meritev}}$ | $S_{\text{račun}}$ |
|-----|----------------------|--------------------|
|     |                      |                    |
|     |                      |                    |
|     |                      |                    |
|     |                      |                    |
|     |                      |                    |
|     |                      |                    |

c) **Predlagajte teoretični model za opis iskane odvisnosti**. Narišite natančno skico obravnavanega primera. Zapišite iskano odvisnost z enačbo, izračunajte velikosti sence na posameznih oddaljenostih in rezultate vpišite v tretji stolpec zgornje tabele. Pogovorite se o morebitnih razhajanjih med rezultati v zadnjih dveh stolpcih in jih poskusite pojasniti.

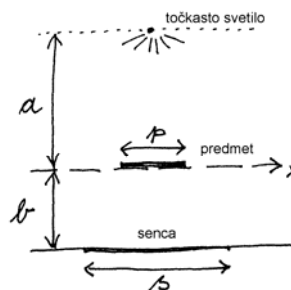
**REŠITEV:**  $s = p \frac{a+b}{a}$

**2 NALOGA: Točkasto svetilo in velikost sence - 2**

**Kako je velikost sence na zaslonu odvisna od lege predmeta (kvadrata) na plexi polici, če je razdalja med ravnino predmeta in zaslonom ter razdalja med svetilom in zaslonom ves čas enaka? (S spreminjanjem 'lege kvadrata' je mišljeno premikanje kvadrata v horizontalni smeri, levo-desno).**

Potrebščine:

- točkasto svetilo (zelena LED) na kartonastem nosilcu
- senčna škatla
- kvadrat iz črnega papirja
- 'polica' iz plexi plastike
- beli listi papirja (za zaslon)
- svičnik
- ravnilo
- škarje



a) **Napovejte** kako je velikost sence (t.j. stranica kvadrata) odvisna od lege kvadrata na plexi polici, če je razdalja med ravnino predmeta in zaslonom ter razdalja med svetilom in zaslonom ves čas enaka! Pričakovano odvisnost opišite z besedami v spodnji okvir.

b) **Določite iskano odvisnost z meritvami** stranice kvadratne sence  $p$ . Lego kvadrata na plexi polici naj določa koordinata  $x$ , katere izhodišče izberite sami. Na zgornji skici označite izhodišče koordinate  $x$ . Izmerite velikost sence pri vsaj štirih različnih legah kvadrata. Zapišite tudi ostale parametre poskusa.

$b = \dots\dots\dots$

$a = \dots\dots\dots$

$p = \dots\dots\dots$

| $x$ | $S_{meritev}$ | $S_{račun}$ |
|-----|---------------|-------------|
|     |               |             |
|     |               |             |
|     |               |             |
|     |               |             |
|     |               |             |
|     |               |             |

c) **Predlagajte teoretični model za opis iskane odvisnosti.** Narišite natančno skico obravnavanega primera. Zapišite iskano odvisnost z enačbo, izračunajte velikosti sence pri posameznih legah kvadrata in rezultate vpišite v tretji stolpec zgornje tabele. Pogovorite se o morebitnih razhajanjih med rezultati v zadnjih dveh stolpcih in jih poskusite pojasniti.

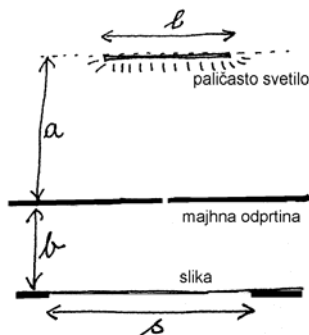
**REŠITEV:**  $s = p \frac{a+b}{a}$  (neodvisno od  $x$ )

### 3 NALOGA: Preslikava paličastega svetila preko majhne odprtine

**Kolikšna je velikost slike paličastega svetila, ki ga preslikamo preko majhne odprtine ?**

**Potrebščine:**

- paličasto svetilo (zelena hladna katoda) na kartonastem nosilcu
- senčna škatla
- črn papir z majhno odprtino
- 'polica' iz plexi plastike
- beli listi papirja (za zaslon)
- svinčnik
- ravnilo
- škarje



Postavite paličasto svetilo na nosilcu v senčno škatlo. Prekrite plexi polico s črnim papirjem v katerem je majhna odprtina. Odprtina naj bo pod središčem svetila. Prižgite svetilo in opazujte sliko, ki nastane na zaslonu.

a) **Napovejte** kako je velikost slike paličastega svetila  $s$  odvisna od ostalih parametrov v poskusu. Podajte le kvalitativne napovedi (je sorazmerna/obratno sorazmerna...). Napovedi vpišite v spodnji okvir.

b) Izmerite velikost slike in ostale parametre pri dveh izbranih postavitvah poskusa.

$l = \dots\dots\dots$

$a = \dots\dots\dots$

$b = \dots\dots\dots$

$s = \dots\dots\dots$

---

Sračun =  $\dots\dots\dots$

$l = \dots\dots\dots$

$a = \dots\dots\dots$

$b = \dots\dots\dots$

$s = \dots\dots\dots$

---

Sračun =  $\dots\dots\dots$

c) **Predlagajte teoretični model za opis iskane odvisnosti.** Narišite natančno skico obravnavanega primera. Zapišite iskano odvisnost z enačbo, izračunajte velikosti slike za izbrana poskusa in rezultate vpišite na prazna mesta pod črto v zgornjih okvirjih. Pogovorite se o morebitnih razhajanjih med izmerjenimi in izračunanimi vrednostmi in poskusite pojasniti odstopanja.

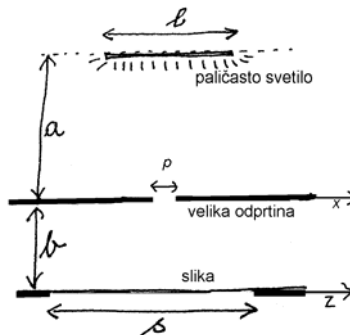
**REŠITEV:**  $s = l \frac{b}{a}$

#### 4 NALOGA: Preslikava paličastega svetila preko velike odprtine

**Kolikšna je velikost slike paličastega svetila, ki ga preslikamo preko velike odprtine ?**

Potrebščine:

- paličasto svetilo (zelena hladna katoda) na kartonastem nosilcu
- senčna škatla
- črn papir z odprtino kvadratne oblike s stranico 1 cm
- 'polica' iz plexi plastike
- beli listi papirja (za zaslon)
- svinčnik
- ravnilo
- škarje



Preden naredite poskus razmislite, v čem se bo slika v tem primeru razlikovala od slike v prejšnji nalogi. Svoje napovedi napišite v spodnji okvir.

Postavite paličasto svetilo na nosilcu v senčno škatlo. Prekrite plexi polico s črnim papirjem v katerem je kvadratna odprtina s stranico 1 cm. Prižgite svetilo in opazujte sliko, ki nastane na zaslonu.

a) **Napovejte** kako je velikost slike paličastega svetila  $s$  (t.j. dolžina osvetljenega dela) odvisna od ostalih parametrov v poskusu. Podajte le kvalitativne napovedi (je sorazmerna/obratno sorazmerna...). Napovedi vpišite v spodnji okvir.

b) Izmerite velikost slike in ostale parametre pri izbrani postavitvi poskusa.

$l = \dots\dots\dots$   
 $a = \dots\dots\dots$   
 $b = \dots\dots\dots$   
 $p = \dots\dots\dots$   
 $s = \dots\dots\dots$   

---

 $Sračun = \dots\dots\dots$

c) **Predlagajte teoretični model za opis iskane odvisnosti.** Narišite natančno skico obravnavanega primera. Obravnavajte primer, v katerem je odprtina pod sredino svetila.

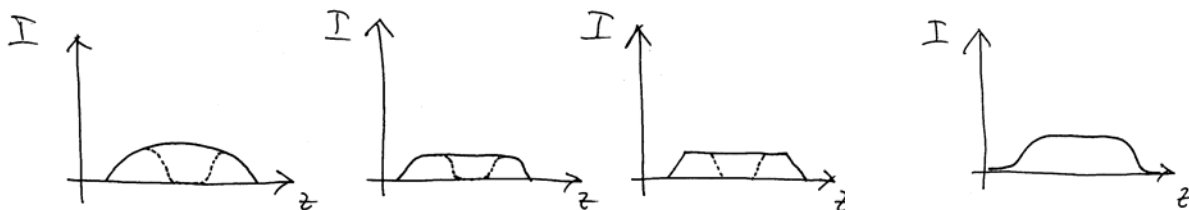
Izpeljite izraz za velikost slike v primeru, ko je odprtina pod sredino svetila. Izračunajte velikosti slike za izbrani poskus in rezultat vpišite na prazno mesto pod črto v zgornji okvir. Pogovorite se o morebitnih razhajanjih med izmerjenimi in izračunanimi vrednostmi in poskusite pojasniti odstopanja.

REŠITEV:  $s = l \frac{b}{a} + p \frac{a+b}{a}$  (Namig: do rešitve ti pomagata razmisleka 2. in 3. naloge!)

**Dodatek:** Pokažite z računom, da velikost slike ni odvisna od lege odprtine v ravnini, ki jo določata  $a$  in  $b$ . Namig: izpeljite izraz za velikost slike, ko je odprtina na poljubnem mestu v ravnini.

d) Narišite graf, ki kaže kako se kvalitativno spreminja osvetljenost slike vzdolž koordinate  $z$  (glej sliko na začetku naloge).

e) Srednjo četrtino svetila zastrite s črnim papirjem in opazujte sliko na zaslonu. V zgornji graf dorišite ( $z$  drugo barvo ali črtkano) kako se kvalitativno spreminja osvetljenost slike vzdolž koordinate  $z$ . Dobro razmislite v katerih delih grafa sta osvetljenosti d) in e) enaki in kje je ena manjša od druge.



REŠITEV: Primeri kvalitativnih grafov, ki jih lahko na tem nivoju smatramo kot pravilne (d-sklenjena črta, e-črtkano). Prvi graf na levi približno prikazuje dejansko osvetljenost.

Nepravilen graf: asimptotično  
pojemanje osvetljenosti

\*f) Opazujte liso na zaslonu, ki jih meče trak s katerimi zastremo del svetila. Najmanj kolikšna mora biti širina traku, da nastane na sredi lise popolna senca? Izrazite minimalno širino s parametri poskusa.

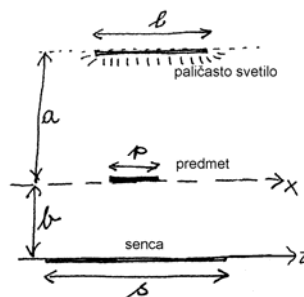
REŠITEV:  $l_{\min} = p \frac{a+b}{b}$

## 5 NALOGA: Preslikava paličastega svetila preko predmeta

**Kakšna senca nastane na zaslonu, če pred paličasto svetilo postavimo majhno oviro?  
Od česa odvisna vlikost in oblika sence?**

**Potrebščine:**

- paličasto svetilo (zelena hladna katoda) na kartonastem nosilcu
- senčna škatla
- košček črnega papirja kvadratne oblike s stranico 1 cm
- 'polica' iz plexi plastike
- beli listi papirja (za zaslon)
- svinčnik
- ravnilo
- škarje



Preden naredite poskus razmislite, kakšna bo oblika sence, ki nastane na zaslonu v tem primeru. Svoje napovedi napišite v spodnji okvir.

Postavite paličasto svetilo na nosilcu v senčno škatlo. Postavite na sredo plexi police črn kvadrat s stranico  $1\text{ cm}$ . Prižgite svetilo in opazujte sliko, ki nastane na zaslonu.

a) **Napovejte** kako je velikost sence  $s$  odvisna od ostalih parametrov v poskusu. Podajte le kvalitativne napovedi (je sorazmerna/obratno sorazmerna...). Napovedi vpišite v spodnji okvir.

b) Izmerite velikost sence in ostale parametre pri izbrani postavitvi poskusa.

$l = \dots\dots\dots$   
 $a = \dots\dots\dots$   
 $b = \dots\dots\dots$   
 $p = \dots\dots\dots$   
 $s = \dots\dots\dots$   

---

 $S_{\text{račun}} = \dots\dots\dots$

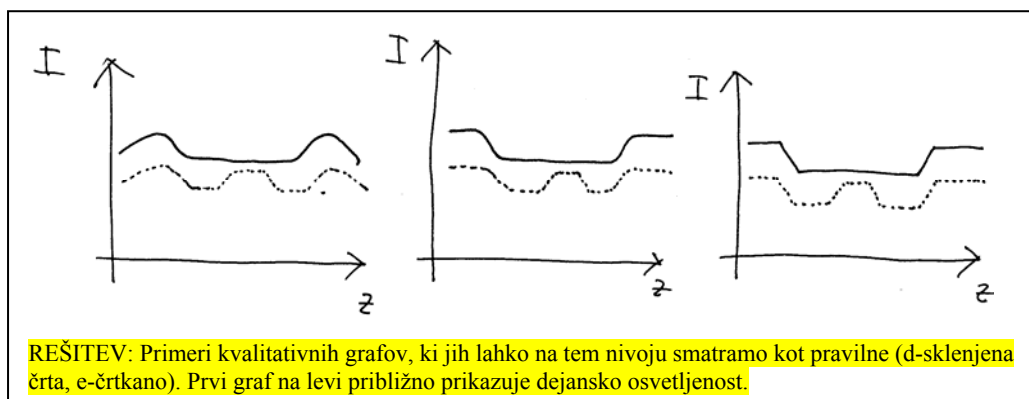
c) **Predlagajte teoretični model za opis iskane odvisnosti.** Narišite natančno skico obravnavanega primera. Obravnavajte primer, v katerem je predmet pod sredino svetila. Izpeljite izraz za velikost sence v tem primeru. Izračunajte velikosti sence za izbrani poskus in

rezultat vpišite na prazno mesto pod črto v zgornji okvir. Pogovorite se o morebitnih razhajanjih med izmerjenimi in izračunanimi vrednostmi in poskusite pojasniti odstopanja.

**REŠITEV: KOT V NALOGI 4.**

d) Narišite graf, ki kaže kako se kvalitativno spreminja osvetljenost slike vzdolž koordinate  $z$ , ko gremo iz leve proti desni, preko sence na zaslonu (glej sliko na začetku naloge).

e) Srednjo četrtino svetila zastrite s črnim papirjem in opazujte sliko na zaslonu. V zgornji graf dorišite (z drugo barvo ali črtkano) kako se kvalitativno spreminja osvetljenost slike vzdolž koordinate  $z$ . Pazite na to, da bosta grafa osvetljenosti primerljiva tudi med seboj.



\*f)

Izmerite osvetljenosti na zaslonu v primeru d) in e) in primerjajte rezultate z vašimi napovedmi.



**DODATEK:**  
**KAKO NAREDIMO TOČKASTO SVETILO IZ SVETLEČE DIODE?**

V trgovini z elektronskim materialom kupite svetleče diode (»ledice«), ki imajo čim večjo svetilnost (tipično nekaj kandel). Takšne ledice so zataljene v prozorno plastiko in zato lahko določite njihovo barvo šele ko svetijo.

Postopek izdelave točkastega svetila iz ledice:

- 1) Previdno vpnite ledico v primež in odžagajte lečasti del ohišja (glej sliko). Najbolje se obnese žagica za železo. Žagajte previdno in z zmernim pritiskom na ledico.
- 2) Zbrusite odžagani del ledice. Uporabljajte vodne brusne papirje, ki so nemanjeni za fino brušenje kovin (npr. v avtoličarstvu). Papir položite na mizo ali drugo ravno podlago in po njem drsajte odžagani del ledice v krožnih gibih. Pred tem papir omočite z vodo. Pazite, da bo ravnina odrezane površine ves čas čim bolj vzporedna z ravnino podlage. Začnite z grobim brusnim papirjem (gradacija 600) in nato postopno do najbolj finega (npr. gradacija 1000 in nato 1200). Na koncu spolirajte odrezano površino z zobno pasto, dokler ne dobite čiste, prozorne površine.

