

# Narobe svet – izdelava didaktičnih pripomočkov za prikaz optičnih preslikav

Nina Jereb

Gimnazija Koper



## Povzetek

Kako učilnico spremeniti v ogromno camera obscura in to nadgraditi z lečo? Kako izdelati model očesa, ki že po videzu spominja na pravega in s katerim lahko pokažemo tudi vpliv odprtosti zenice na globinsko ostrino? Kako z uporabo barvnih filtrov in aditivnega mešanja barv zastaviti uganko o poteku žarkov skozi zbiralno lečo?

## Abstract

How to turn a classroom into a huge camera obscura and upgrade this with a lens? How to make a model of the human eye that looks like the real one, and with it demonstrate the impact of the size of the pupil on the depth of field? How to solve the mystery of the passing of rays through a convex lens using colour filters and additive colour mixing?

Nekoč mi je prijateljica opisala, kako je na stenah zatemnjene hodnika, v katerega je svetloba pronicala le skozi majhno odprtino, opazila »narobe« obrnjeno zunanost. Nebo, smreko, avtomobile, ki so peljali mimo ... Lahko bi zamahnili z roko in rekli: »Eh, camera obscura, pač!« A ko se pred nami na tako preprost način izriše skoraj živa slika, ne moremo ostati ravnodušni. Če si ob tem znamo razložiti še, zakaj in kako je nastala, je doživetje toliko bolj bogato. Ogromna camera obscura lahko postane kar učilnica, kar se mi zdi idealen uvod v poglavje o optičnih preslikavah.

V nadaljevanju so opisani demonstracijski poskus, ki ga lahko izvedemo pred vsem razredom, nato pa še poskusa, ki ju lahko uporabimo kot dodatek pri laboratorijskih vajah ali na fizikalni delavnici.

## Učilnica – camera obscura

### Zatemnjena učilnica, karton z luknjo

Učilnico popolnoma zatemnimo. Če z okenskimi senčili ne gre, temo dosežemo tako, da okna zakrijemo s kartoni. Ene-



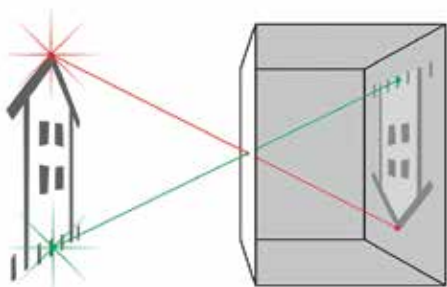
Slika 1a: Karton z luknjo, nameščen na okno.



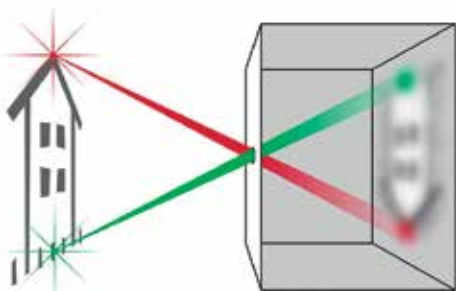
Slika 1b: Projekcija zunanosti na stranski steni.

ga izmed kartonov že vnaprej pripravimo tako, da vanj izrežemo luknjo, ki je lahko velika tudi za pest. Izdelamo kartonast nastavek z manjšo luknjo, s katerim lahko večjo luknjo prekrijemo in ji tako spremenimo velikost. Priporočljivo je, da tak karton namestimo na okno, ki je blizu stene (slika 1). Na stranski steni je slika večinoma videti lepše kot na steni nasproti okna, kjer je zaradi razdalje slabo vidna ali je sploh ni.

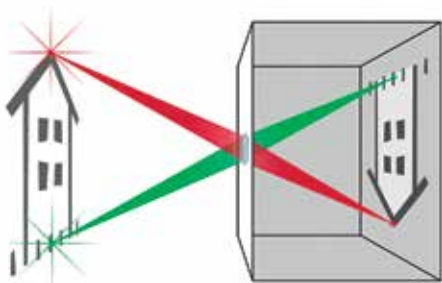
Še boljši učinek dosežemo, če korak ali dva pred odprtino postavimo belo rjuho. Na njej nastane slika, ki je intenzivnejša kot na stenah. Vidna je z obeh strani rjuhe in dovolj velika, da jo brez težav lahko hkrati opazuje ves razred. Razdaljo med odprtino in rjuho lahko spreminjamo. Z učenci ali dijaki opazujemo, kako se ob tem spreminjata velikost ter svetlost slike. Opazujemo še, kaj se zgodi s svetlostjo in z ostrino, če spremenimo velikost odprtine.



Slika 2a: Manjša luknja.



Slika 2b: Večja luknja.



Slika 2c: Zbiralna leča.

Zgodbo o nastanku slike hiše lahko zastavimo tako: Svetloba se od vsake točke na osvetljenih površinah odbija v prostor. Nekaj te svetlobe pade skozi luknjo na zaslon.

Če je luknja zelo majhna (slika 2a), pade svetloba s posameznega delčka hiše na točno določeno mesto zaslona – svetloba s strehe na spodnji del zaslona, svetloba s trave na zgornji del ... Tako se hiša preslika na zaslon. Slika je tem bolj ostra, tem manjša je luknja. A skozi manjšo luknjo pade v škatlo manj svetlobe, zato je slika temnejša in slabše vidna.

Pri veliki luknji (slika 2b) je slika svetla, a zdaj svetloba z nekega delčka hiše pade na večje območje zaslona. Slika je zato neostra.

Če dodamo zbiralno lečo (slika 2c), žarke spet zberemo. Slika je na ta način lahko ostra tudi pri veliki odprtini, a le, če je razdalja med lečo in zaslonom primerna.

### Nadgradnja z lečo

#### Zatemnjena učilnica, karton z luknjo, zbiralna leča z goriščno razdaljo 1 m

Poskus nadgradimo tako, da na odprtino v kartonu namestimo zbiralno lečo. Da bi dobili veliko sliko, dobro vidno vsemu razredu, potrebujemo lečo z veliko goriščno razdaljo. Odlično se obnese recimo goriščna razdalja 1 m. Težava je, da so fizikalne učilnice pogosto dobro založene le z lečami s krajšimi goriščnimi razdaljami. Če leč z daljšimi goriščnimi razdaljami nimamo, lahko uporabimo cenejša očala za daljnovidnost z dioptrijo +1,00, ki jih v prodajalnah lahko kupimo za nekaj evrov. Velja:  $D = 1/f$ , kjer je  $D$  dioptrija,  $f$  pa goriščna razdalja leče v metrih.

Kot zaslon ponovno uporabimo rjuho, ki jo premaknemo tako, da izostrimo opazovani predmet.

Morda bo kateri dijak želel poskusiti s svojimi očali. Mladi imajo pogosto očala z razpršilnimi lečami. Lahko jih uporabimo v kombinaciji z zbiralno lečo z dovolj kratko goriščno razdaljo. Sliko izostrimo, ko so očala pred lečo. Očala nato umaknemo, da ostane le zbiralna leča, in sliko s premikanjem zaslona ponovno izostrimo. Opazimo, da slika tokrat nastane bližje leči.

# Poskusi za manjše število učencev ali dijakov

(npr. kot dopolnilo k laboratorijski vaji)

## Model očesa

Estetski model očesa lahko izdelamo iz leče in navadne plastične prozorne krogle, ki jo kupimo v trgovini z umetniškim materialom. Premer krogle naj se ujema z goriščno razdaljo leče. Tako bo oko ostro »videlo« predmete v daljavi.

## Potrebujemo:

- Plastično prozorno kroglo premera 10 cm,
- lečo z goriščno razdaljo 10 cm,
- črno in belo barvo v razpršilu,
- karton ali moos gumo.



Slika 3: Model očesa od znotraj.



Slika 4: Model očesa od zunaj.



Slika 5: Obrnjena realna slika na zadnji strani.



Slika 6: Zatemnitev s tulcem.

## Izdelava

Kupljena krogla naj bo sestavljena iz dveh prozornih polovic, ki ju je mogoče sestaviti. Eno polovico krogle počrni z barvo v razpršilu, tako da prepušča čim manj svetlobe. Zaradi estetskih razlogov jo z druge strani pobarvamo belo. Na sredini zvrzamo luknjico, ki naj bo čim večja, a še vedno dovolj majhna, da nanjo lahko namestimo lečo. Drugo polovico, ki služi kot zaslon, zbrusimo z gladkim brusnim papirjem, tako da postane polprosojna in

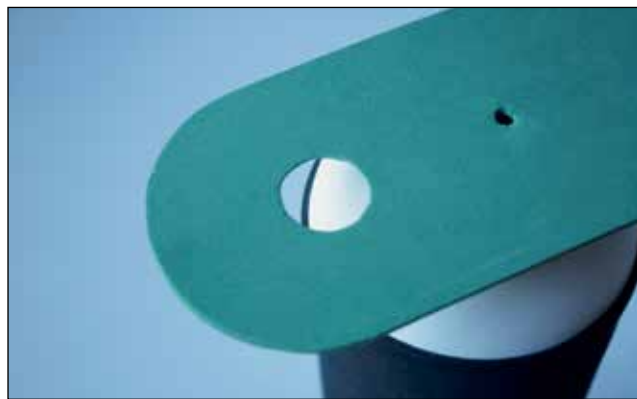
da se na njej svetloba sipa. Slika je najboljše vidna, če čim manj svetlobe prihaja iz ozadja in s strani. V ta namen izdelamo še tulec za zatemnitev (slika 6).

## Uporaba pripomočka

Poleg tega, da na zaslonu opazujemo »narobe svet«, se z modelom lahko še malo poigramo in pogledamo, kako daljnovidno oko vidi bližnje predmete skozi široko odprto zenico in skozi ozko zenico.



Slika 7: Široko odprta zenica.



Slika 8: Zožena zenica.

Risba mačke je skozi široko odprto zenico na modelu tako razmazana, da je sploh ne vidimo, medtem ko je skozi ozko zenico lepo vidna, čeprav leča na tem očesu izostri le oddaljene predmete. Ob tem poskusu lahko razložimo, zakaj slabovidni ljudje boljše vidijo ob močni svetlobi, ko je zenica zožena, in zakaj je pri fotoaparatu globinska ostrina velika takrat, ko je zaslonka skoraj zaprta.



Slika 9: Opazovani predmet.



Slika 10: Skozi široko odprto zenico.



Slika 11: Skozi ozko zenico.

### Kaj nam o leči povejo barve

Obrnjeno realno sliko pri leči lahko lepo vidimo tudi s pomočjo pripomočka, ki ga izdelamo iz cevi za hišno kanalizacijo. Prednost tega pripomočka je, da lahko spreminjamo razdaljo med lečo in zaslonom. Nastavek z barvnimi filtri pa nam o sliki oziroma poteku žarkov razkrije še več.



Slika 12: Deli.



Slika 13: Nastavek z barvnimi filtri.



Slika 14: Postavitev poskusa.

### Izdelava

Uporabila sem lečo z goriščno razdaljo 8 cm in cev dolžine 20 cm ter širine 7,5 cm. Pri drugačni leči prilagodimo velikost cevi.

Zaslon lahko izdelamo iz peki papirja, če pa smo pripravljeni vložiti malo več truda, lahko izdelamo kompaktnější zaslon iz kosa prosojne plastike. Uporabimo npr. plastiko, namenjeno toplim gredam, ki je ravno



prave trdote, da jo lahko režemo s škarjami. Zbrusimo jo z gladkim brusnim papirjem, da postane polprosojna in da sipa svetlobo. Iz nje nato izrežemo krog, katerega premer se ujema z zunanjim premerom cevi. Cev odžagamo na razdalji približno 5 cm od ožjega roba. Tja vstavimo zaslon in dela cevi zlepimo, da dobimo prvotno obliko cevi.

Tako pripravljeno cev vtaknemo v drsno spojko. To je malenkost širši kos cevi, namenjen spajanju dveh cevi. V njej je gumijasto tesnilo, ki ga odstranimo, da cev lepše drsi. Na drugi konec spojke namestimo čep, v katerega še prej zvrtno okroglo odprtino in nanjo namestimo lečo. S premikanjem cevi naprej in nazaj spreminjamo oddaljenost med zaslonom in lečo.

Filter izdelamo tako, da folijo, namenjeno brizgalnemu tiskanju, pobarvamo z navadnimi flomastri modre, zelene in rdeče barve. Lahko ga tudi natisnemo z barvnim tiskalnikom in pogledamo, v katerem primeru je učinek boljši. Sama sem dobila boljše rezultate s flomastri. Za lažje premikanje traka s filtri lahko izdelamo še vodila iz kanalčkov za električne kable.



**Slika 15:** Zaslon v cevi.

### Uporaba pripomočka

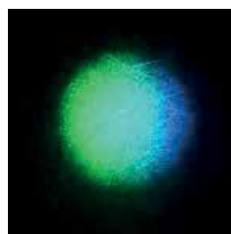
Kaj opazimo na zaslonu, če polovico leče prekrijemo z enim barvnim filtrom, drugo polovico pa z drugim (slika 13)? Misel, ki se ponuja, je, da je polovica slike na zaslonu ene barve, druga polovica pa druge. To se seveda ne zgodi.

Opazujemo belo žarnico. Če pred lečo postavimo moder in rdeč filter, dobimo magenta sliko žarnice. Rdeč in zelen filter dasta rumeno sliko, zelen in moder pa cian sliko. Skratka – opazimo, da gre za aditivno mešanje barv, da torej svetloba, ki prihaja skozi levo polovico leče, pade na isto mesto kot svetloba, ki prihaja skozi desno polovico.

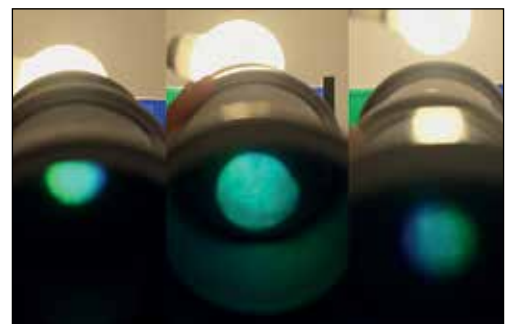


**Slika 16:** Slika žarnice skozi lečo in barvna filtra – kombinacija rdečega, zelenega in modrega filtra.

Kaj pa, če zaslon pomaknemo bližje k leči? Slika, ki jo vidimo, je taka:

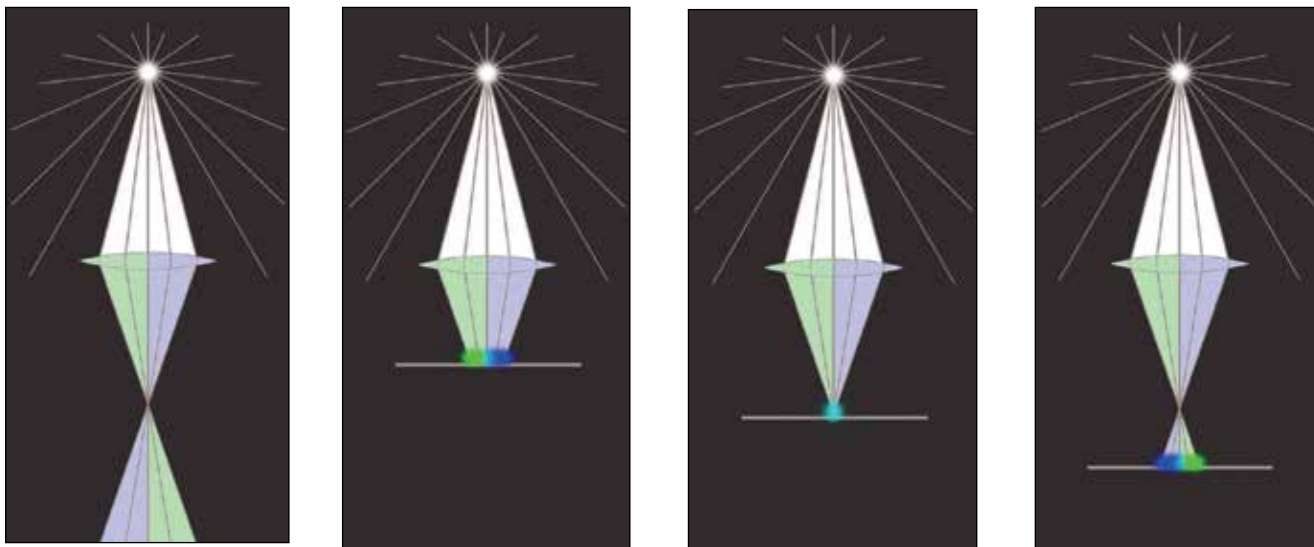


**Slika 17:** Neizostrena slika žarnice.



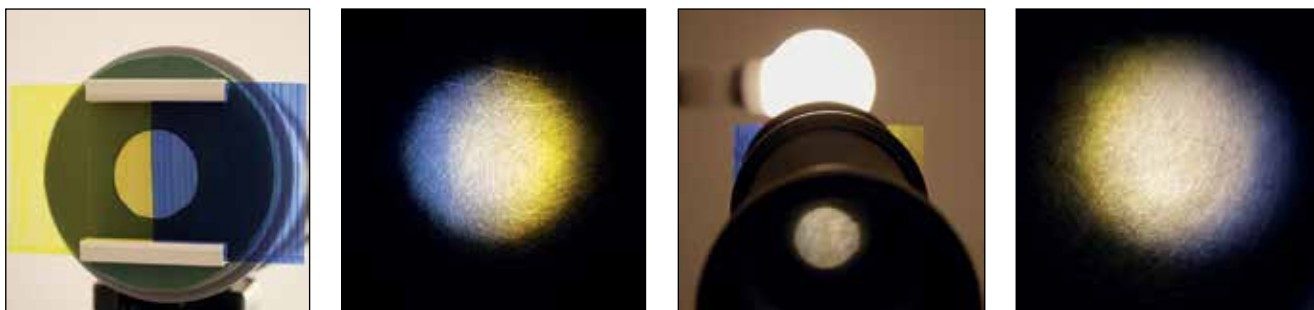
**Slika 18:** Zaslon, pomaknjen k leči (levo); zaslon v legi, v kateri je žarnica izostrena (sredina); zaslon, pomaknjen stran od leče (desno).

Poglejmo natančneje primer z zelenim in modrim filtrom (slika 18). Opazimo, da je levi rob žarnice obarvan enako kot leva stran filtra pred lečo – zeleno, desni rob žarnice pa kot desna stran filtra – modro. Če zaslon nato pomaknemo stran od leče, se barvi zamenjata: levi rob žarnice postane moder, desni pa zelen. Slika poteka žarkov razjasni, zakaj do tega pride (slika 19).



**Slika 19:** Potek žarkov brez zaslona; zaslon, pomaknjen k leči (levo); zaslon v legi, v kateri je žarnica izostrena (sredina); zaslon, pomaknjen stran od leče (desno).

Za konec se poigrajmo in naš pripomoček uporabimo še za mešanje modre in rumene svetlobe.



**Slika 20:** Rumena in modra filter pred lečo; neizostrena slika žarnice – zaslon, pomaknjen k leči (levo); zaslon v legi, v kateri je žarnica izostrena (sredina); neizostrena slika žarnice – zaslon, pomaknjen stran od leče (desno).

Nekje sem prebrala, da je nevarno dobiti odgovor pred vprašanjem. Mogoče je še bolj primerno reči: pred opazovanjem, ki vzbudi zanimanje in vprašanja. V izdelavo teh didaktičnih pripomočkov in pripravo učilnice je treba vložiti nekaj truda, a mislim, da je vredno. Lepo je, ko se ob poskusih, ki jih pospremimo s fizikalnimi izzivi in zgodbo, vzpostavi okolje, kjer učenci in dijaki prerešajo svoje predstave in kjer nova spoznanja porajajo nova vprašanja.

## Literatura

- [1] N. Jereb, Videti ali ne videti, to je zdaj vprašanje, *Presek* – letnik 33 (2005/2006).
- [2] <http://www.zrss.si/naravoslovje2015/files/cetrtek-teachmeet/Model-ocesa.pdf> (oktober, 2015).
- [3] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/eyesal.html> (oktober, 2015).