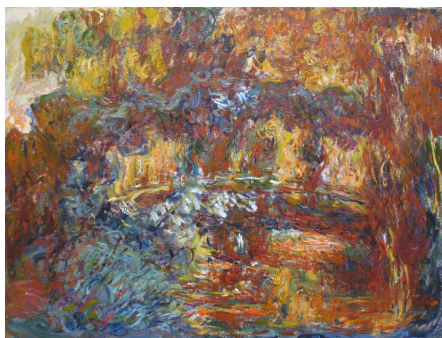
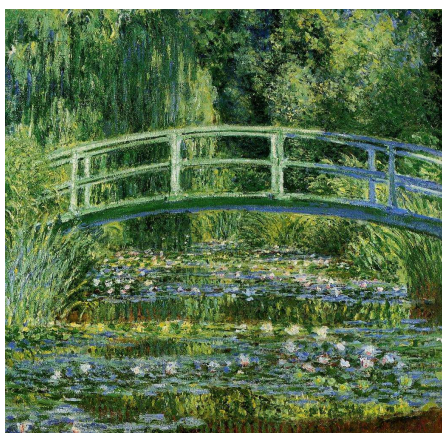


# Siva mrena



ALEŠ MOHORIČ IN JOŽE RAKOVEC

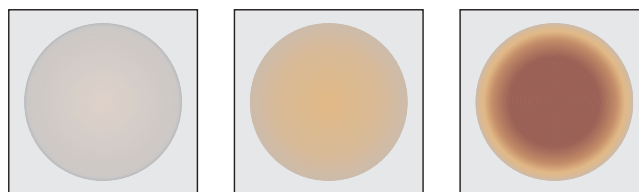
→ Ste se kdaj vprašali, ali se vaš vid in dožemanje barv z leti spreminjata? Zakaj je znameniti impresionistični slikar Claude Monet naslikal japonski most v svojem vrtu dvakrat tako zelo različno, kot vidimo na sliki 1?



## SLIKA 1.

Claude Monet 1840–1926 je bil francoski impresionistični slikar. Zgoraj je slika Vodne lilije in japonski most, ki je nastala med leti 1897–1899, spodaj pa slika Japonski most, 1920–1922. Isti motiv, a zelo različni sliki. Prva vsebuje mnogo podrobnosti ter žive, zelene barve, kot jih pričakujemo ob ribniku in na vrtu, druga je zabrisana in v rumenih odtenkih s prevladujočimi toplimi barvami.

Med zgornjo in spodnjo sliko 1 sta dobri dve desetletji razlike. Monet je prvo naslikal, ko je bil star slabih šestdeset let, drugo pa pri starosti nad osemdeset let. Morda bi razliko lahko pripisali eksperimentiranju s slogom, a mnogi so mnenja [1, 2], da so k drugačnim barvam bolj pripomogle težave z vidom. Slavni slikar je trpel za hudo obliko sive mreže [1, 2]. Siva mreža je degenerativna bolezen očesne leče, ki prizadene skoraj vse starejše in je posledica naravnega staranja. S starostjo postaja leča motna in porumenela (slika 2 zgoraj), zato se vid spreminja ter slabša. Svoje zaznavanje barv lahko preverite z enostavnim spletnim testom [3]. Na srečo zdaj obstaja



10 let

50 let

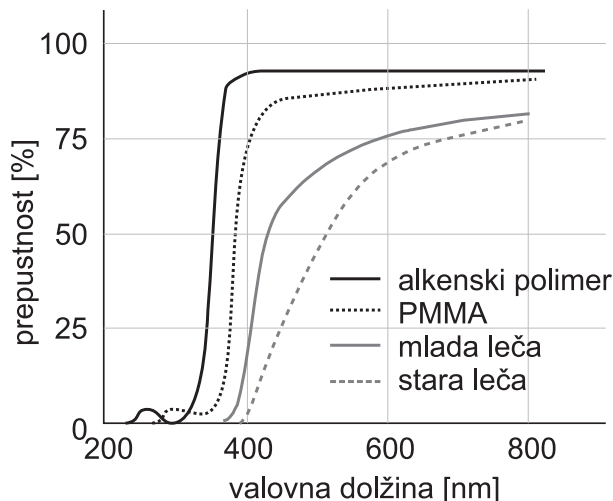
80 let



## SLIKA 2.

Zoraj: risbe očesne leče v različnih življenjskih dobah, na katerih se vidi njeno rumenenje [6]. Spodaj: umetna leča, foto: Frank C. Müller. CC BY-SA 3.0.





### SLIKA 3.

Prepustnost leč iz štirih različnih snovi [4, 5]. Mlada naravna očesna leča ima večjo prepustnost od stare leče v modrem območju. Umetne leče so narejene iz različnih prozornih materialov, prikazana sta PMMA in alkenski polimer. Leča iz alkenskega polimera od prikazanih prepušča največ vijolične svetlobe, kar je lahko moteče, če jo uporabimo kot zamenjavo za naravno lečo. Nobena od prikazanih snovi ne prepušča ultravijolične svetlobe z valovno dolžino, krajšo od 300 nm.

dokaj enostavna rešitev za sivo mreno: ostarelo lečo med ambulantno operacijo zamenjajo z umetno lečo (slika 2 spodaj). Umetna leča ima nekoliko drugačne optične lastnosti od naravne in spremembo pacient zazna, a se nanjo s časom navadi.

Oglejmo si dve optični lastnosti leč, prepustnost in lomnost. Lomnost je obratna vrednost goriščne razdalje izražena v enotah dioptrija ( $1 \text{ d} = 1 \text{ m}^{-1}$ ).

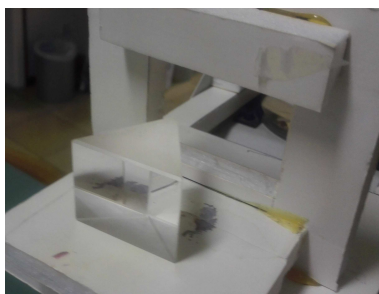
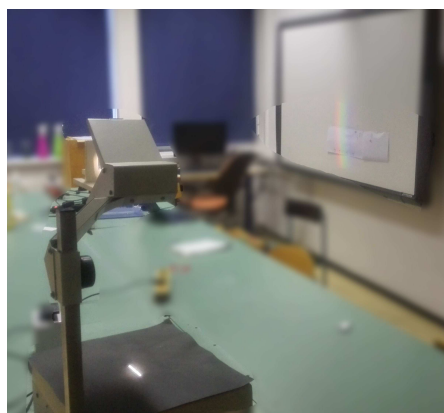


### SLIKA 4.

Levo, pogled, kot ga vidi zdravo oko; sredina, pogled skozi sivo mreno; desno, pogled skozi umetno lečo. Pri očesu s sivo mreno je slika rumenkasta, motna in neostra, pri očesu z umetno lečo pa modrikasta in jasna.

Leča z večjo lomnostjo bolj močno lomi svetlobo kot leča z manjšo lomnostjo. Lomnost več zaporednih leč pa je kar vsota lomnosti posameznih leč. Lomnost očesa je okoli 60 d, od tega roženica prispeva 40 d, leča sama pa okoli 20 d. Prednost leče je, da se njena lomnost prilagaja razdalji, na katero želimo z očesom izostriti pogled. Če želimo gledati na blizu, mišice stisnejo lečo, da se bolj ukrivi, poveča svojo lomnost in oko lahko izostri pogled bližje očesu. Z leti leča izgubi naravno prožnost in se čedalje slabše odziva na stiskanje ter s tem ostrenje pogleda na bližino, kar imenujemo starostna daljnovidnost. Kaj pa je prepustnost leče? Prepustnost določimo kot količnik prepuščenega in vpadnega svetlobnega toka. Za prozorno snov si mislimo, da enako prepušča katerokoli barvo svetlobe, pa ni tako. Pri obarvanem steklu – barvnem filtru, takoj opazimo, da nekatere barve prepušča bolj, druge pa manj. Rumena barvni filter npr. prepušča več rumene in manj modre (rumeni komplementarne) svetlobe. Prepustnost je torej lahko različna za različne barve svetlobe. Eno-barvno (monokromatično) svetlobo opišemo z njeno valovno dolžino. Odvisnost prepustnosti leče od valovne dolžine najlažje prikažemo z grafom in za nekaj leč iz različnih snovi jih kaže slika 3.

Diagram na sliki 3 obsega območje valovnih dolžin okoli območja vidne svetlobe, ki je za povprečno oko v intervalu od 400 do 700 nm. Prepustnost stare naravne leče je za modro svetlobo (krajše valovne dolžine) precej manjša kot prepustnost mlade leče. Slika, ki jo vidi oko s sivo mreno (s staro lečo), je v primerjavi z mladim očesom videti porumenela. Zakaj porumenela? Vtis bele svetlobe v očesu ustvari mešanica svetlobe ene barve in njej komplementarne barve, ki pa mora imeti pravo intenziteto. Čim raz-



SLIKA 5.

Levo, fotografija poskusa; sredaj levo je grafoskop z režo, za objektivom grafoskopa je prizma; na desni strani leve fotografije vidimo zaslon z mavričnim trakom. Sredina: trikotna prizma za objektivom grafoskopa. Desno, tloris poskusa, s prizmo, razklonjenim snopom svetlobe in mavričnim trakom na zaslonu.

merje ni pravo, se barvni vtis prevesi proti močnejši komponenti. Modri barvi komplementarna pa je rumena barva. Do enakega spoznanja pridemo, če barvni vtis opišemo s tremi primarnimi barvami, npr. modro, zeleno in rdečo. Vse tri zmešane v pravem razmerju dajo vtis bele, če pa je modre premalo, pa prevlada mešanica zelene in rdeče. Mešanica zelene in rdeče pa je rumena.

Zaradi neprožnosti in motnosti leče je slika tudi manj ostra in motna. Nadomestne umetne leče so izdelane iz različnih snovi, običajno je to akrilna plastika ali poli-metil metakrilat (PMMA), snov, iz katere je narejeno pleksi steklo. Akril je poceni, enostaven za predelavo, obstojen in ni strupen. Prepustnost leč iz umetnih stekel je v intervalu bližnje ultravijolične, od 300 do 400 nm, višja od prepustnosti naravne leče. Zato pacienti po zamenjavi stare leče z umetno opazijo nenavadno povečanje občutljivosti očesa v modrem in vijoličnem delu spektra. Pacientu z umetno lečo je vse videti nekoliko bolj modrikasto. Opisane razlike v vidu med zdravim očesom, očesom s sivo mreno in očesom z umetno lečo ponazarja slika 4. Fotografije na slikah so obdelane s programom in prirejene na podlagi pričevanj oseb, katerim so zamenjali lečo.

Mejo občutljivosti očesa na svetlobo pri različnih osebah lahko primerjamo z enostavnim poskusom. Na mavrici z opazovanjem poiščemo skrajni rob svetlobe, ki jo še vidimo. Mavrico naredimo iz snopa bele svetlobe, sončne ali svetlobe halogenske žarnice, z uklonsko mrežico ali razklonom na prizmi. Seveda je meja vidnosti odvisna tudi od jakosti svetlobe. Če pa nas zanima le primerjava med različnimi očmi, je dovolj, če poskrbimo, da so vsi opazovalci v enakih okoliščinah. Bolnikom s sivo mreno običajno zamenjajo lečo najprej na enem in šele čez nekaj časa tudi na drugem očesu. Tako je pacient po prvi operaciji idealen kandidat za primerjavo spremembe vida, saj lahko sam primerja vid z enim in drugim očesom.

Primerjavo vida smo naredili z dvema osebama (A in B, starima 50 in 40 let) in osebo, ki je imela eno lečo umetno (Um), na drugi pa sivo mreno (Sm). Trak mavrične svetlobe lahko naredimo z grafoskopom. Na zaslon projiciramo režo, osvetljeno z belo svetlobo halogenske žarnice. Režo izrežemo v karton, ki ga položimo na grafoskop tja, kamor običajno položimo prosojnico. Grafoskop izostrimo tako, da na zaslonu nastane ostra slika reže. Za objektiv grafoskopa postavimo prizmo, ki curek svetlobe iz reže razkloni v mavrični svetlobni trak. Ta trak ne na-

