

Instrumentalno određivanje boje zuba u protetsoj rekonstrukciji

DOI: 10.2298/SGS0704240D

Instrumental selection of tooth color in prosthodontic rehabilitation

Slobodan Đurišić¹, Aleksandra Milić-Lemić¹, Kosovka Obradović-Đuričić¹, Olga Popović²¹Klinika za stomatološku protetiku Stomatološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu²Stomatološka ordinacija «AdenT»¹Dept. of prosthodontics, School of Dentistry, University of Belgrade²Dental practice «AdenT»INFORMATIVNI RAD (IR)
INFORMATIVE ARTICLE

KRATAK SADRŽAJ

Određivanje boje zuba u stomatološkoj protetici predstavlja važan faktor uspeha protetske rehabilitacije. Ciljovog rada je bio da jasno predstavi različite instrumente za određivanje boje u protetskoj rehabilitaciji. Ppoznavanje elementarnih postulata o složenom psihofizičkom fenomenu kao što je boja, za terapeuta je od esencijalnog interesa u protetskoj terapiji. Takođe su predstavljeni procesi fiziološke percepcije boje i apostrofirane metode koje su dostupne stručnoj praksi za objektivno vrednovanje boje zuba.

Ključne reči: boja, instrumenti, spektrofotometar

SUMMARY

Tooth color selection in prosthodontics is a very important factor for successful rehabilitation. The aim of this paper was to present different instruments for tooth color selection in prosthodontic rehabilitation. Knowledge of basic principles of a complex psychophysical phenomenon such as color is of essential interest in prosthodontic therapy. Furthermore, the mechanism of physiological perception of color and available methods for an objective determination of tooth color are also presented in the paper.

Keywords: tooth color, instruments, spectrophotometer

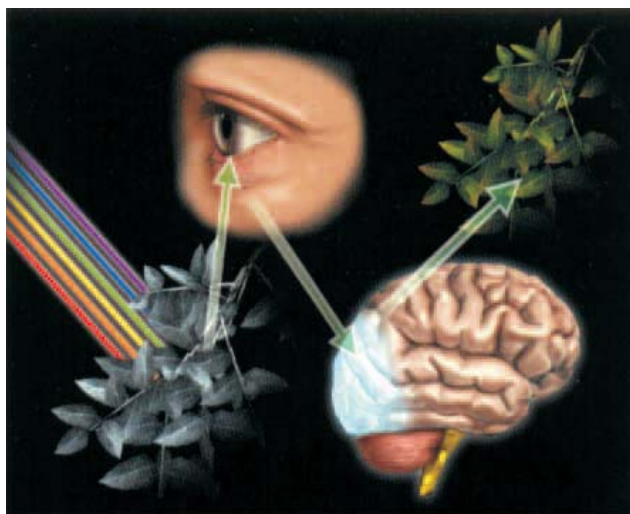
Želja da se što objektivnije odredi boja zuba u protetskoj rekonstrukciji podrazumeva za stomatologa poznavanje elementarnih znanja o ovom složenom optičkom fenomenu. Nauka o boji (kolorimetrija) razvijena je iz potrebe za objektivnijim vrednovanjem i koje se ne može postići isključivo čovekovom percepcijom boje već se izražava brojkama i kvantifikuje. Ona je multidisciplinarna i u sebi sadrži elemente drugih fundamentalnih nauka: fizike, hemije, fiziologije i psihologije. Da bi se nauka o boji razumela, neophodno je poznavanje fizičkih osobina svetlosti i fizioloških i psiholoških procesa koji omogućuju opažanje boja.¹

Boja je poseban vid psihofizičkog osećaja u oku izazvan uticajem vidljive svetlosti. Upadna svetlost, nadražuje visokoosetljive prijemnike u oku, pri čemu se proizvodi nervni impuls koji se kasnije transportuje do mozga. Mozak je interpretator koji prepoznaje nervni

The need for an objective determination of tooth color in prosthodontic rehabilitation demands basic knowledge of this complex optical phenomenon. The science of color (colorimetry) has been developed from this need for an objective assessment which cannot be based on human perception of color alone but is quantified and expressed in numbers. It is a multidisciplinary science with elements of other fundamental sciences: physics, chemistry, physiology and psychology. In order to understand colorimetry, one must have knowledge of physical properties of light and physiological and psychological processes that enable color perception.¹

Color is a special type of psycho-physical sensation in the eye caused by visible light. Incoming light stimulates highly sensitive sensors in the eye and triggers a nerve impuls which is transmitted to the brain. The brain is an interpreter that associates a nerve impuls with a certain

impuls kao datu boju.² Opažanje boje se, dakle, može razmatrati na četiri nivoa i uključuje: izvor svetlosti, objekat posmatranja, oko i mozak (sl 1).



color.² Color perception may, therefore, be discussed on four levels and includes: light source, an observed object, the eye and the brain (fig. 1).

Slika 1. Faktori koji učestvuju u percepciji boje
Figure 1. Factors involved in color perception

Činjenica je da bez svetlosti nema boje. Svetlost je fizička pojava interpretirana psihološkim procesom. Svetlosna zračenja obuhvataju usku oblast u elektromagnetnom spektru svih zračenja koja se javljaju u prirodi. Talasne dužine svetlosnog zračenja u vidljivoj oblasti spektra (za čoveka) su u intervalu od 400 - 800 nm. Na strani kratkih talasa nadovezuje se ultraljubičasta oblast (ultraljubičasto zračenje), a na strani dužih talasa infracrvena oblast (infracrveno zračenje).³

Razne talasne dužine svetlosnog zračenja u vidljivoj oblasti spektra izazivaju pri posmatranju utisak različitih boja:

A fact is that there is no color without light. Light is a physical phenomenon interpreted by a psychological process. Light radiation includes a narrow area in the electromagnetic spectrum of all types of radiation in the nature. Wavelengths of light radiation in the visible spectrum (for man) are in the interval between 400 – 800 nm. At the short-wave end, the ultraviolet region continues (ultraviolet radiation), while the infrared region continues at the long-wave end (infrared radiation).³

Various wavelengths of visible light cause the impression of different lights:

Tabela 1. Talasne dužine pojedinih boja
Table 1. Wave length of specific colors

TALASNE DUŽINE POJEDINIH BOJA	
Boje	Talasna dužina (nm)*
Crvena	650-800
Narandžasta	590-649
Žuta	550-589
Zelena	490-539
Plava	460-489
Indigo	440-459
Ljubičasta	390-439

*1 nm=0.000001 mm

Postoje različite metode određivanja i merenja boje u stomatološkoj protetici, ali se sve one se mogu svrstati u dve osnovne grupe: a) vizuelnu i b) instrumentalnu.

Vizuelna komparacija boje predstavlja upoređivanje sa nekim poznatim fizičkim standardom koji je prihvaćen kao referentan. Postoje brojni sistemi vizuelne komparacije i opisivanja boje ali se najčešće koriste kolor atlas i vizuelni instrumenti za definisanje boje. Atlasi su zasnovani na aditivnoj mešavini obojenih svetlosti a vizuelni kolorimetri na supstraktivnom slaganju boje.⁴

Za merenje boje češće se koriste automatizovani metodi snimanja spektrofotometrima, fotoelektričnim kolorimetrima, kolor skenerima i dr. Zamena posmatrača fotoelektričnim detektorima čini merenje objektivnijim i značajno ubrzava rad.⁵

Određivanje boje u protetskoj terapiji je vrlo važna faza lečenja i predstavlja neophodan uslov za uspeh terapije. Postoje brojni instrumenti ali se ipak najčešće koriste: tristimulusni kolorimetri, spektroradiometri, digitalne kamere i spektrofotometri⁶.

Cilj ovog rada je bio da se jasno predstavje različiti instrumenti za određivanje boje u stomatološkoj rekonstrukciji i ukaže na njihove osnovne prednosti i neostatke.

Tristimulusni kolorimetar

Tristimulusni kolorimetar je instrument koji može da meri boje samo preko tristimulusnih vrednosti pod fiksnim uslovima kao što su izvor svetlosti i standardni posmatrač (na pr. CIE D65 izvor svetlosti). Pogodan je za kvantitativno određivanje razlike u boji dva uzorka u cilju kontrole. Osnovni delovi su izvor svetlosti, integrirana sfera i detektor. Osim toga sadrži i 3 ili 4 filtera kako bi određivanje boje bilo što približnije CIE (Internacionalna komisija za osvetljenje) funkcijama.

There are different methods for determination and measurement of color in prosthodontics, but two main groups are distinguished: a) visual and b) instrumental.

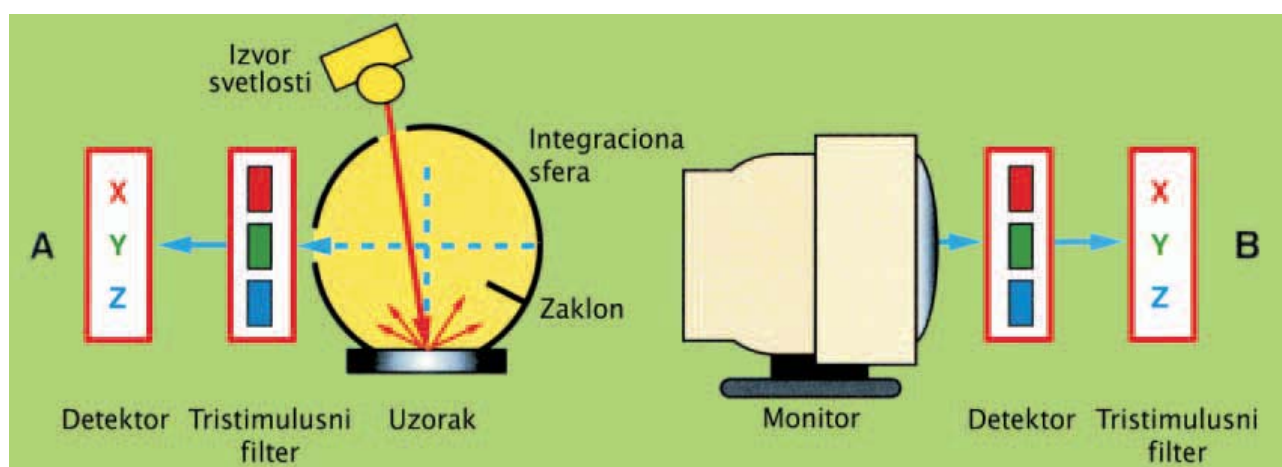
Visual color comparison means comparison with some other known physical standard which has been accepted as a reference. There are numerous systems of visual comparison and color determination, but the most frequently used are color atlases and visual instruments for defining color. Atlases are based on an additive mixture of colored light and visual colorimeters are based on subtractive color matching.⁴

Color determination in prosthodontic therapy is an important part of treatment and is an essential factor for success. There are numerous instruments and most often used are: tristimulus colorimeters, spectroradiometers, digital cameras and spectrophotometers.⁶

The aim of this paper was to clearly present different instruments for color determination in dental rehabilitation and point out their main advantages and shortcomings.

Tristimulus colorimeter

Tristimulus colorimeter is an instrument that measures color only through tristimulus values under fixed conditions such as a light source and a standard viewer (e.g. CIE D65 light source). It is convenient for quantitative assessment of color differences between two samples as a control. The main parts are a light source, an integrated sphere and a detector. It also contains three or four filters for as close as possible determination of color to CIE (International commission for illumination) functions.



Slika 2. Tristimulusni kolorimetar – osnovni delovi
Figure 2. Threestimulus colorimeter – main parts

Ovaj uređaj je jednostavan za rukovanje i ima povoljnu cenu. Ali ipak podešavanje instrumenta i ponovljivost merenja je slaba zbog propadanja filtera i slabe korelacije filtera sa CIE funkcijama za određivanje boje. Ne može se koristiti za merenje metamerizma (pojava da par uzoraka koji imaju različite spektre refleksije odgovaraju u boji jedan drugom pod jednim izvorom svetlosti i uslovima posmatrača, ali se razlikuju u boji pod drugim osvetljenjem). U stomatologiji se najčešće koristi u eksperimentalne svrhe.

This device is easy to use and the price is convenient. However, instrument calibration and measurement repeatability are poor due to filter deterioration and a poor correlation with CIE functions for color determination. It cannot be used to measure metamerism (a phenomenon when a couple of samples with different reflective spectra match in color under the same light source and viewer conditions, but differ in color under different illumination). It is mostly used for experimental purposes in dentistry.

Spektroradiometar

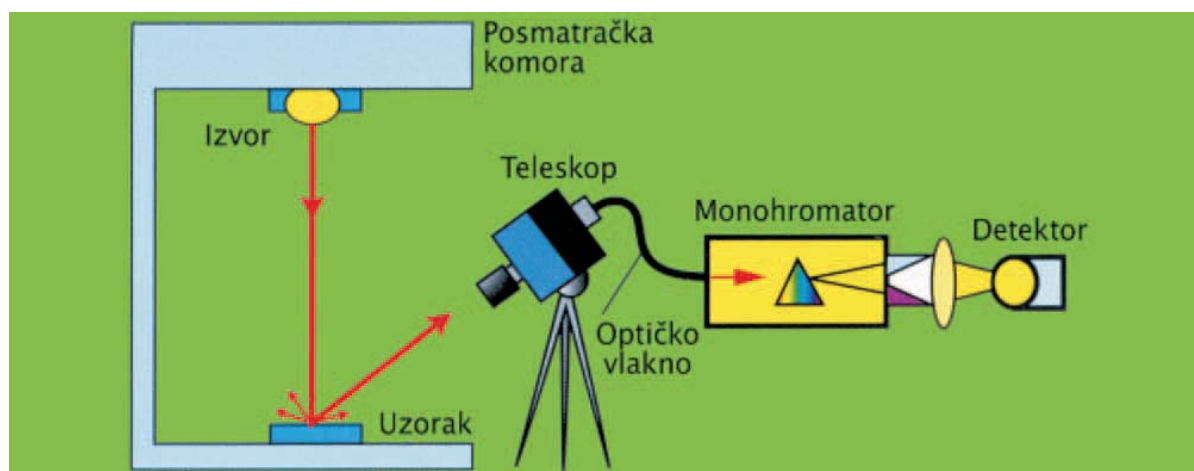
Spektroradiometar je aparat za merenje radiometrijskih osobina: iradijacije u W/m^2 ili radijanse u W/m^2Sr . Spektralna radijansa i iradijacija se izražavaju u funkciji luminanse (cd/m^2) i iluminanse (lux). Radiometrijska energija se meri u vidljivom delu spektra u intervalima od 5, 10 i 20 nm. Telespektroradiometar (TSR) se često koristi u primeni reprodukcije boje.

Osnovni delovi su: teleskop, monohromator i fotoreceptor. TSR pruža mogućnost merenja boje bez kontakta. Merenje se izvodi u istoj poziciji u kojoj se nalazi ljudsko oko i pod istim uslovima posmatranja. Pogodan je za merenje same boje i površine boje. Za merenje površine boje potreban je izvor svetlosti, koji nije neophodan kada se meri samo boja koja zrači. Za materijale koji propuštaju svetlost, boja se meri projektovanjem svetlosti i merenjem transparentije ili merenjem emitovane svetlosti na belom ekranu. Prednost ovog instrumenta je što se merenja obavljaju u istim uslovima kada i normalno posmatranje. Može se koristiti za merenje svih oblika boje kao i za poređenje reprodukcija boje u različitim faktorima (na primer: poređenje boje nekog objekta na ekranu i odštampanom papiru). Kao i tristimulusni kolorimetar, i spektroradiometar se najčešće koristi pri laboratorijskim merenjima boje.

Spectroradiometer

Spectroradiometer is a device for measurement of radiometric properties: irradiation (W/m^2) and irradiance (W/m^2Sr). Spectral irradiance and irradiation are presented as a function of luminance (cd/m^2) and illuminance (lux). Radiometric energy is measured in the visible light spectrum in the intervals of 5, 10 and 20 nm.

Telespektroradiometer (TSR) is often used as the application of color reproduction. The main parts of this apparatus are: a telescope, a monochromator and a photoreceptor. TSR offers a chance to measure color without contact. The measurement is conducted in the same position with the human eye and under the same viewing conditions. It is convenient for the measurement of color itself as well as surface color. For surface measurements, a light source is necessary, and this is not necessary when only color is measured. In materials that pass the light, color is measured by projecting the light and measuring the transparency or emitted light on a white screen. The advantage of this instrument is that measurements are conducted under the same conditions as normal observation. It may be used for measurements of all shapes of color as well as comparison of color reproduction in different factors (e.g. comparison of color of an object on the screen and printed paper). As the tristimulus colorimeter, the spectroradiometer is usually used in laboratory measurements of color.



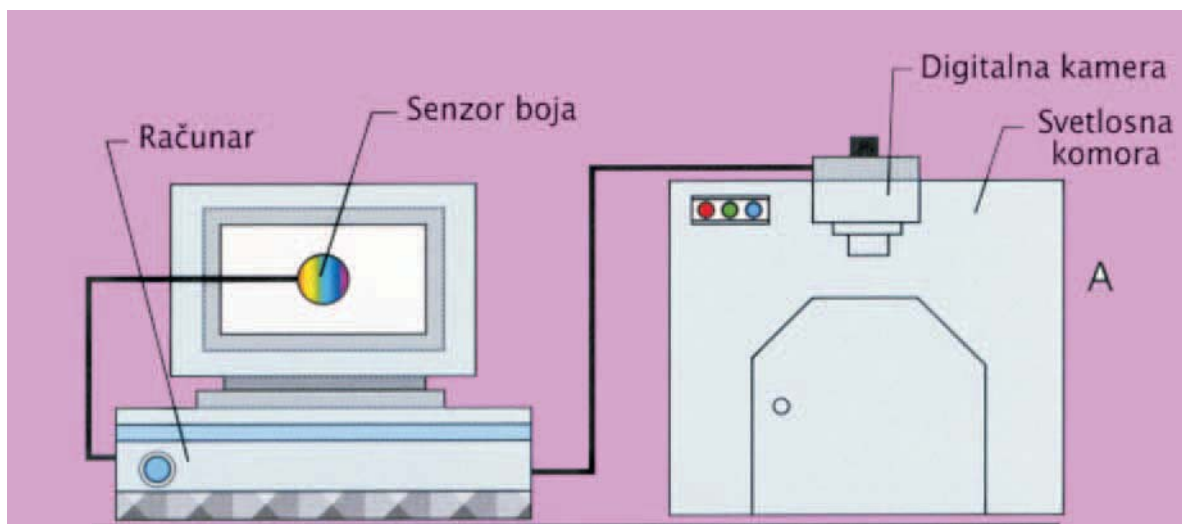
Slika 3. Spektroradiometar – osnovni delovi
Figure 3. Spectroradiometer – main parts

Digitalna kamera

Prednost merenja boje sve popularnijom digitalnom kamerom, je u tome što se posmatrana boja celog objekta izražava kao celokupna slika a ne samo kao tačka. Znači, slično kao kod CIE sistema gde postoje XYZ tristimulusne vrednosti i kod digitalne kamere postoje RGB (crveno, zeleno, plavo) signali boje koji se mogu izraziti jednačinama u zavisnosti od osobina izvora svetlosti, refleksije objekta i spektralne osetljivosti tri spektralna senzora kamere⁷.

Digital camera

An advantage of color measurement using the increasingly popular digital camera is that the observed color of the entire object is expressed as a full image and not as a dot. Similar to the CIE system with XYZ tristimulus values, the digital camera has RGB (red, green, blue) color signals that can be expressed in equations depending on the source properties, object reflection and spectral sensitivity of the three spectral sensors.⁷



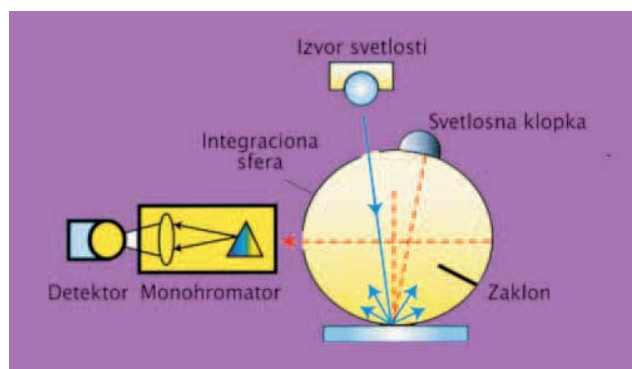
Slika 4. Digitalna kamera – osnovni delovi
Figure 4. Digital camera - main parts

Spektrofotometar

Najčešće se koristi za merenje boje površine. Ovi aparati su tako konstruisani da mere odnos reflektovane svetlosti sa uzorka i reflektovane svetlosti bele referentne površine, i to svetlosti vidljivog spektra u intervalima od 5, 10 ili 20 nm.⁸ Rezultati prikazuju spektralnu refleksiju u funkciji talasne dužine. Spektrofotometri su značajni instrumenti u merenju boje površine. Vrlo često se koriste za kontrolu kvaliteta boje i formiranje recepata za mešavinu boja. Njima se može proceniti postojanje metamerizma. Stabilni su tokom vremena, pouzdani i precizni u odnosu na apsolutne standarde.⁹

Spectrophotometer

Spectrophotometer is mostly used to measure surface color. These devices are constructed to measure the ratio of the reflected light from a sample and reflected light from a white reference surface, namely the visible light in the intervals of 5, 10 or 20 nm.⁸ Results show spectral reflection as a function of wavelength. Spectrophotometers are important instruments for measuring surface color. They are often used for color quality control and the preparation of receipts for mixing colors. They can be used for the assessment of metamerism. They are stable over time, reliable and precise with regards to absolute standards.⁹



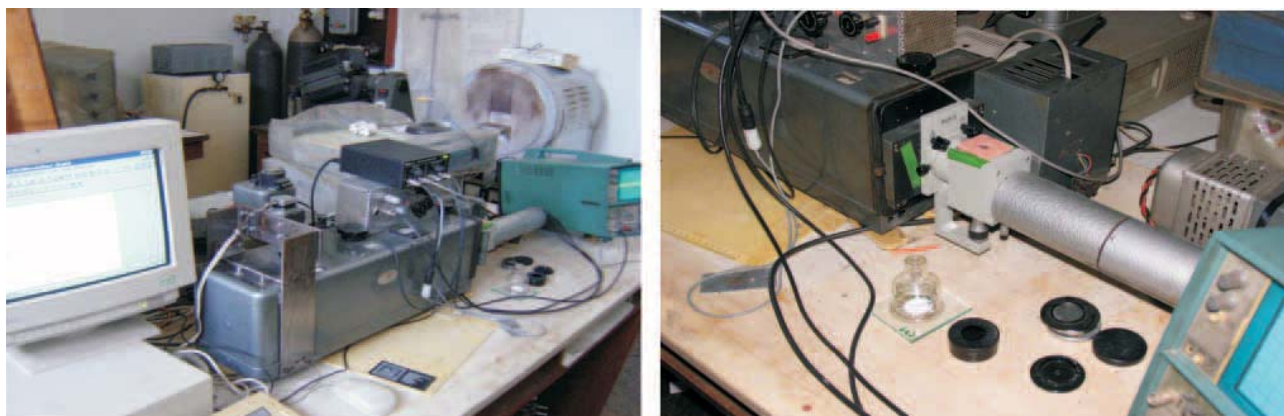
Slika 5. Spektrofotometar – osnovni delovi
Figure 5. Spectrophotometer - main parts

Postoje spektrofotometri za laboratorijsku i ordinacijsku primenu.

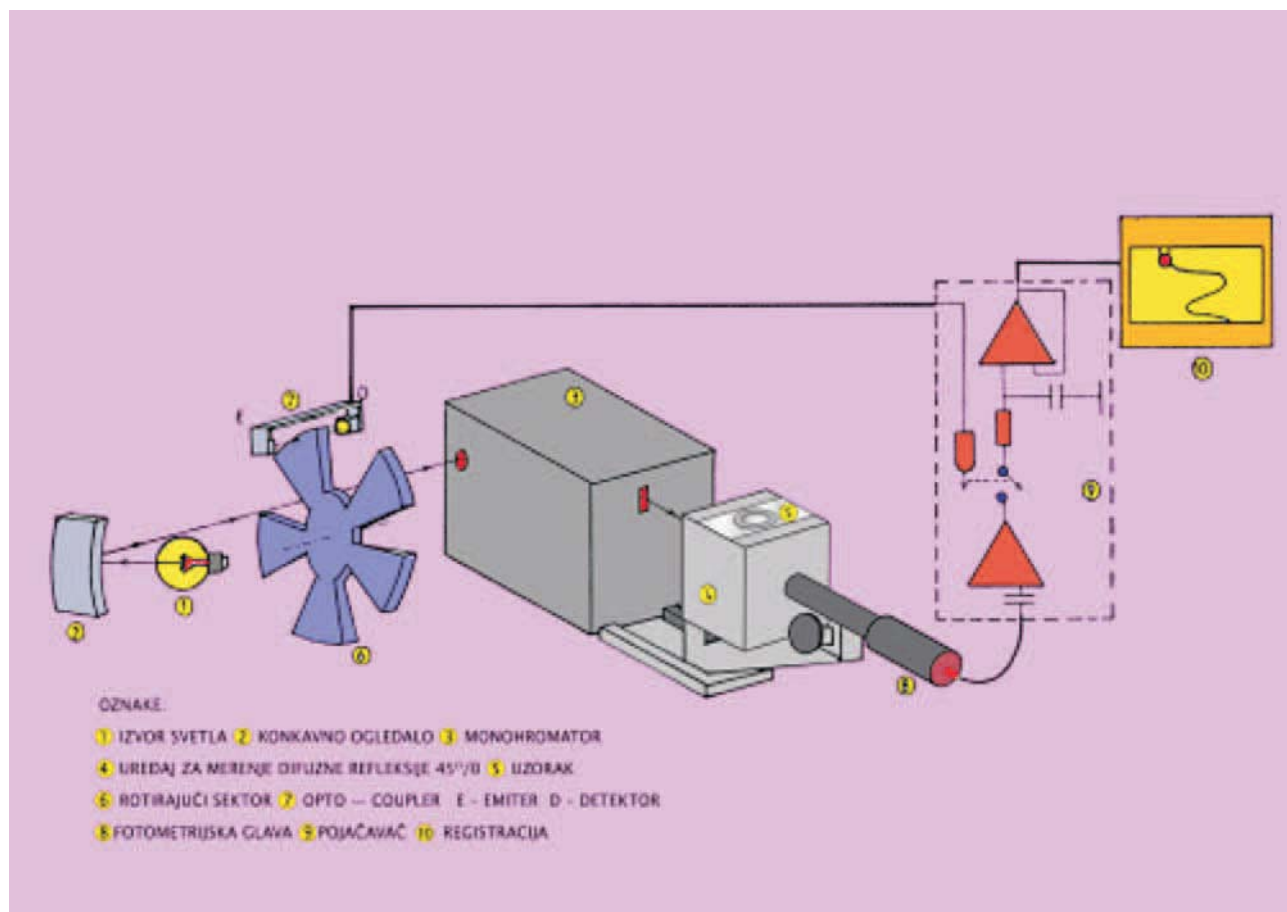
Na slici 6. je prikazan kompjuterom vođen spektrofotometar (Bekman DU) modifikovan po Prof. M. Logaru.¹⁰

Ovaj tip spektrofotometra šematski je prikazan na sl. 7 i 8.

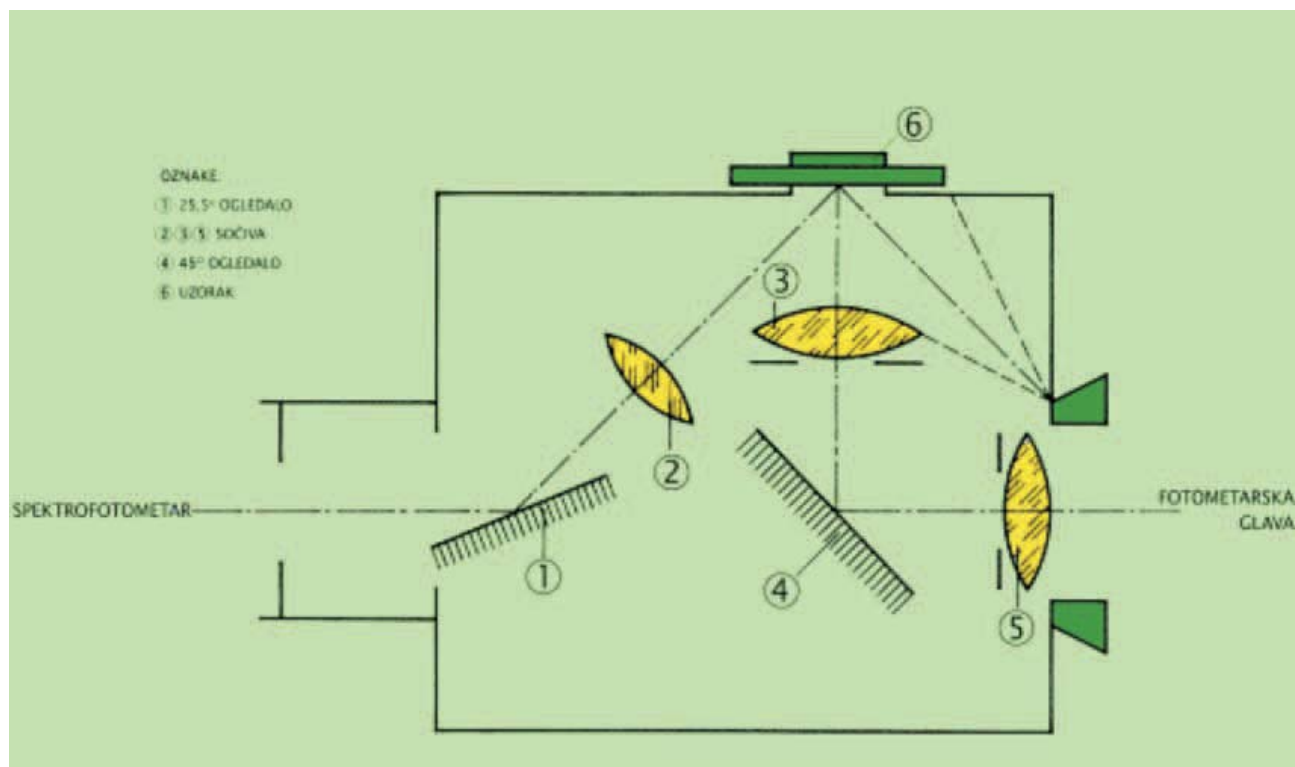
There are spectrophotometers for laboratory and clinical use. Figure 6 presents a computer-controlled spectrophotometer (Bekman DU) modified according to Prof. M. Logar.¹⁰ This type of spectrophotometer is schematically presented in figures 7 and 8.



Slika 6. Spektrofotometar (Bekman DU)
Figure 6. Spectrophotometer (Bekman DU)



Slika 7. Šema spektrofotometra
Figure 7. Spectrophotometer scheme



Slika 8. Šema uređaja za merenje difuzne refleksije 45°/0
 Figure 8. The scheme of a diffuse reflection measurement device 45°/0



Slika 9. VITA Easyshade
 Figure 9. VITA Easyshade

Da bi se razumeo način rada ovog spektrofotometra mora se uzeti u obzir da čovek vidi objekte pomoću svetlosti koju oni reflektuju. Boja je svojstvo svetlosti koja se sa objekta reflektuje.¹¹ Boja reflektovane svetlosti zavisi od boje upadne svetlosti i od načina na koji se boja modifikuje u procesu refleksije, jer većina objekata ne reflektuje sve talasne dužine uniformno. Njihova refleksija (tj. onaj deo upadne svetlosti koji se reflektuje) funkcija je talasne dužine.¹²

For understanding of working principles of this spectrophotometer, it must be taken into account that man sees objects with the help of light that objects reflect. Color is a property of light reflected from an object.¹¹ The color of reflected light depends on the color of incoming light and the way color is modified during reflection, because most objects do not reflect all wavelengths uniformly. Their reflection (i.e. the part of incoming light that is reflected) is a function of wavelength.¹²

Merenje difuzne refleksije sprovodi se obasjavanjem uzoraka monohromatskom svetlošću talasne dužine od 380 – 700 nm pod uglom od 45°, a detektuje se difuzno reflektovana svetlost pod uglom od 0° u odnosu na površinu uzorka. Merenja se obavljaju preko bele i crne pozadine.¹³

Najpoznatiji ordinacijski spektrofotometar za određivanje boje je VITA Easyshade (Sl. 9.). On omogućava određivanje boje prirodnih i beljenih zuba, kao i boju različitih restauracija. Može se koristiti za određivanje boje celog zuba ili boje zuba po trećinama (incizalnoj, srednjoj i gingivalnoj). Osnovna boja zuba se određuje kao pojedinačno merenje ili kao prosečna vrednost izvedena iz više ponovljenih merenja. U svakom slučaju mora biti verifikovano da li se merenje vrši po Vita 3D-MASTER ključu ili VITAPAN klasičnom ključu zuba. Verifikacija boje restauracije se vrši samo u srednjoj trećini zuba. Na taj način Easyshade omogućava stomatolozima i zubnim tehničarima da provere da li je boja restauracije kompatibilna sa bojom prirodnog zuba.

Podaci iz literature potvrđuju da je instrumentalni način određivanja boje zuba znatno objektivniji od vizuelnog jer isključuje moguću subjektivnost kod stomatologa i laboratorijskog saradnika. Podaci dobijeni instrumentalnim metodama se mogu međusobno porediti i lakše primeniti u praksi. Smatra se da je instrumentalno određivanje boje budućnost u stomatološkoj protetskoj rekonstrukciji.

The measurement of diffuse reflection is conducted by object illumination with monochromatic light with the wavelength between 380 nm and 700 nm at 45° angle, and diffusely reflected light is detected at 0° angle with respect to the sample surface. Measurements are conducted against white and black background.¹³

The most widely known clinical spectrophotometer for color determination is VITA Easyshade (Fig. 9) It allows determination of color in natural and bleached teeth as well as different restorations. It can be used for color determination of the entire tooth or by thirds (incisal, middle and gingival). Basic tooth color is determined as a single measurement or a mean of several repeated measurements. All measurements must be verified against Vita 3D-MASTER key or classic VITAPAN key. The verification of restoration color is conducted only in the middle portion of the tooth. In this way, Easyshade allows dentists and dental technicians to check whether restoration color is compatible with the color of a natural tooth.

Literature data confirm that instrumental methods for color determination are much more objective than the visual method because dentist's or dental technician's bias is eliminated. Data acquired using these methods are comparable and more easily applied clinically. Instrumental selection of tooth color is considered to be the future in prosthodontic rehabilitation.

Literatura / References

1. Popov S.: Biofizika, Naučna Knjiga. Beograd 1980; 148-149
2. Gayton C. A, Hall E. J. : Medicinska fiziologija, Savremena administracija. Beograd 1999; 637-647
3. Roge M, Preston JD. : Color, light, and the perception of form, *Quintessence Int* 18:391, 1987
4. Paravina R. : Ispitivanje određenih komercijalnih ključeva za boju zuba analizom digitalnog video zapisa, Magistarska teza. Niš 1997; 10-11
5. Paravina RD. : Instrumental color matching methods in dentistry, Andrejevic Foundation. Belgrade, Serbia 1999;
6. Lu H, Roeder LB, Powers JM: Effekt of polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites, *J Esthet Restor Dent* 15-295, 2003
7. Cui GH et al: Grading textile fastness. Part I: using a digital camera system, *Color Tech* 119-212, 2003
8. Hardy AC. : A new recording spectrophotometer, *J Opt Soc Am* 1935; 25: 305-311.
9. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent* 1986;56:35-40.
10. Logar M, Poharc-Logar V. :Optical spektra (360-1700nm) and Ni²⁺position in the structure of Ni-bearing natural calcite, *Physical chemistry* 2002; 553-555.
11. Commission Internationale de l'Eclairage : Colorimetry, CIE Publication. Paris 1986;
12. Brewer JD, Ackers CK, Garlapo DA, Sorensen SE. Spectrophotometric analysis of the influence of metal substrates on the color of metal-ceramic restorations. *J Dent Res* 1985;64:74-7.
13. Đurišić S. : Uticaj kompozitnih veziva na optička svojstva dentalnih keramičkih materijala, Magistarska teza. Beograd 2005; 47- 48

Autor odgovoran za korespondenciju

Slobodan Đurišić
Mutapova 28
11000 Beograd, Srbija
Tel. 063 257531
E-mail: djukabob@eunet.yu

Address for correspondence

Slobodan Đurišić
Mutapova 28
11000 Belgrade, Serbia
Phone: +381 63 257531
E-mail: djukabob@eunet.yu