

# PULZNI OKSIMETER

Jošt Stergar, Matija Milanič, Urban Simončič, Aleš Mohorič

Predvideno predznanje: aktivnost je primerna za dijake, ki so že usvojili naslednja znanja:

- svetloba
- barva in spekter svetlobe
- dijaki razumejo osnovni princip delovanja detektorja svetlobe

Cilji: dijaki se naučijo kako na podlagi absorpcije svetlobe določimo barvo sredstva, skozi katerega potuje svetloba in ugotovitve povežejo s principom delovanja pulznega oksimetra

Oprema:

12V izvir napetosti, bela svetleča dioda na stojalu, barvna filtra (rdeč in zelen) v kartonastem nosilcu, podolgovati baloni različnih barv (rdeč in zelen, sestavljeni v model tkiva z oksigenirano krvjo, deoksigenirano krvjo in mešano krvjo), stojalo za model tkiva, ročna črpalka in blazinica, detektor svetlobe (Vernier LightMeter), stojalo za detektor svetlobe, vmesnik za beleženje podatkov (Vernier LabQuest).



## Opis opreme

Pulzni oksimeter zaznava količino krvi v tkivu, ki se spreminja glede na fazo srčnega utripa. Za modeliranje tkiva in spreminjujoče količine krvi v tkivu uporabimo mehanski model, sestavljen iz modela tkiva in modela srca. Model tkiva je izdelan iz PVC cevi z izrezanimi režami za opazovanje, v katero je vstavljen podlogovati balonček, skrajšan na dolžino cevi. Model srca, sestavljen iz črpalke za dvigovanje povišanja, T člena in cevi poskrbi za spreminjanje tlaka v sistemu. Tlak na nižjo vrednost spravimo s približno tremi vpihi črpalke (toliko, da se blazinica napihne in je na otip čvrsta). S pritiskanjem na blazinico nato simuliramo dvig tlaka tekom utripa srca. Ko je črpalni sistem priklopljen na model in predpolnjen, je balonček relativno ne-napihnen. Ob pritisku na blazinico, se tlak poveča, balonček se napihne in zasede večjo prostornino modela, kar je analogno večji prostornini krvi ob srčnem utripu. Za delo bomo uporabljali dva modela z balončkoma različne barve (ki absorbirata različni del spektra svetlobe), kar modelira različne absorpcije krvi v oksigeniranem in deoksigeniranem stanju in tretji model, v katerem sta dva balončka povezana na neznana priklopa.

## **AKTIVNOST 1**

### **Priprava poskusa**

Vzemite model tkiva z oksigenirano krvjo (model z rdečim balončkom). Pripravite sistem; svetlečo diodo povežite z napajalnikom (pred vklopom napajanja obvezno preverite polariteto – v nasprotnem primeru lahko diodo poškodujete!), model povežite s črpalko in napolnite sistem (5 vpihov ročne črpalke). Napetost za napajanje diode je 12V. Merilnik osvetljenosti povežite z vmesnikom za zajem podatkov na kanalu CH1. Merilnik osvetljenosti namestite tako, da dioda sveti skozi okno na modelu proti njemu. Pripravite si še model tkiva z deoksigenirano krvjo (model z zelenim balončkom) in barvne filtre, ki jih boste potrebovali za poskus 2.

### **Opazovalni poskus 1**

- a. Izvedite poskus. Tlak v balončku povečujete tako, da periodično pritiskate na blazinico (ne na črpalko!). Zajemite časovno odvisnost signala na detektorju s pomočjo vmesnika za zajem podatkov. Skicirajte rezultate (odvisnost osvetljenosti detektorja od pritiska na blazinico)!
- b. Interpretirajte rezultate. Kako se razlikuje signal med stanjem, ko na blazinico ne pritiskate, in stanjem, ko na blazinico pritisnete. Predlagajte razlage opaženih rezultatov in poskuse, s katerimi bi razlage testirali.

### **Opazovalni poskus 2**

- a. V prejšnjo postavitev vstavite med merilnik osvetljenosti in model tkiva barvne filtre in ponovite meritve. Rezultate skicirajte. Meritve izvajajte brez filtra, z zelenim in z rdečim filtrom.
- b. Kaj opazite? Predlagajte razlage opaženih rezultatov in poskuse, s katerimi bi razlage testirali.
- c. Izračunajte razmerje amplitud skozi zelen in rdeč filter in si ga zabeležite!

### **Opazovalni poskus 3**

- a. Model tkiva z rdečim balončkom sedaj zamenjajte z modelom z zelenim balončkom in ponovite poskus. Rezultate skicirajte, meritve pa ponovno izvajajte brez filtra, z zelenim in z rdečim filtrom.
- b. Izračunajte razmerje amplitud zelene in rdeče ter ga primerjajte s tistim iz opazovalnega poskusa 2.
- c. Predstavljajmo si sledeča primera. Imamo popolnoma rdeč balonček, ki prepušča vso rdečo svetlobo, ostale pa ne. Kakšne bi bile tedaj amplitude? Kaj pa za popolnoma zelen balonček?
- d. Ali so vas rezultati meritev kaj presenetili? Kaj mislite, da bi lahko bil razlog za odstopanje meritev od pričakovanih rezultatov?

## **AKTIVNOST 2**

### **Priprava poskusa**

Uporabili boste podobno postavitev, kot pri prejšnji aktivnosti, vendar da tokrat uporabljate le model z neznanimi priklopi (model tkiva z zelenim in rdečim balončkom). Cev črpalke priklopite na enega izmed vhodov vendar še ne črpajte zraka v model! Za lažje delo lahko uporabite dva merilnika osvetljenosti (drugega lahko povežete na CH2), ki vam omogočata hkratno meritev dveh signalov.

### **Aplikativni poskus**

- a. Na podlagi ugotovitev iz aktivnosti 1 zasnujte eksperiment s katerim boste določili, na kateri balonček (zelen ali rdeč) sta povezana vhoda A in B. Napovejte izid meritev, ki vam bo omogočal razlikovanje med barvo balončka.

- b. Izvedite poskus. Zabeležite si meritve in določite povezave v spodnji preglednici

Priklop	Balonček
A	Zelen
B	Rdeč

- c. Proučite mehanski model tkiva, da določite, kateri priklop ustreza kateremu balončku. Se vaše ugotovitve ujemajo? Če ne, razmislite in ustrezno argumentirajte.

### AKTIVNOST 3

#### Priprava poskusa

Poskus boste zasnovali sami, na podlagi ugotovitev predhodnih aktivnosti. Na voljo vam je vsa oprema za izvedbo aktivnosti.

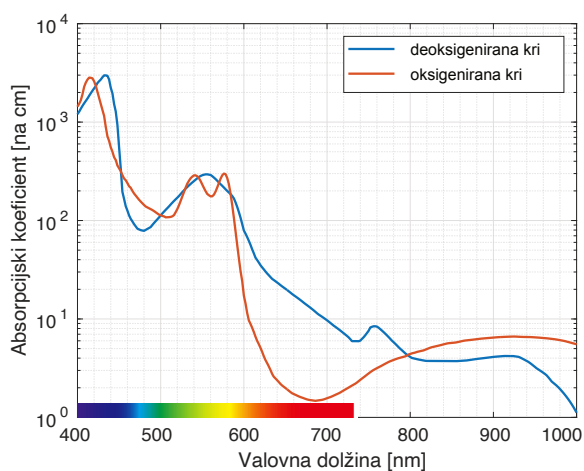
#### Aplikativni poskus

- Na podlagi predhodnih aktivnosti zasnujte eksperiment in napovejte izid meritev, ki vam bodo omogočile meritev srčnega utripa na konici vašega prsta.
- Izvedite meritev in ovrednotite rezultate.
- Izmeritev frekvenco srčnega utripa (udarci na minuto) in jo primerjajte s pričakovanimi vrednostmi.
- Poskus lahko ponovite po krajši intenzivni fizični aktivnosti (počepi). Kaj pričakujete? Se opazovanja ujemajo s pričakovani?

#### Sinteza

Desna slika prikazuje absorpcijske spektre oksigeniranega in deoksigiranega hemoglobina. Tovrstni spektri nam povedo, kako posamezna molekula absorbira svetlobo. Večja vrednost pomeni večjo absorpcijo in posledično manj prepuščene svetlobe pri tej valovni dolžini.

Na podlagi predhodnjih aktivnosti razmislite, kako deluje pulzni oksimeter, ki s pomočjo presevanja prsta s svetlobo poleg srčnega utripa določi tudi nasičenost krvi s kisikom (razmerje oksigeniranega hemoglobina proti vsoti oksigeniranega in deoksigiranega).

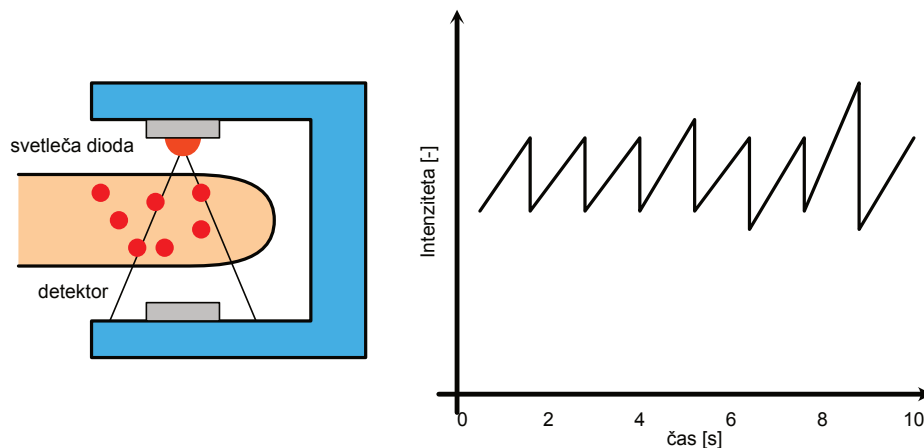


Svoj razmislek preverite s pomočjo opisa delovanja na naslednji strani, o svoji hipotezi pa se lahko pogovorite tudi z učiteljem/demonstratorjem.

## VEČ O FOTOPLATIZMOGRAFIJI IN PULZNI OKSIMetriJI

Pulzni oksimeter je medicinska naprava, ki z uporabo svetlobe omogoča merjenje nasičenosti krvi s kisikom in določanje srčnega utripa. Poglejmo najprej, kako lahko z uporabo svetlobe določimo frekvenco srčnega utripa.

V osnovi je pulzna oksimetrija izpeljanka fotopletizmografije. Beseda pletizmorafija označuje natančno merjenje spremembe prostornine organa ali telesa, predpona foto- pa v tem primeru nakazuje, da se za merjenje sprememb uporabljajo optične metode. Pulzni oksimeter tako meri spremembo v prostornini krvi, ki se ob udarcu srca zaradi povečanega tlaka poveča. Ko srce požene kri po žilah se krvni tlak poveča, kar vodi v začasno razširitev žil. Zaradi elastičnosti tkiva se zato prostorninski delež krvi v tkivu poveča. Ker kri absorbira svetlobo močneje, kot okoliško tkivo, se količina prepuščene svetlobe skozi tanko tkivo (recimo prst) zmanjša. V kolikor tako merimo intenziteto svetlobe prepuščene skozi prst ali ušesno mečico lahko na podlagi časovnih signalov določimo frekvenco bitja srca. V praksi tako s svetlečo diodo osvetljujemo vzorec, recimo prst, nato pa s fotodiodo merimo prepuščeno svetlobo, kot nakazuje spodnja skica. Tipičen potek signala, ki ga dobimo na takšen način, je prikazan spodaj desno.



Kako pa lahko povemo nekaj o nasičenosti krvi s kisikom? Pulzni oksimeter za delovanje izkoristi dve različni valovni dolžini svetlobe. Pri valovnih dolžinah okoli 700 nm deoksigenirana kri absorbira več svetlobe, pri 900 nm pa več svetlobe absorbira oksigenirana. Oksimeter nato uporablja par dveh svetlečih diod in detektorjev, občutljivih pri teh valovnih dolžinah. Diodi izmenično prižiga in ugaša, kar ponovi večkrat v sekundi. Od obeh signalov odšteje minimalne vrednosti, s čemer odstrani prispevek krvi v tkivu (prispevek krvi v žilah naravno pulzira s srčnim utripom – odtod tudi ime pulzni oksimeter). Iz razmerja amplitud obeh signalov nato določi stopnjo zasičenosti krvi s kisikom. Primer je prikazan na spodnji sliki.

