



**Í PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA SDĚLOVACÍ TECHNIKY**

110 00 Praha 1, Panská 856/3

☎ 221 002 111, 📠 221 002 666

URL: [www.panska.cz](http://www.panska.cz)

e-Mail: [sekretariat@panska.cz](mailto:sekretariat@panska.cz)

## **MATURITNÍ ZKOUŠKA**

### ***PRAKTICKÁ ZKOUŠKA Z ODBORNÝCH PŘEDMĚTŮ***

#### **Okno**

**Princip funkce oka, jeho vady a pomůcky pro korekci vidění**

Studijní obor: **78-42-M/001**  
**Technické lyceum**

Třída: **4.L**

Školní rok: **2008/2009**

**Dominik Impseil**

jméno a příjmení autora

*Anotace:*

Práce obsahuje teoretický rozbor funkce oka a jeho případných vad. Součástí práce je také model oka, který znázorňuje řešení vad krátkozrakého a dalekozrakého oka.

*Annotation:*

The project is consisted of teoretical analyse of human eye and its eventual defects. The practical part of this project is a pattern of human eye, which shows solutions of near-sighted and long-sighted eye.

# 1. Úvod

K tomuto tématu jsem se poprvé dostal až na střední škole. Z fyziky mi tato látka připadala nejzajímavější, a právě proto sem si ji vybral jako téma k mé dlouhodobé maturitní práci. Během mé práce mě toto téma začalo stále více zajímat a bavit. Myslím že není na škodu, když člověk ví jak fungují jednotlivé jeho smysly a zrak je jedním z nich. Doufám že tato má práce pomůže všem lépe porozumět oku jako nejdůležitějšímu lidskému smyslu. Tato má práce je částečně pokusem o přiblížení čtenářům problematiku, se kterou se setkává v běžném životě téměř každý. Na mysli mám vady vidění ale i přirozené zhoršování zraku a jeho příčiny. Nemyslím si že by této problematice rozuměl každý koho se tato problematika týká. Na začátek je nutno ujasnit si základní pojmy, abychom se později mohli věnovat přímo vysvětlení dějů a jevů. V práci jsou také popsány jednotlivé části oka, o kterých je nutno vědět pár základních informací. Například se nedá mluvit o přizpůsobování oka na vidění na blízko, aniž bychom věděli, že částí oka jako orgánu je i malinký sval z příčně pruhovaného svalstva, ale o tom až dále v mé práci. Součástí mé práce je i model oka. Není to Model který by napodoboval vizuálně oko, ale model který má názorně vysvětlit funkci brýlí. Je to tedy model oka, který znázorňuje jeho funkci. Na tomto modelu se dá ilustrovat rozdíl mezi okem zdravým, krátkozrakým a dalekozrakým.

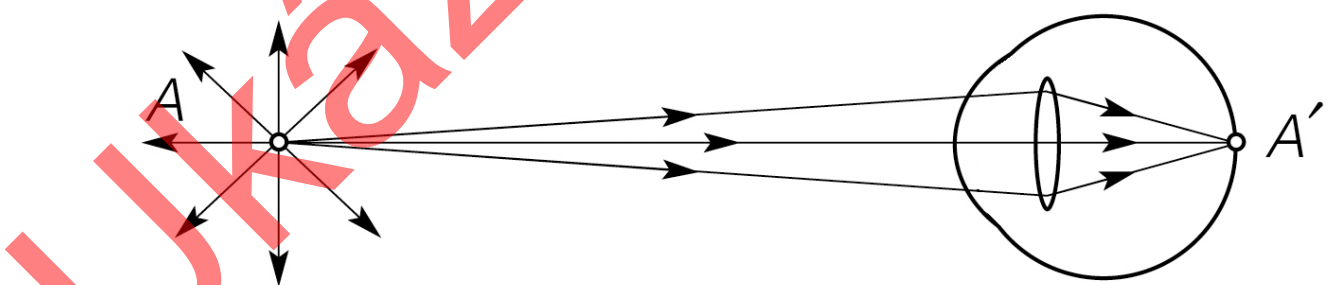
## 2. Základní pojmy

Pro popis oka a jeho vlastností je nezbytné připomenout základní pojmy z fyziky - zejména z paprskové optiky.

**Paprsková optika** (geometrická optika) je fyzikální obor, v němž se při popisu šíření světla a vytváření obrazů předmětů používá **model světelného paprsku**. Částicový nebo vlnový charakter světla se při tom neuvažuje. Využívá se zákona přímočarého šíření světla ve stejnorodém i izotropním prostředí (v prostředí, které má na všech místech a ve všech směrech stejné vlastnosti), zákona odrazu a lomu světla a principu nezávislosti chodu světelných paprsků. Abychom mohli mluvit o lomu, odrazu či pohlcování světla, musíme si vysvětlit pojem index lomu a **optické prostředí**. Optickým prostředím se rozumí prostředí, v

němž se světlo šíří, dopadá na něj nebo jej pohlcuje. Důležitou charakteristikou optického prostředí je rychlost  $v_\lambda$ , kterou se jím šíří jednobarevné světlo. **Absolutní index lomu** se nazývá poměr rychlosti světla  $c$  (přibližně  $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ), rychlosti světla ve vzduchoprázdnu, a rychlosti světla  $v_\lambda$  vlnové délky v uvažovaném prostředí. **Relativní index lomu** se nazývá poměr absolutních indexů lomu  $N_1$  a  $N_2$  dvou různých prostředí. Všechna tělesa, z nichž světlo vychází (např. Slunce, hvězdy, plamen svíčky, žárovka, výbojka, laser apod.) nebo která světlo odrážejí (např. Měsíc, odrazová skla, osvětlené předměty a jiné), nazýváme **viditelná tělesa**. Z každého bodu A viditelného tělesa (svítícího nebo osvětleného) vychází rozbíhavý **svazek světelných paprsků**. Jestliže tento svazek dopadne přímo do oka, mluvíme o **přímém vidění**. Oko rozbíhavý svazek paprsků změní na sbíhavý a v průsečíku  $A'$  vznikne **obraz bodu A** (obr.1). Oko vidí pozorovaný viditelný bod A ve vrcholu kužele paprsků vstupujících do oka. Souhrn obrazů všech bodů pozorovaného tělesa (předmětu), z nichž vycházejí svazky paprsků, vytváří celkový obraz tělesa. Pro stručnost vyjadřování používáme pojmy **předmět a obraz**.

Obrazy předmětů vytváříme **optickými soustavami**. Optickou soustavou je např. oko, zrcadlo, čočka, fotoaparát, lupa, mikroskop, dalekohled. Optickou soustavou obecně rozumíme uspořádání optických prostředí, která mění směr chodu paprsků. Postup, kterým získáváme optické obrazy bodů (předmětů), nazýváme optické zobrazování.



Obr.1

## 2.1. Setrvačnost zrakových vjemů

Zrakový vjem nevzniká ani nezániká současně s popudem (jeho vyvoláním), ale o něco později. Zpoždění zrakových vjemů umožňuje v kinematografii vnímat souvislý přechod mezi snímky za předpokladu používání obrazové frekvence  $24 \text{ s}^{-1}$ . Doba mezi popudem a vznikem vjemu závisí na velikosti jasů. Při jasů 1 nt je to 0,5 s. Tato hodnota je důležitá

pro osvětlení při jízdě v automobilu. Při rychlosti  $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ujede vozidlo za 0,5 s přibližně 8,5 m. Světlo přerušované vícekrát než 13krát za vteřinu působí dojmem světla nepřerušovaného.

## 2.2. Pohlcování záření

V různých částech oka dochází k pohlcování různých vlnových délek záření. Toho se dá využít především při operacích oka, ale především to chrání oko před poškozením. Záření je pohlcováno za pomoci rozkladu proteinů a jiných látek, čímž se spotřebovává energie. Větší dávky nevhodného záření způsobují slzení, zvýšení teploty a tlaku v oku, záněty apod.

100 - 315 nm – absorbuje se převážně v rohovce, zbytek se rozptýlí v komorové vodě

315 - 400 nm – absorbuje se převážně v čočce za pomoci přeměny proteinů

400 - 1400 nm – prochází skrz čočku a dopadá na sítnici, kde může způsobit i vážné poškození. Viditelné světlo (400-700 nm) je oko schopné během 0,25 s zredukovat pomocí panenky na snesitelné množství, ale na kratší vlnové délky již nedokáže tak rychle zareagovat

více než 1400 nm – je absorbováno v rohovce a způsobuje silné slzení a zvyšování teploty a tlaku komorové vody.

## 3. Mechanismus vzniku obrazu

### 3.1. Vznik obrazu v oku

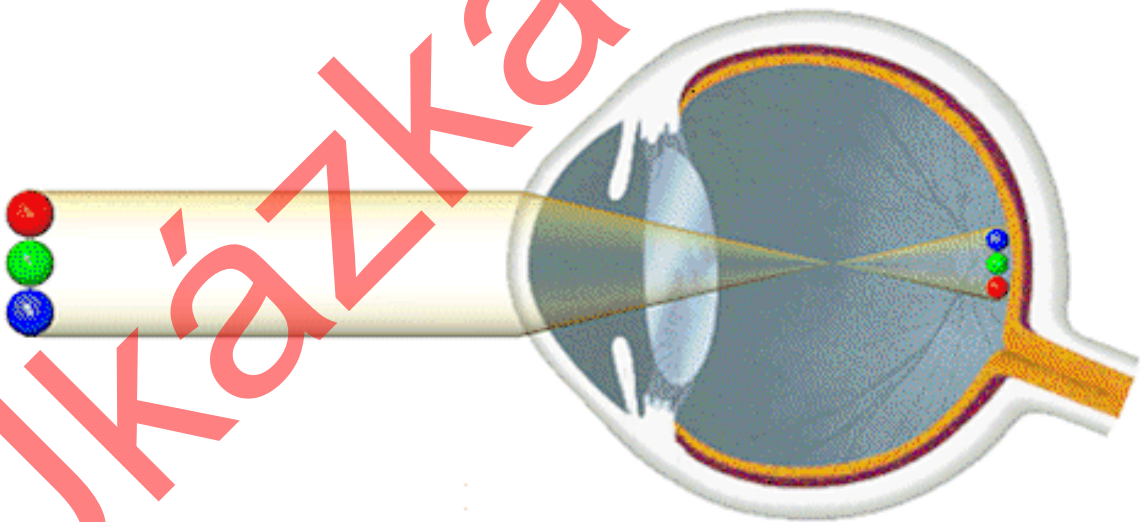
Podstata vidění není dosud zcela objasněna, jsou známy některé reakce oka na světlo. Je třeba zdůraznit, že každé oko je individuem svého druhu a že proto uváděné hodnoty lze chápat jako průměr získaný z velkého počtu měření. Pokud je to pro jednoznačnost měření třeba, jsou některé vlastnosti oka „průměrného pozorovatele“ normovány.

Oči přeměňují energii viditelného spektra na impulsy přenášené zrakovým nervem do mozku. Vlnové délky viditelného spektra leží přibližně v rozmezí od 400 nm do 750 nm. Obrazy předmětů okolního prostředí se promítají na sítnici. Světelné paprsky, které na sítnici dopadají, způsobují vznik receptorových potenciálů v tyčinkách a čípcích. Takto vzniklé vzruchy se ze sítnice přenášejí do mozkové kůry, kde vyvolávají zrakový vjem.

## 4. Oko jako optická soustava

### 4.1. Oční koule (bulbus oculi)

Oko je párový orgán zraku a zároveň nejsložitější smyslový orgán lidského těla. Jeho hlavní částí je spojná optická soustava, která na sítnici vytváří **skutečné, zmenšené a převrácené** obrazy předmětů. Oko je spojeno zrakovým nervem s mozkiem, který je umístěn v zadní části oka. Zobrazená informace se přenáší zrakovým nervem do mozku v podobě impulsů. Každé oko vnímá sledované předměty z trochu jiného úhlu a vysílá tedy do mozku nepatrně odlišné informace. V raném věku dítěte se mozek učí tyto dva odlišné obrazy skládat dohromady, jinak by člověk viděl dvojité. Díky složení dvou obrazů lze sledované předměty vnímat prostorově. Díky zpracování přiváděných impulsů v mozku vnímáme sledované předměty ve správné orientaci. Při průchodu světla čočkou se totiž světelné paprsky lámou a rozkládají a na sítnici dopadne obraz převrácený (viz obr.4). Mozek se ale díky každodenní zkušenosti naučí toto převrácení obrazu korigovat tak, že dále tento jev nevnímáme.



Obr.4

Oko tvoří oční koule uložená v tukovém polštáři v oční jamce, jejíž kostěné stěny tvoří pevnou ochranu pro oko. U dospělého zdravého člověka má oční koule průměr asi 24 mm a téměř dokonale kulovitý tvar. Oční koule se skládá ze 3 vrstev. Oční koule je vyplněna čirou, rosolovitou tekutinou, sklivcem, před nímž je průhledná rosolovitá čočka, zavěšená

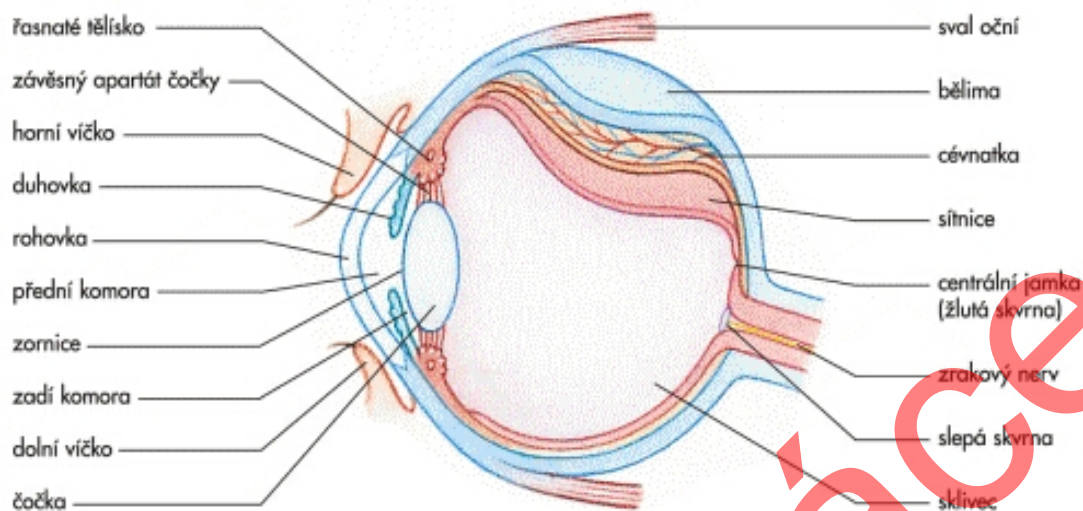
na řasnatém tělísku. K němu se upínají čočkovité vazy. Jemná vlákénka přidržují čočku na místě. Při akomodaci se vlákénka uvolní stahem svalů tělesa a čočka se stane vypuklejší a tím má i větší lámavost. Čočka tak dokáže zaostřit obraz blízkých předmětů. Při uvolnění svalů se řasnaté těleso oploští, vlákénka se napnou a svým tahem oploští čočku. Ta se tak stává méně lomivou (zaostření na vzdálené předměty). Prostor před čočkou rozděluje duhovka (průměr duhovky ve tmě je 6 mm a na světle 2 mm) na dvě části – přední a zadní oční komoru, které jsou vyplněny komorovou vodou. Ta vzniká přestupem tekutiny z krevní plazmy v řasnatém tělese, dodává předním částem oka kyslík a živiny a odvádí odpadní látky. Rohovka, komorová voda, čočka a sklivec tvoří lomivá prostředí a zajišťují výsledný ostrý obraz na sítnici. Přídavnými orgány oka jsou oční víčka, spojivka a slzné ústrojí. Slzy produkované slznou žlázou chrání oko před vysycháním a zajišťují odplavování nečistot.

Oční čočka je dvojevypuklá spojka, jejíž index lomu se zvětšuje od povrchu k jejímu vnitřku. Její vzdálenost od sítnice je stálá. Zaostřování oka na předměty, které jsou od něho v různých vzdálenostech, se uskutečňuje tak, že kruhový sval, řasnaté tělísko, které obkružuje celou čočku, více či méně napíná čočku. Tak se mění její zakřivení, a tím i optická mohutnost.

Akomodační schopnost normálního zdravého oka má určité hranice. Nejbližší bod, který se ostře zobrazí na sítnici (při největší akomodaci), se nazývá blízký bod. Body k oku bližší se zobrazují neostře. Nejvzdálenější bod, který se ostře zobrazí na sítnici, se nazývá daleký bod. Pro normální oko je daleký bod v nekonečnu. Řasnaté tělísko je uvolněné - oko je bez akomodace. Oko se nejvíce akomoduje při pozorování předmětů v okolí blízkého bodu.

Tehdy se nejvíce namáhá a brzy se unaví. Vzdálenost, v níž můžeme předměty dosti dlouho pozorovat (psát, číst...) bez větší únavy, je asi 25 cm. Nazýváme ji konvenční zraková vzdálenost.

Při dostatečném osvětlení vidíme naše okolí plně barevně (fotopicky), což je zajištěno čípkami (orgány na rozeznávání barev, při malé intenzitě světla se aktivují tyčinky (orgány citlivé na světlo), které reagují pouze na intenzitu dopadajícího světla a zajišťují černobílé vidění za šera.



Obr.5

## 4.2. Části oka

### **Bělma (sclera)**

Bělma je tuhá, bílá vazivová blána (u dětí namodralá, ve stáří zažloutlá od kapének tuku). Tloušťka se pohybuje v rozmezí od 0,3 mm – 2 mm a zaujímá čtyři pětiny povrchu oční koule. Do bělmy se upínají okohybné svaly (řasnaté tělísko), vzadu z ní vystupuje zrakový nerv a vpředu přechází v rohovku.

### **Rohovka (cornea)**

Rohovka je přední průhledná část oka sice bez cévního zásobení ale je spojena s nerovnými vlákny, přechází v bíle vyhlížející spojivku. Je vyklenutější než bělma (má podobu hodinového sklíčka). Při dotyku rohovky se vybavuje nepodmíněný reflex sevření víček. Celková optická mohutnost je neměnná (43 D). Špatné zakřivení rohovky způsobuje onemocnění zvané astigmatismus.

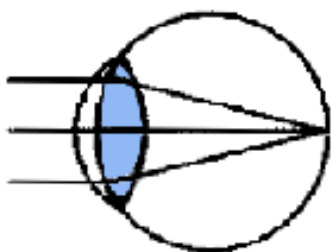
### **Cévnatka**

Cévnatka je jemná cévnatá blána, vystylající vnitřní povrch oka. Cévnatka tvoří 67 % vnitřní zadní stěny oka. Zabraňuje rozptylu světelných paprsků uvnitř oka. Cévnatka vpředu pokračuje jako tzv. řasnaté tělísko. Část cévnatky se nazývá **živnatka**, která má význam pro výživu nitra oka, tvorbu nitrooční tekutiny a její vstřebávání.

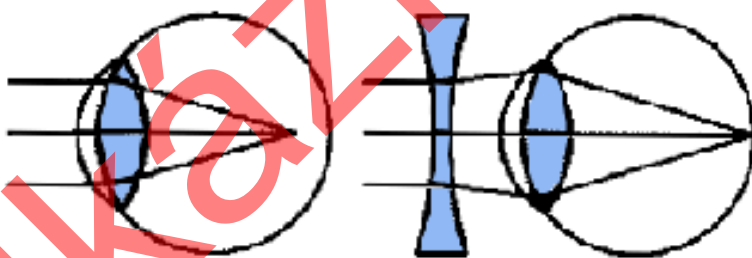


### 4.3. Vady refrakce korigované brýlemi

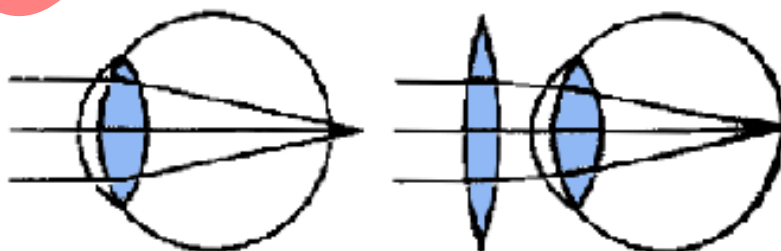
Normální oko vytváří na sítnici obrazy všech předmětů, které jsou mezi blízkým a dalekým bodem. Je-li oční koule příliš dlouhá, tak že rohovka a čočka nemohou obraz dokonale zaostřit na sítnici, nastává krátkozrakost. Pro korekci krátkozrakosti se používají brýle s rozptylkou. Čočka má příliš velkou optickou mohutnost, což znamená že sama vytvoří obraz před sítnicí. V opačném případě, když je oční koule relativně krátká, leží ohnisko světelných paprsků až za sítnicí a výsledkem je dalekozrakost. Pro korekci dalekozrakosti se naopak používají brýle, v nichž je použita spojka. Optická mohutnost čočky je malá, a tak se obraz vytvořený samotnou čočkou zobrazí za sítnicí. (viz obr.7 až obr.9)



Zdravé oko (obr.7)



Krátkozraké oko (obr.8)



Dalekozraké oko (obr.9)

Krátkodobý zrakový vjem při běžném osvětlení předmětu se zachová po dobu asi 0,1 s. Toto zachování vjemu je potřebné pro každodenní život a umožňuje vnímat posloupnost rychle se střídajících obrazů (film, televize) jako plynulý děj. Tudiž filmy, které obsahují méně než 10 obrazů po sobě jdoucích během jedné vteřiny vidíme jako „sekané“.

Vidění oběma očima a následné zpracování podnětů od obou očí v mozku umožňuje prostorové vnímání, které se uplatňuje při pozorování předmětů do vzdálenosti asi 450 m

## 5. Onemocnění oka

### Sférická aberace

Okrajové paprsky se lámou silněji než paprsky v blízkosti hlavní osy oka. Vzniklá neostrost je zmenšována zúžením zornice (co největším omezením průchodu okrajových paprsků do oka).

### Chromatická aberace

Krátkovlnné (modré) světlo je lámáno více než dlouhovlnné (červené). Na červené předměty je při stejných vzdálenostech třeba silněji akomodovat než na modré, to znamená, že modré předměty se zdají vzdálenější.

### Červenozelená záměna

Je to záměna červené a zelené při oslabení citlivosti na červenou, resp. jejího výpadku. Barevné spektrum je zkráceno na dlouhovlnném konci (viditelné spektrum bez červené).

### Červenoslepost

záměna červené s černou, tmavě šedou, hnědou a rovněž zelenou. Záměna červené a zelené při oslabení, resp. výpadku citlivosti na zelenou. Je to častá porucha barvocitu (asi 8% všech mužů a 0,4% všech žen).

### Žlutomodrá záměna

Je to krajně vzácné postižení, záměna žluté a modré. Modrofialový konec barevného spektra je zkrácen. Jsou tam jen šedé a černé odstíny. Je to porucha podobná červenozelené záměně, ale oslabení citlivosti je na opačném konci viditelného spektra.

### Totální barvoslepost

Je to úplný výpadek systému čípků, proto funguje jen skotopické (tyčinkové černobílé vidění). Pacient má normální vidění při soumraku (šeru), ve dne se ostrost vidění snižuje na

1/10 normálního vidění (neomezeného touto vadou) díky výpadku části zorného pole. Objevuje se světloplachost díky oslnění jasným denním světlem.

### **Ječné zrno**

Ječné zrno se nazývá zánět mazové žlázy pod horním nebo dolním víčkem a může být značně bolestivý. Poznává se zarudnutím spojivky a oteklým horním nebo dolním víčkem.

### **Astigmatismus**

Je nepravidelné zakřivení rohovky způsobující rozmazané vidění.

### **Myopie (Krátkozrakost)**

Je neschopnost ostře vidět na dálku, protože čočka má v klidovém stavu příliš velkou optickou mohutnost. Čočka sama tedy obraz vytvoří před sítnicí.

### **Hypermetropie (Dalekozrakost)**

Je neschopnost ostře vidět na blízko, protože čočka má při akomodaci menší optickou mohutnost, než je potřeba k zobrazení předmětu na sítnici.

### **Vetchozrakost (Presbyopie)**

Tzv. „stařecká vetchozrakost“ je oční vada, která se objeví u každého člověka ve vyšším věku jako projev přirozené degenerace materiálu oční čočky. Ta je krom jiného způsobována usazujícími se látkami bílkovinné povahy, které mají za následek snížení její pružnosti, a tedy zhoršení její akomodace na blízko. První příznaky presbyopie se objevují přibližně kolem 45. roku věku a uvádí se, že kolem 60 let se situace často stabilizuje a dále se již podstatněji nemění. Není to tedy oční vada v pravém smyslu slova, ale spíše přirozený důsledek stárnutí organismu.

U krátkozrakých očí se projevuje vada nejpozději. Ve stáří se jim zdánlivě zlepšil zrak.

Zhoršováním pružnosti čočky se sice horší zaostřování na blízko, ale při zmenšení zakřivení čočky se zlepšil zaostřování na dálku. Jako ostatní ale časem potřebují i oni brýle nejen na dálku, ale i na blízko a často i na střední vzdálenosti.

### **Glaukom (Zelený zákal)**

Je onemocnění, při kterém dochází k degeneraci a odumírání zrakového nervu. Protože zrakový nerv v sobě vede veškeré informace o obrazech, které dopadají na sítnici do našeho oka, jeho poškození má za následek částečnou nebo úplnou ztrátu zraku.

### **Katarakta (šedý zákal)**

Znamená sníženou průhlednost (zkalení) normálně čiré oční čočky. Zkalená čočka brání

průchodu paprsků světla skrz čočku na sítnici, takže dochází k poklesu zrakové ostrosti. Čočka se postupem a vývojem onemocnění stává stále více zakalenou a tím méně průhlednou. Můžete si tuto vadu přestavit tak, že se budete koukat skrz sklenici s vodou a po kapkách budete přidávat mléko. Po nějaké době budete mít pocit úplného rozostření.

### **Diabetická retinopatie**

Je nezánnětlivé onemocnění oční sítnice. Vzniká jako důsledek celkového postižení cév u onemocnění cukrovky. Dochází k poškození krevních cév vyživujících sítnici a v těžkých případech ke krvácení do sítnice a sklivce, což má za následek závažnou poruchu zraku někdy až slepotu.. Nacházejí se zde tvrdá ložiska ale i měkká (vatovitá). Častým jizvením pak může docházet až k odchlípení sítnice. Počáteční příznaky nejsou nápadné, proto je třeba u rizikových stavů provádět vyšetření očního pozadí.

### **Odchlípení sítnice**

Je oddělení sítnice od zadní části oční koule. To způsobuje komplikace při vyživování sítnice ale i komplikace při zobrazování obrazu na sítnici. Pokud není okamžitě léčeno způsobuje slepotu.

## **6.Brýle**

**Brýle** jsou pomůckou pro korekci vidění, případně pro ochranu zraku.

Brýle obvykle sestávají z pevné obruby, do které jsou upevněny buď čočky umístěné před očima člověka pro vizuální korekci (dioptrické brýle) nebo průhledné zornice pro oční ochranu. Moderní brýle jsou obvykle posazeny plastovými sedýlky na nos a stranicemi s obvykle plastovými koncovkami za boltce uší, které by měly kopírovat. Dioptrické brýle slouží ke korekci krátkozrakosti nebo dalekozrakosti, případně v kombinaci s korekcí vad oka

jako je například astigmatismus. Míra korekce vidění čočkami se vyjadřuje prostřednictvím

optické mohutnosti čočky v dioptriích.

V případě dioptrických brýlí se rozlišují čočky:

- pro korekci krátkozrakosti
- pro korekci dalekozrakosti

- cylindrické čočky – mají různou úroveň korekce v různých rovinách,
- bifokální a multifokální – mají různou lámavost v různých místech čoček. Obvykle mají v dolní části skel spojky pro čtení a v horní části slabší spojky nebo rozptylky pro vidění do dálky.

Ochranné brýle chrání zrak před poškozením, buď mechanickým (např. před odštěpky odletujícími při obrábění materiálů), nebo zářením (např. před ultrafialovým). Potápěčské brýle oddělují oči od vodního prostředí a tím je chrání a zajišťují ostré vidění. Speciální brýle se používají ke sledování 3-D filmů či kreseb, nebo pro vyvolání dojmu virtuální reality. Tyto brýle zajišťují, aby každé oko mohlo sledovat samostatný obraz. Dosahuje se toho buď odlišnými barvami skel (červená a zelená nebo modrá – výsledný obraz je pak zdánlivě černobílý) nebo tím, že skla fungují jako polarizační filtry s navzájem kolmými rovinami polarizace (zde není žádné omezení na barevnost). Tento systém používají například 3-D kina Imax.

## 7.0 modelu

### 7.1. Úvod k modelu

Model dodaný k práci není zhotoven jako vizuální napodobenina oka, ale je realizovaný k naznačení funkce oka, především funkce čočky v oku. Model je také zhotovený k naznačení principu korekce vidění u krátkozrakých a dalekozrakých jedinců.

Model ve finále tvoří:

**Zdroj světla**, baterka, která je upravena ruličkou pro přímé šíření světla se sedmi diodami rozestavenými po kružnici.

**3 čočky**, které znázorňují čočky v oku (jedna jako zdravé oko, jedna jako oko omezené na vidění na krátkou vzdálenost a jedna jako oko omezené na vidění na dlouhou vzdálenost) a dvě **čočky**, spojka a rozptylka, které znázorňují korekci vidění u onemocnění oka dalekozrakostí a krátkozrakostí.

V kapitole 3.1 je zmiňován index lomu, který ovlivňuje úhel lomu paprsku světla. Tyto indexy lomu ve svém modelu neuvažují proto, že lze čočku považovat za tenkou. Na přední ploše čočky je sice změna indexu lomu, ale na zadní ploše čočky je změna opačná. Tudíž paprsek světla vycházející ze zadní plochy čočky s uvažováním indexu lomu je rovnoběžný s paprskem světla vycházejícím ze zadní plochy čočky bez uvažování indexu lomu. A protože je čočka tenká, posun paprsku je nepatrný tudíž zanedbatelný.

## 7.2. Realizace modelu

Na začátku promýšlení modelu mě napadlo několik návrhů na realizaci. Původně měl být model realizován laserovým paprskem světla, který by procházel přes čočky, které jsou použité i ve finální realizaci modelu. Nevýhoda u původního návrhu byla taková, že díky továrním nepřesnostem při vytváření zdroje laserového paprsku docházelo k nepředpokládanému rozbíhání paprsků, které bylo těžce odstranitelné. Další nevýhodou by byla složitá manipulace s modelem díky uměle vytvořenému prostředí, které by bylo nezcela průhledné a ve kterém by byl vidět průchod paprsku čočkou. Takovým prostředím je např. myšlena voda s rozpustnou příměsí. Směs by musela být zcela nasycená, aby další částičky příměsí odrazily některé z paprsků procházejících touto směsí. Princip je stejný jako při průchodu paprsků zakouřeným ovzduším (analogii příměsí ve vodě zde jsou částí kouře ve vzduchu). Takovýto model je k vidění například v Mnichovském technickém muzeu.

Ve finále jsem realizaci svého modelu zaměřil na znázornění ostroty zobrazení obrazu, namísto realizaci se znázorněním průchodu a lomu paprsků na jednotlivých čočkách. Obě realizace vysvětlují stejnou problematiku ale každá jinak. Konečné rozmyšlení realizace bylo výhodnější díky jeho větší jednoduchosti na zhotovení.

Na začátku rozmýšlení součástí pro sestavení modelu bylo zapotřebí určit optické mohutnosti čoček, ty jsem určil na základě zvolených vzdáleností pro dobrou manipulaci s modelem a zároveň pro co nejmenší velikost výsledného modelu. Tyto vzdálenosti jsem si určil následovně: vzdálenost mezi čočkami, které budou symbolizovat korekci vidění u nemocného oka je 20 cm, a vzdálenost zdroje světla od první z nich při uvažované průchodu paprsku 50 cm. To znamená, že při znázorňování zdravého oka je zdroj postaven 70 cm od čočky oka. Níže uvedené rovnice jsem použil pro výpočet optických mohutností čoček za použití výše uvedených hodnot. Pro určení vzdáleností zobrazení se nejprve musela zvolit čočka zdravého oka, která v mém modelu má zvolenou optickou mohutnost 5 D. (optická mohutnost je zvolena menší, než jakou má skutečné oko, kvůli finančnímu omezení). Pro čočku s optickou mohutností 5 D vychází vzdálenost zobrazení obrazu 28 cm. Což znamená že výpočet optických mohutností dalších čoček je tedy dán vzdáleností čoček od zdroje, vzdáleností čoček mezi sebou, vzdáleností zobrazení obrazu a zvolením optických mohutností čoček, které budou mít jedna větší optickou mohutnost než čočka původní a druhá menší.

### 7.3. Materiál pro výrobu modelu

#### Základová deska

Dřevotříska (lamino) tloušťka 18 mm

#### Destičky pro baterku a čočky

Prkénka z lehkého, měkkého dřeva - tloušťka 8 mm

#### Opěrné hranolky

montážní lať o velikosti 24 x 45 mm a hloubce 1 cm

#### Čočky

rozptylka s optickou mohutností -2,75 D, průměr 65 mm

spojka s optickou mohutností 5. D, průměr 65 mm

spojka s optickou mohutností 6. D, průměr 65 mm

spojka s optickou mohutností 4. D, průměr 65 mm

spojka s optickou mohutností 1,75 D, průměr 65 mm

#### Diodová baterka

#### Papír na trubkové stínidlo

### 7.4. Postup výroby

Vzhledem k tomu, že 6,5 cm je průměr použitých čoček, zvolil jsem si šířku modelu 10cm. Šířka byla zvolena tak, aby uchycení čočky ve dřevěné destičce bylo dostatečně pevné a zároveň aby model byl co nejúžší. Výšku destičky sem si zvolil 16 cm kuli tomu, abych mohl střed všech čoček uchytit do výšky 10 cm, a přitom aby uchycení čočky bylo dostatečně pevné. Sehnal jsem si tedy dřevěné desky (smrkové dřevo), které jsem nařezal na okružní pile na sedm stejných kvádrů. Desky mají tedy výšku 16 cm, šířku 10 cm a hloubku 1 cm.

Vrtačkou s vykružovaly různých rozměrů jsem vyřezal otvory do všech sedmi desek. Vyřezané otvory byly umístěny tak, aby střed otvorů byl ve stejné výšce a to je tedy 10 cm.

Do pěti desek jsem vytvořil otvory o průměru 65 mm a do dvou dalších otvory o průměru 20 mm. Desky s menšími otvory slouží k uchycení zdroje světla do kolmého směru k čočkám a k uchycení zdroje do stejné výšky jako jsou středy čoček.

Když jsem měl připravené destičky pro uchycení čoček a uchycení zdroje světla, sehnal jsem podstavnou desku z pevnějšího dřeva a šířce právě 10 cm. Vzdálenost mezi zdrojem světla, čočkami pro korekci vidění a čočkou symbolizující čočku oka je dohromady 70 cm. Délka zdroje světla je 16 cm. To znamená jsem desku nechal 1 m dlouhou. Až se na desku

postaví potřebné komponenty a připevní na obou stranách opěrnými hranoly bude délka modelu přibližně odpovídat délce 1 m.

Z papíru jsem dál vyrobil trubičku, která má stejný průměr jako přední část zdroje světla (blíže k diodám). Trubička slouží k zabránění rozptylu světla.

Ve zkompletovaném modelu jsou za sebou v řadě maximálně čtyři destičky (2 na uchycení zdroje světla a dvě simulující oko a brýle). V obchodu jsem tedy koupil čtyři páry hranolů, které slouží k uchycení destiček do kolmého směru vůči podstavné desce. Hoblovačkou jsem hranoly upravil abych měl jistotu kolmosti všech stěn.

Když byly připraveny veškeré dřevěné komponenty, nabarvil jsem je všechny na bílo. Protože však použité dřevo velmi absorbovalo barvu, použil jsem jednu barvu pro základní nátěr a druhou na povrchový.

Když byly destičky připravené, mohl jsem do každého otvoru zalepit příslušnou čočku silikonovým tmelem. Hloubka desky přibližně odpovídá hloubkám destiček, tudíž můžeme předpokládat, že středy čoček leží ve středech destiček.

## 8. Závěr

Závěrem své práce bych shrnul celkové hodnocení mé práce, ať už teoretické části nebo té praktické. Práce teoretická nevypadá stále podle mých představ, ale přesto jsem vydal velké úsilí pro přiblížení kvality mé práce co nejvíce mým představám. Nejprve bylo nutností pochopit základy paprskové optiky a následně se začít více zabírat tématy souvisejícími s okem. Zhotovený model vyšel podle představ, tudíž dokazuje korekci vidění u dalekozrakých a krátkozrakých jedinců.

Teoretická část práce doufám pomůže lépe pochopit funkci a stavbu oka, ale také přiblížit zajímavosti, o kterých řada lidí netuší, resp. je během života nevnímá. Práce by měla pomoci i při výuce fyziky. Teoretická část přiblíží a vysvětlí problém, který nastává u krátkozrakých i dalekozrakých jedinců a model by dané situace měl znázornit.

Během vytváření práce a shánění materiálu potřebného pro inspiraci jsem se o oku obecně dověděl mnoho zajímavých věcí a i mě práce bavila čím dál více i přes nepříjemné komplikace. Na vytvoření mé práce bylo použito několik literárních materiálů zmíněných v podkapitole zdroje, ale především jsem čerpal z knížek „Technický sborník oční optiky“ a „Přehled lékařské fyziologie“.