

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY
PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY**

VIRTUÁLNÍ REALITA V OPTOMETRII

Bakalářská práce

VYPRACOVALA:

Nina Šlaisová

Obor: 5345R008 OPTOMETRIE

Studijní rok: 2018/2019

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

RNDr. Jaroslav Wagner, Ph.D.

Česné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Jaroslava Wagnera, Ph.D., za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci dne

.....

Nina Šlaisová

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala mému vedoucímu bakalářské práce RNDr. Jaroslavovi Wagnerovi, Ph.D. za cenné rady i trpělivost. Především za poskytnutí jeho zážitků a nápadů s virtuální realitou, které mi byli nápomocny při vytváření mé práce. Děkuji také celé svojí rodině za podporu.

Tato práce byla vytvořena za podpory projektů IGA PrF UP v Olomouci s názvem “Optometrie a její aplikace“, č. IGA_PrF_2018_007 a IGA_PrF_2019_005.

Obsah

Úvod.....	6
1. Zrak.....	8
1.1 Zraková dráha.....	9
1.2 Monokulární vidění.....	10
1.3 Binokulární vidění.....	11
1.4 Zorné pole	11
1.5 Horopter	12
1.6 Stereoskopická paralaxa.....	13
1.7 Složky jednoduchého binokulárního vidění.....	15
2 Vývoj virtuální reality.....	16
2.1 Vývoj virtuální reality	16
2.2 3D efekty.....	18
2.3 Brýle pro virtuální realitu.....	19
3 Virtuální realita	20
3.1 Definice virtuální reality	20
3.2 Rozšířená realita (AR):	21
3.3 Stupně virtuální reality	22
3.3.1 Pasivní:.....	22
3.3.2 Aktivní:	22
3.3.3 Interaktivní:.....	23
3.4 Principy virtuální reality	24
3.4.1 Anaglyfní disociace očí	24
3.4.2 Polarizační disociace očí.....	25
3.4.3 Aktivní 3D zobrazení.....	27
3.4.4 Průhledové displeje.....	28
3.4.5 Displejové zobrazení.....	29

4	Virtuální realita v optometrii	31
4.1	Brýle pro virtuální realitu.....	31
4.2	Optometrie.....	34
4.2.1	Polatest.....	35
4.2.2	Paskal, VISUCAT, PolaSkop 3D	35
4.2.3	Refrakce ve virtuální realitě.....	36
4.3	Ortoptika	37
4.4	Optika.....	38
	Závěr	39

Úvod

Již od malička se učíme poznávat okolní svět pomocí našich smyslů. Každý jich máme pět. Jsou to hmat, chuť, sluch, čich a zrak. Pokud si na svět okolo sebe můžeme sáhnout, ochutnat ho, poslechnout si ho, očichat ho a v neposlední řadě ho i vidět, říkáme o něm, že je reálný. Věříme tomu, že nás naše smysly neklamou a vše, s čím nás seznámili, opravdu existuje. Ne vždy tomu tak opravdu je, protože naše smysly se dají snadno oklamat. Pokud se například ve filmu *Postřižiny* posluchači v pivovaru poprvé setkávají s hudbou přehrávanou rozhlasem, nevěří tomu, že pod stolem, překrytým ubrusem nejsou schovaní živí hudebníci. Jejich životní zkušenost jim totiž říká, že hudba bez hudebníka není možná, a tak se vlastně poprvé setkávají se sluchovým vjemem něčeho, co by podle jejich dosavadních životních zkušeností mělo být jinak. Slyší hrát nástroje, které ve skutečnosti ani nevidí, ani si na ně nemohou sáhnout.

Stejně tak se můžeme setkat i s dalšími příklady toho, že nám naše smysly předkládají něco, co ve skutečnosti neexistuje. Pro takovéto vnímání světa se vžil pojem virtuální realita. Každá osoba má vlastní individuální vnímání reality. Vnímání reality je totiž pouze zpracování informací z vnějšího světa naším centrálním nervovým systémem přijímaných přes naše senzory, které nazýváme smysly. Smysly jsou specializované na přijímání určitých informací. Tyto informace se přenášejí pomocí vzruchů po nervových vláknech až do specializovaných oblastí mozku. Tam dochází k jejich zpracování anebo předání dál. Někdy je zapotřebí dát dohromady informace z více smyslů. [1, 2]

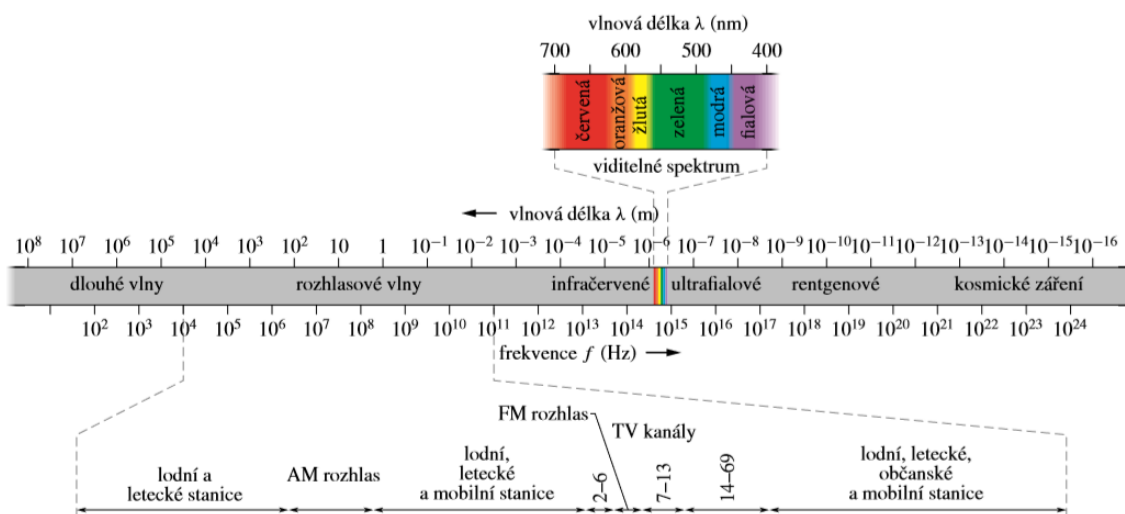
„„Jazykem““ nervového systému je elektrický signál, proto musí každá sensorická buňka přeměnit nebo přenést smyslový impuls na elektrický signál. “ [3]

Do nervového systému řadíme především mozek, který zpracovává všechny informace a případně na ně i reaguje v podobě chemické nebo pohybové akce. V knize *„Praktická oftalmologie“* od MUDr. H. Štrofové je uvedeno, že 80–90 % všech informací o venkovním prostředí je přijato pomocí zrakového ústrojí [4]. V knize *„Člověk“* je uvedeno, že až 70 % všech receptorů máme uloženo v očích. Mozek upřednostňuje informace získané zrakem do takové míry, že to ovlivňuje ostatní smysly [5]. [2, 3, 4, 5]

Fungování zrakového systému mě zajímalo už od dětství a dovedlo mě to až k oboru optometrie. Nedávná zkušenost s virtuální realitou mě zaujala a chtěla jsem poznat, jak fungují brýle pro virtuální realitu a co nám může virtuální realita přinést. Zajímalo mne i to, jak bychom mohli, dosáhnout dokonalejší virtuální reality.

1. Zrak

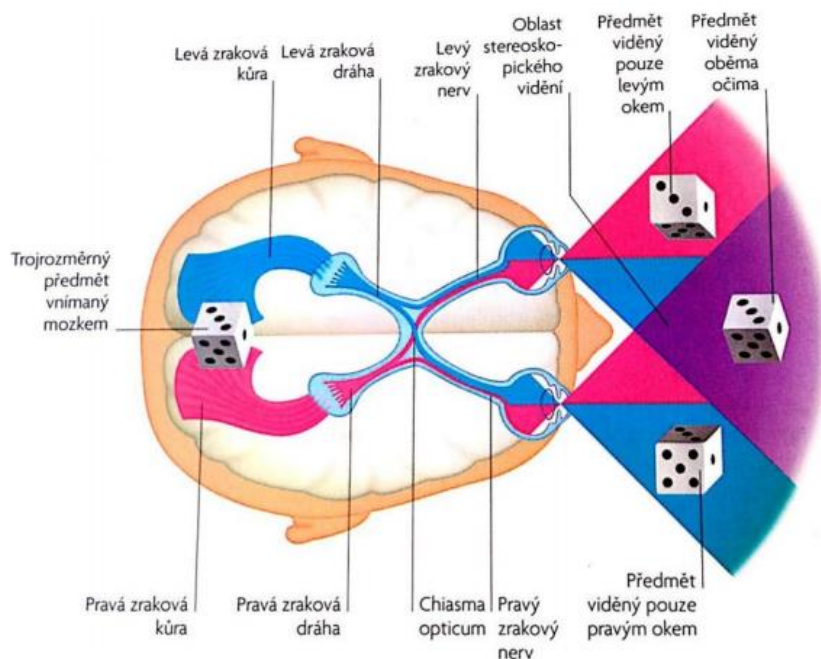
Zrak je složitý systém zaměřený na přijímání signálů viditelného světla. Světlo je část elektromagnetického záření, na kterou je citlivé lidské oko. Elektromagnetické záření a elektromagnetické vlnění je ten samý jev, který má charakter vlny a zároveň charakter částice, neboli korpuskulárně vlnový charakter. Elektromagnetického vlnění vzniká oscilací magnetického a elektrického pole ve tvaru postupné vlny. Jejich existence není závislá na látkovém prostředí, a proto se mohou šířit i ve vakuu. Rychlost šíření ve vakuu je pro všechny vlny stejná. Elektromagnetické vlny dělíme podle délky vlny na několik skupin. Například rentgenové, viditelné spektrum, kosmické záření, infračervené, ultrafialové a další viz obrázek 1. Celá škála vln nemá jasný začátek ani konec, protože vlnové délky pokračují za naše možnosti pozorování. [1, 6]



Obrázek 1 : Spektrum elektromagnetických vln [6]

1.1 Zraková dráha

Nervové propojení mezi mozkovou kůrou a okem nazýváme zraková dráha. Pro vytvoření signálu potřebují fotoreceptory dostávat dostatečné množství světla. Činností fotoreceptorů je vznik neurochemického signálu. Tento signál je vedený tří neuronovou cestou (některé zdroje uvádí 4 neuronovou cestu) do zadní části mozku kde se v mozkové kůře nachází zrkové centrum. Na obrázku 2. máme barevně znázorněný chod zrkové dráhy. Sítňice bulbu je rozdělena na nazální polovinu (představuje přibližně 60% z celé sítňice) a temporální polovinu (představuje přibližně 40% z celé sítňice), přičemž obě poloviny prochází zrkovým nervem až do střední jámy lební, kde dochází k částečnému překřížení zrkového nervu. Místo překřížení nazýváme chiasma. Za chiasmem vedou dvě dráhy (označujeme je tractus opticus), který končí v takzvaném mezimozku (diencefalu). Z mezimozku jsou vedeny vzruchy přes Gratioletův svazek (neboli zrková radlice), která končí v přední ploše týlního laloku, kde se nám vytvářejí zrkové vjemy. Zpracování všech informací, které zrkem přijímáme je natolik složité a komplexní, že spotřebovává přibližně 1/3 celkové kapacity mozku. [2, 4, 5, 7]



Obrázek 2 : Zrková dráha [5]

1.2 Monokulární vidění

Monokulární vidění vzniká ze zrakového vjemu jednoho oka. Lidé, kteří mají pouze vjem z jednoho oka, mohou časem nabýt pocit prostorového vidění na základě zkušenosti, proto také nejvíce záleží na tom, kdy ke ztrátě vjemu z jednoho oka došlo. Lidé, kteří se s tímto hendikepem již narodí, se naučí vnímat prostor na velice vysoké úrovni. Nikdy se sice nejedná o prostorové vidění, ale jen o perspektivu. Naučení se perspektivního vnímání prostoru v pozdějším věku je již výrazně obtížnější a nemusí se zcela podařit. [1, 2, 7, 8]

Perspektivní vnímání se nám utváří na základě naučených znalostí. Například pokud se dva objekty částečně překrývají, tak ten nepřekrytý objekt je blíže k nám. Bližší objekty jsou větší. (Ale abychom tuto znalost mohli použít pro prostorový vjem, musíme znát jejich reálnou velikost.) Čím je předmět vzdálenější, tím se nám snižuje jeho jas a vnímáme méně detailů. Rovnoběžky (koleje, okraje silnice) se zdánlivě sbíhají. Vysoko nad obzorem nemáme s čím objekty porovnat. Proto se nízko nad obzorem objekty zdají větší. Příkladem je měsíc mezi stromy, který se nám bude jevit větší než měsíc sám na obloze, kde nemůžeme jeho velikost s ničím nám známým srovnat. Informace získané ze statického monokulárního vnímání není dostatečná k zjištění vzájemných poloh objektů. Pro získání více informací z monokulárního vidění nám pomáhá pohyb. Není podstatné, zda se jedná o pohyb předmětu, nebo náš vlastní. Naše představy se upřesňují, protože bližší předměty se pohybují rychleji, zatímco vzdálenější předměty se zdánlivě pohybují pomaleji. Samozřejmě perspektivní vnímání světa je oproti binokulárnímu méně kvalitní vidění. [1, 8, 9]

1.3 Binokulární vidění

Definice přeložena z knihy Normal binocular vision : „*Normální binokulární vidění je definováno jako integrace monokulární senzorické a motorické vizuální informace do kombinovaného vnímání okolního fyzického prostoru.*“ [10]

V přednášce „*Binokulární vidění*“ se popisuje jednoduché binokulární vidění, jako „*schopnost vytvořit jednoduchý prostorový vjem při pozorování oběma očima*“ [8].

Člověk a i některá zvířata (např. dravci, opice, ...) mají binokulární stereoskopické - prostorové vidění. Prostorový vjem vzniká díky vzájemnému spojení vjemů z pravého a levého oka. Zajímavé je, že tento způsob vidění není zcela samozřejmý pro všechny živočišné druhy. Dá se říci, že bychom mohli rozdělit živočichy na druhy, pro které je důležitý přesný odhad vzdálenosti a za to platí tím, že mají menší celkové zorné pole a na živočichy pro které je nejdůležitější co největší zorné pole, ale za ně zaplatili tím, že se jim nevyvinulo prostorové vidění. Například slepicím se během jejich vývoje rozvinulo vidění s co největším zorným úhlem, aby mohly rozpoznat nebezpečí blížící se z libovolného směru za cenu toho, že na krátkou vzdálenost přímo před sebe prakticky nevidí. [1, 8, 10]

1.4 Zorné pole

Zorné pole je ohraničená část prostoru, kterou vnímáme jedním okem, při fixaci jednoho bodu bez změny pohledu. Překrytí zorného pole z pravého a levého oka dává dohromady rozsah okolo 120°, přičemž spojení vjemů umožňuje vzniku prostorového vjemu. Překrytý rozsah polí je nazývaný binokulární vidění. Zatímco monokulární vidění vzniká v nejlaterálnějších oblastech obou polí, přičemž to představuje asi jednu šestinu z celkové plochy zorného pole. [1, 2, 11, 12]

Rozdělení zorného pole se liší podle zdrojů. Zorné pole můžeme mít relativní, centrální, periferní a absolutní. Relativní zorné pole je ohraničené obličejovými výběžky. Temporálně okolo 90°, nahoře a dole bývá přibližně 60° a nazálně je okolo 50°, kde je velikost určena výškou nosu. Centrální pole je část pole, kde vzniká ostré a barevné vidění

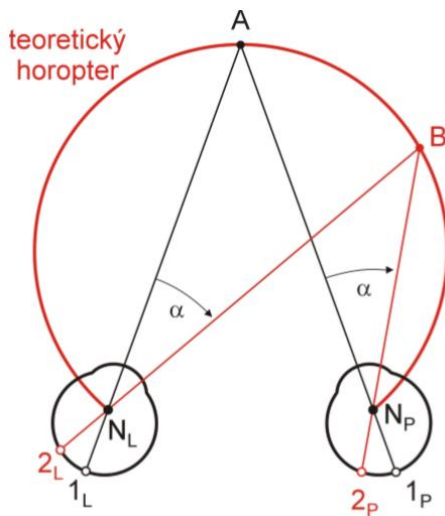
vytvořené pomocí receptorů nazývaných číčky a zabírá jednu pětinu z celého zorného pole. Naopak periferní pole je oblast obsahující především tyčinky, vjem z periferie není tolik ostrý a převažuje vnímání světla a tmy. Jeho hlavní funkcí je orientace v prostoru, zachycení pohybu a vidění za ztížených podmínek (šero či tma). Absolutní pole je o 10% větší než relativní, protože nám pomáhá pohyb hlavy rozšířit velikost. V zorných polí se mohou nacházet výpadky, které nazýváme skotomy. Všichni máme jeden skotom, který nazýváme Marriotův bod. Tento skotom odpovídá papile zrakového nervu, která se nachází mezi 12 a 18° horizontálně temporálně od bodu ostrého vidění. [1, 2, 11, 12]

Zorné pole můžeme měřit pomocí perimetru, nebo pomocí takzvané konfrontační metodu. Konfrontační metoda je jednoduchý způsob, jak zjistit větší problémy zorného pole, která nevyžaduje žádný přístroj. Při této metodě vyšetřující porovnává svoje pole s vyšetřovaným. Vyšetřující s vyšetřovaným sedí naproti sobě, po celou dobu fixují pohled sobě do očí a snaží se upozornit, kdy jim bod zmizí z jejich povědomí a kdy se jim bod zase objeví. Pro přesnější měření používáme přístroj nazývaný perimetr. Pro různé barvy máme odlišnou velikost zorného pole. S přibývajícím věkem se nám zorné pole zužuje, a proto často starší lidé mají horší orientaci v prostoru. [2, 11, 12]

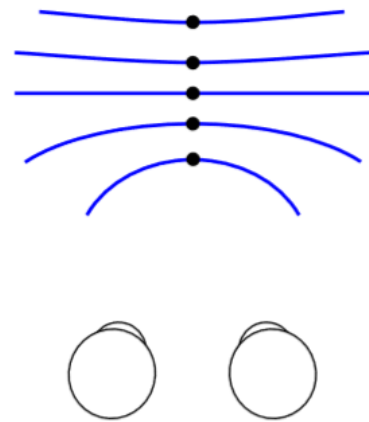
1.5 Horopter

Horopter je definován jako, „*množina bodů v prostoru, které se při fixaci daného bodu zobrazí na korespondující body sítnice*“ Bod fixovaný foveou, který je promítnutý na sítnici nazýváme korespondující místo sítnice. [8]

Všechny body, které se nacházejí na horopteru jsou perfektně fúzovány a proto je vidíme jednoduše. Teoretický horopter (Vieth-Müllerův oblouk) v horizontální rovině představuje kružnici, kterou značí v obrázku 3 červená kružnice. Na kružnici jsou vyznačeny dva body A a B, který náležejí na teoretickém horopteru a jejich korespondující místa na sítnici vyznačený $1_P, 1_L, 2_P$ a 2_L . Zatímco skutečný neboli empirický horopter už nepředstavuje kružnici, jak je vidět na obrázku 4, kde prostřední množina je přímka a ostatní jsou různě zakřivené elipsy. Tvarové odlišnosti horepteru jsou způsobeny vadami, jako například fixační disparity, optické distorze, asféricity a asymetričnosti sítnice. [8, 11]



Obrázek 4: Teoretický horopter [8]



Obrázek 3: Empirický horopter [8]

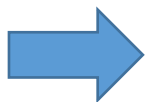
1.6 Stereoskopická paralaxa

Stereoskopická paralaxa vzniká při protnutí zorných os pozorovaného předmětu. Velikost úhlu jejich sevření je paralaxa a při srovnání rozdílů dvou úhlů pozorovaného předmětu vznikne zdánlivý rozdíl polohy prvního předmětu oproti druhému. Jak vidíme na obrázku 6. kde bližší bod A má větší úhel oproti vzdálenějšímu bodu B, a proto víme, že čím je velikost úhlu menší, tím je předmět vzdálenější. Rozdíl velikosti úhlu α s úhlem β je velikost stereoskopické paralaxy η . Za hranici velikosti úhlu $\eta < 20''$ již nedochází ke stereopsi a nedokážeme poznat vzájemnou vzdálenost předmětů na základě stereoskopické paralaxy. Vzoreček pro vypočítání stereoskopické paralaxy je [8, 13]:

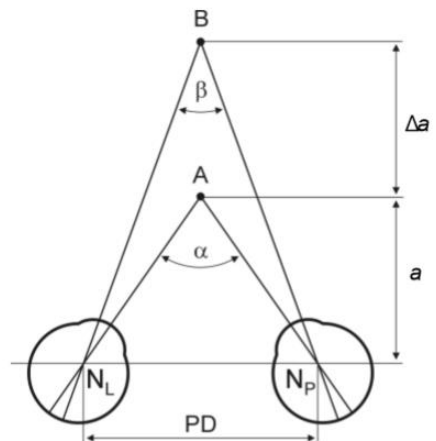
$$\eta = \alpha - \beta$$

$$\alpha \approx \frac{PD}{a}$$

$$\beta \approx \frac{PD}{a + \Delta a}$$

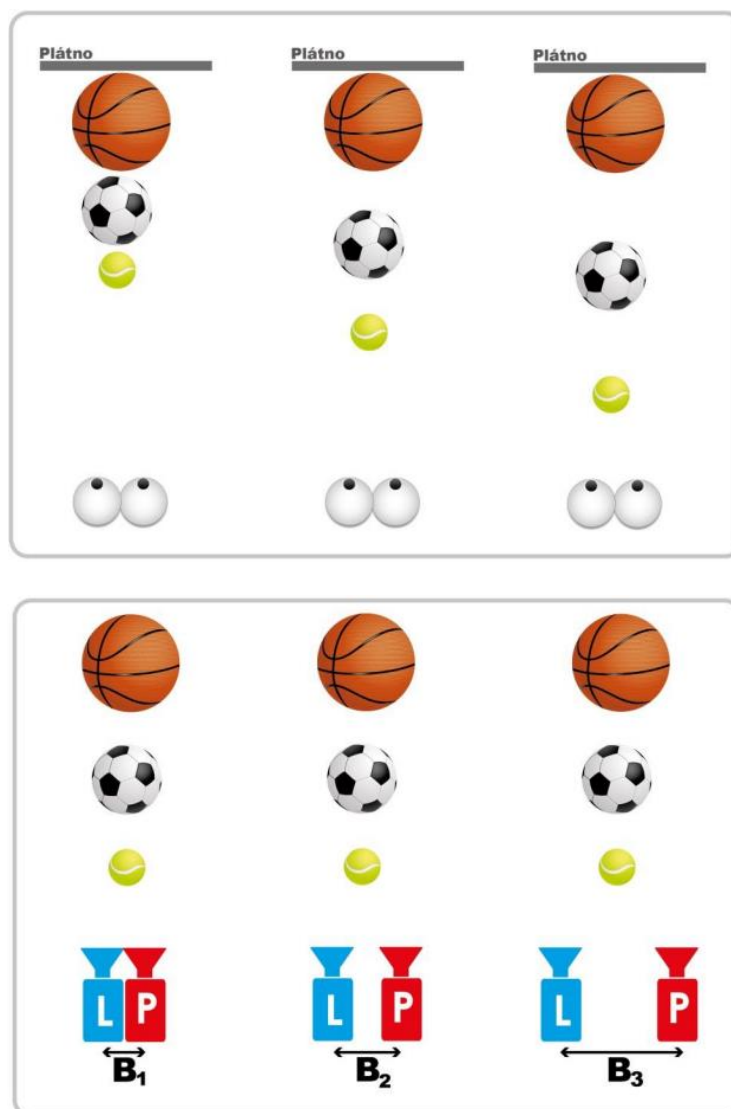


$$\eta \approx \frac{PD \cdot \Delta a}{a^2 + a \cdot \Delta a}$$



Obrázek 5: Stereoskopická paralaxa [8]

Velikost stereoskopické paralaxy má zásadní vliv na to, abychom dokázali určit, jak jsou jednotlivé body od nás vzdálené. Znalost stereoskopické paralaxy se využívá při tvorbě 3D záznamů. Na obrázku 6 vidíme, jaký vliv má velikost stereoskopické báze při pořizování záznamu scény. V horní části představuje modré L a červené P kamery, které mají nastavitelnou bázi B1 až B3. Všechny tři kamery snímají stejnou scénu s odlišnou velikostí báze, přičemž B1 má nejmenší bázi a B3 největší bázi. Na spodním obrázku 6 vidíme, že větší báze nám prohlubuje prostorový vjem promítané scény. Vychází nám přímá úměrnost, čím je větší stereoskopická báze, tím máme hlubší prostorový vjem. [8, 13, 14]



Obrázek 6: Změna stereoskopické báze [14]

1.7 Složky jednoduchého binokulárního vidění

Optická

Optická soustava oka (rohovky a čočky) vytváří na sítnici ostrý obraz předmětu, na který se díváme. Tento obraz je zmenšený a převrácený. Obraz v pravém a levém oku je v závislosti na pupilární distanci o nepatrný kousek odlišný. Optické zobrazení oka je zatíženo poměrně velkým množstvím optických vad, ale náš mozek si s nimi umí poradit a my si je neuvědomujeme. [8, 15]

Motorická

Dohlíží na správné postavení očí, aby se nám v ideálním případě pohledové osy protly na pozorovaném předmětu a jeho obraz dopadl do fovey obou očí. Oblasti v pravém a levém oku musí vzájemně korespondovat, abychom mohli vnímat obraz jako jednoduchý – nerozdvojený. Pokud se obrazy na sítnici vejdou do takzvaného Panumova areálu, tak dokážeme vytvořit jednoduchý binokulární vjem. [8, 15]

Senzorická

Přenáší elektrický vzruch ze sítnice do místa zpracování informace. Senzorická složka vidění začíná pracovat již přímo na sítnici, neboť naše oko má přibližně 130 mil. fotoreceptorů, ale z oka vychází svazek jen asi 1 až 1,5 mil. nervových vláken. Díky tomu víme, že již na sítnici dochází k určitému zpracování a zkomprimování informací které nám světlo přináší. [8, 15]

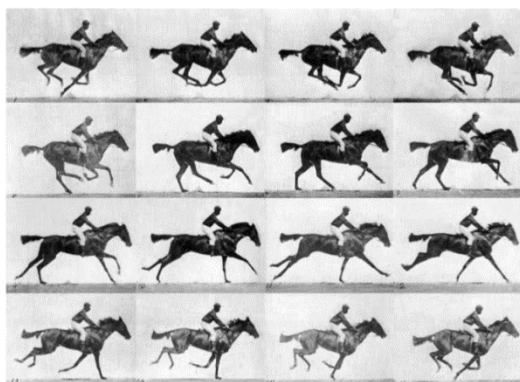
2 Vývoj virtuální reality

2.1 Vývoj virtuální reality

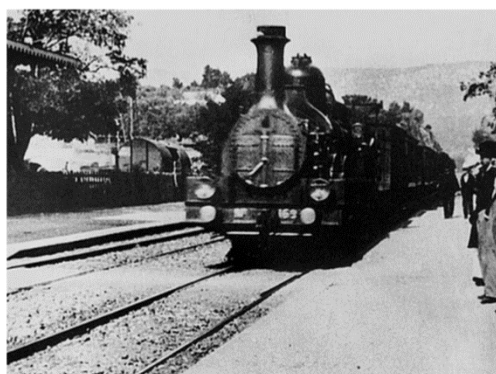
Jak už víme 80-90% všech informací z okolního světa přichází ze zrakového systému. Proto také v případě virtuální reality hraje zrak zcela zásadní roli. Díky velice velkému technickému pokroku spojenému s miniaturizací se nám během posledních let stále lépe a lépe daří přesvědčit naše oči a tím i náš mozek o tom, že vidí něco, co je ve skutečnosti úplně jinak. Právě pochopení všech souvislostí spojených s tím, jak náš zrakový systém funguje, nám nyní umožňuje zrak přesvědčit ještě lépe než kdy dřív, že vidí něco jiného a vytvořit tak svět virtuální reality. Základním předpokladem je to, abychom dokázali každému oku promítnout separátní obraz v dostatečné kvalitě. Náš mozek ho potom s využitím všech svých dosavadních zkušeností zpracuje a v naší mysli vznikne neskutečný svět – virtuální realita. [1, 4, 9]

Už před 30 000 lety vznikaly nástěnné malby, které znázorňovali představy, nebo významné události z života lidského. Umění malovat se postupně zdokonalovalo, a umělci se snažili v obrazech vystihnout pohyb. Fí fenomén neboli fenomén zdánlivého pohybu vzniká díky setrvačnosti vjemu. Ten nám vytváří iluzi pohybu z rychle jdoucí sekvence obrázků za sebou. K iluzi pohybu nám stačí vystřídat alespoň dva snímky za sekundu, tento pohyb je ale trhavý, a díky tomu jej velice snadno odlišíme od skutečného pohybu. Při deseti snímcích za sekundu přestáváme vnímat jednotlivé snímky a začíná se nám zdát pohyb nepřetržitý – plynulý. Jeden z prvních a zároveň nejznámějších úspěšných pokusů o zachycení pohybu je závodní kůň od Eadwarda Muybridge v roce 1878. E. Muybridge vytvořil sérii snímků závodního koně. Jednalo se o zakázku, která měla rozhodnout sázku dvou pánů. Hádali se o to, jestli kůň v klusu má fázi, kdy se nohama nedotýká země. Tato série po sobě jdoucích snímků byla vytvořena za pomoci 24 fotografických přístrojů. [9]

Film se stále zlepšoval a zachycení pohybu na něm začalo být realističtější. Jedním z příkladu vývoje filmu je snímek z roku 1896, při jehož sledování začali lidé v panice křičet a utíkat ze svých míst. Tvůrci dokázali vytvořit pro danou dobu, takovou iluzi, až vytvořily představou příjezdu mašiny do hlediště. Snímek sice neobsahoval žádnou zvukovou stopu, ale přesto na diváky působil velice realisticky. Mašinu ze snímku vidíme na obrázku 8. V době svého vzniku to vlastně byla velmi přesvědčivá ukázka virtuální reality. Z toho je jasně vidět, že vnímání virtuální reality se mění s tím, jak se mění naše životní zkušenosti. Proto také je vytvoření virtuální (neskutečné) reality stále náročnější a náročnější a nezáleží jen na stavu vývoje technických prostředků. [9]



Obrázek 8 : závodní kůň od Eadwarda Muybridge [9]

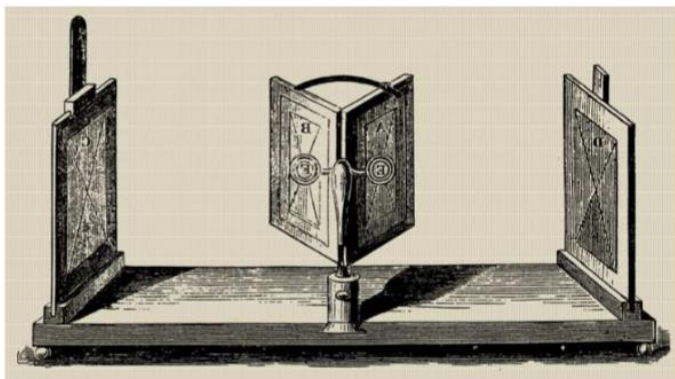


Obrázek 7 : Příjezd vlaku do stanice La Ciotat (francouzské přímořské město) 1986 [9]

Jedním z nejdůležitějších podporovatelů rozvoje virtuální reality se stal zábavní (kinematografický a videoherní) průmysl. Na začátku byli uzavřené videosekvence, které přinášeli pasivní zkušenost. Postupným vývojem a zdokonalováním výpočetní i zobrazovací techniky spolu s fantazií autorů máme nyní možnost komunikovat s virtuálním světem. Zajímavým fenoménem ve vývoji realistických filmů a her je to, že když nabídneme lidem možnost zvolit si mezi kvalitnějším zobrazením podpořeným realističtějším zvukem, za cenu toho, že musí zaplatit peníze, ale i ztrátou pohodlí svého domova a dojet například do kina nebo herny s nejvýkonnějšími počítačovými sestavami, tak raději zvolí nižší kvalitu a zůstávají doma. [9]

2.2 3D efekty

Pro vytvoření 3D efektů je potřeba znalost vytvoření hloubkového vjemu. Za pomoci dvou různých obrazů pro každé oko zvlášť a jejich následné spojení v mozku pomocí fúze vzniká prostorový vjem. První 3D obrázek nám byl představen už v roce 1838, kdy Charlie Wheatshone představil svůj stereoskop, který pomocí soustavy zrcadel dostával do každého oka odlišný obraz a tím vytvořil první hloubkový vjem, jeho vzhled vidíte na obrázku 9. Z obrázku je poznat, že se jednalo o poměrně velký přístroj určený hlavně pro statické použití. S největší pravděpodobností šlo o spíše herní použití nebo pouťovou atrakci. V roce 1930 byla vytvořena menší a přenosná verze stereoskopu, která se nazývala View-Master, kde se soustava zrcadel vyměnila za soustavu čoček. [1, 9]



Obrázek 10 : První stereoskop představil Charlie Wheatshone [9]



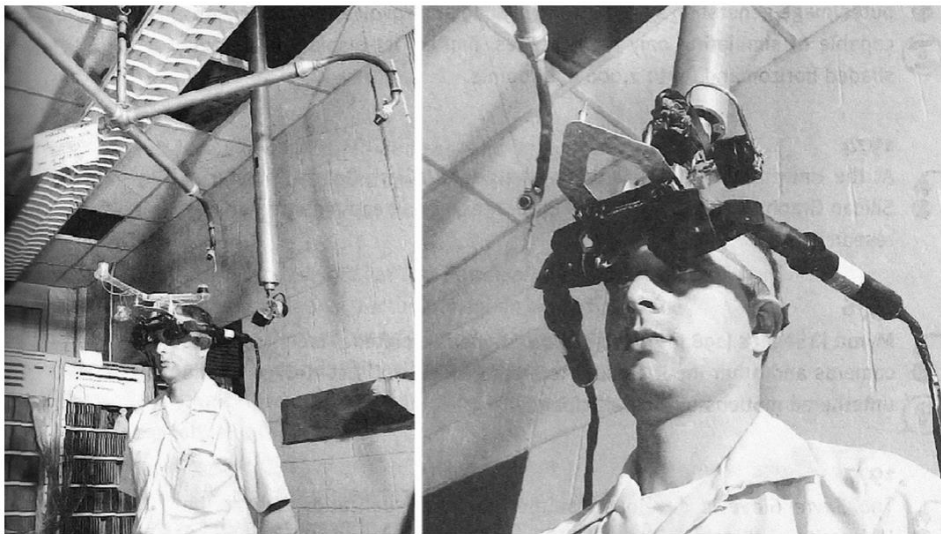
Obrázek 9 Sensorama [9]

V roce 1957 Morton Heilig vyvinul stroj jménem Sensorama, který je vidět na obrázku 10. Sensorama se snažila působit na všechny smysly uživatele, aby pro vytvoření virtuálního vjemu bylo co nejrealističtější. Přístroj nabízel několik krátkých 3D filmů, které byly doprovázeny dalšími podmínkami, jako je například vítr, vibrace, stereo zvuk a dokonce i několik čichových podmětů. Zařízení umožňovalo pouze pasivní prožití reality. Pohledové osy byly omezené na přímý pohled a přístroj neumožňoval divákovi změnu polohy těla. [6, 9]

2.3 Brýle pro virtuální realitu

Dalším krokem byly „brýle pro virtuální realitu“, které vytvořil Ivan Sutherland v roce 1968. Použil vysoce výkonný počítač a nejlepší displeje. Na obrázku číslo 11 můžete vidět, první virtuální brýle, které jsou přidělané na ramena. Přístroj uživateli sice neumožňoval volný pohyb, ale brýle již reagovaly na otáčení hlavy.

V osmdesátých letech se podařilo společnosti VPL zpopularizovat brýle s rukavicí pro virtuální realitu. O deset let později se objevili herní automaty s virtuální realitou. Jelikož virtuální realita nebyla dostatečně věrohodná a nenabízela dostatečné pohodlí uživateli, byla používána pouze několika nadšenci. Tento trend se v současnosti mění díky snížení pořizovacích nákladů, lepší dostupnosti, lepšímu prožitkům a zmenšením přístrojů. [1, 9]



Obrázek 11: 1968 Sword of Damocles [16]

3 Virtuální realita

3.1 Definice virtuální reality

Definice přeložena z online Oxford slovníku.

„S počítačově generovanou simulací trojrozměrného obrazu nebo prostředí může osoba, která používá speciální elektronické zařízení, jako je například helma s obrazovkou uvnitř nebo rukavice vybavené čidly vstupovat do vzájemné interakce a to zdánlivě reálným nebo fyzickým způsobem.“ [17]

V knize od LaValle „Virtual reality“ popisuje virtuální realitu jako:

„Definice VR: Indukování cíleného chování v organismu pomocí umělé sensorické stimulace, zatímco organismus má malé nebo žádné povědomí o ovlivnění.“ [9]

„V definici se objevují čtyři klíčové komponenty:“ [9]

„1. Cílené chování: Organismus má "zkušenost", kterou vytvořil tvůrce. Příklady zahrnují létání, procházky, zkoumání, sledování filmu a společenský styk s jinými organismy.“ [9]

„2. Organismus: Mohli byste to být vy, někdo jiný, nebo dokonce jiný způsob života, jako je octomilka, šváb, ryba, hlodavec nebo opice (vědci používají technologii VR pro všechny tyto organismy!).“ [9]

„3. Umělá sensorická stimulace: Prostřednictvím technických možností se jeden nebo více smyslů organismu stává ovlivněným a jejich obvyklé vstupy jsou nahrazeny umělou stimulací.“ [9]

„4. Povědomí: V průběhu zážitku se zdá, že si organismus nevšimá rušení, čímž je oklamán a cítí se přítomen ve virtuálním světě. Tato nevědomost vede k pocitu přítomnosti ve změněném nebo jiném světě, který je vnímán jako přirozený.“ [9]

LaValle si v definici nechává více prostoru pro budoucí pokrok, protože se neupíná na počítačem vygenerovanou simulaci, ale vytváří ji za pomoci stimulace organismu, který má malé nebo dokonce žádné povědomí o ovlivnění. Jako například lze

uvést virtuální realitu ztvárněnou ve filmu Matrix, kde stačí lidský mozek udržovat živý a dávat mu umělé představy o prostředí kolem něj. [9]

3.2 Rozšířená realita (AR):

Jedná se o pojem, kdy do naší reality jsou navíc přidány informace nebo nějaké objekty, které využíváme k našim potřebám. Vše je realizováno pomocí průhledových displejů/brýlí nebo jiných zobrazovacích zařízení. Jedním z příkladů je mobilní hra Pokémon Go. Na displeji mobilního telefonu nebo tabletu se nám zobrazuje reálný svět kolem nás snímáný zadní kamerou a do obrazu jsou přidány objekty, jako jsou fantaskní zvířata a pasti, do kterých je můžeme chytat. [1, 9]



Obrázek 12: Pokémon Go [9]

3.3 Stupně virtuální reality

V knize „*Reálně o virtuální realitě*“ uvádí autor tři stupně pojetí virtuální reality. Tyto tři stupně se nazývají:

- Pasivní,
- Aktivní
- Interaktivní

Toto stupňování vzniklo přirozeně podle složitosti vytvoření virtuální reality. Je to vlastně nepřirozenější možný způsob dělení podle hesla od jednoduššího ke složitějšímu. [1]

3.3.1 Pasivní:

Výrobně nejjednodušší stupeň je „pasivní virtuální realita“, která je plně závislá na tvůrčím záměru autora. My jako konzumenti tohoto stupně virtuální reality můžeme do jím vytvořeného světa pomocí naší fantazie vstupovat, ale nemůžeme ji nijak ovlivňovat. Například jediné, co můžeme u klasické (neinteraktivní) televize ovlivnit je to, kdy ji zapneme a vypneme, nebo jaký program budeme sledovat. To, jak bude scéna vypadat, co na ní uvidíme, co uslyšíme, rozhodne dopředu autor. Stejně tomu tak je i v případě, že půjdeme například do kina. Za úplně první a nejjednodušší formu této reality můžeme považovat čtení knih, při němž se při dostatečné představivosti autora i čtenáře, můžeme přenést zcela kamkoliv mimo naši realitu. Na druhou stranu prostředí okolo nás může působit i na naše další smysly, může se měnit tak, že máme pocit, jako bychom například letěli, ale nejpodstatnější je to, že ani v tom případě ho nemůžeme nijak měnit. [1]

3.3.2 Aktivní:

Na rozdíl od pasivní se v aktivní virtuální realitě můžeme volně pohybovat. Kdekoliv chceme, tak se zastavíme, prohlédneme si zajímavý předmět, na který si třeba můžeme i sáhnout. (Pro hmatové vjemy byli vytvořeny rukavice, které reagují na naše pohyby prstů a vytváří také tlakový podmět pro hmatové senzory v naší kůži. Prostředí

okolo nás reaguje na naše podněty. Například když pootočíme-li hlavou, tak se podle našeho pohybu změní i naše okolí, ale jen tak, jak ho jeho autoři předpřipravili. Stejně jako v prostředí pasivní virtuální reality, tak i zde nemůžeme nic přidávat ani ubírat. Tento stupeň virtuální reality běžně slouží například k prohlídce různých budov, ve kterých můžeme chodit z místnosti do místnosti, zkoumat nábytek (dokonce i například jeho vnitřek), ale již v něm nemůžeme například shodit vázu, nebo rozbít talíř. Tato virtuální realita se také využívá například k prohlídce uměleckých děl, může sloužit i k zobrazování v lékařství a mnoha jiných oborech. [1]

3.3.3 Interaktivní:

V interaktivní je nejvyšším stupněm virtuální reality. Možnosti obou předchozích stupňů rozšiřuje o zcela novou schopnost. Přidává možnost měnit prostředí tím, že do něj přidáváme, nebo z něj naopak odebíráme různé předměty. Například pokud najdeme květinu, můžeme ji i utrhnout, čímž změníme celý svět kolem nás. Jsme objeviteli a zároveň do určité míry i stvořiteli prostředí okolo sebe. Svět, který vytváříme je tak vždy originální a neopakovatelný. Jeho limitem je pouze naše fantazie a výpočetní výkon počítače, který tuto virtuální reality pro nás vytváří. [1]

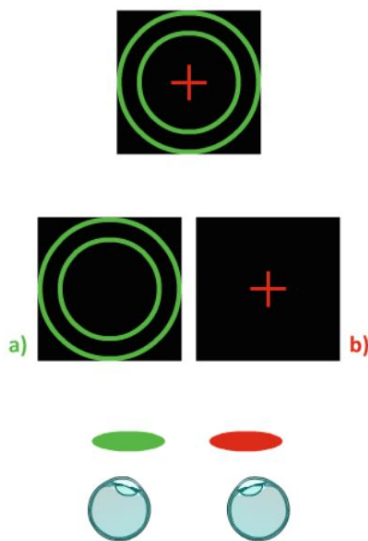
Přes neustálý nárůst výpočetního výkonu a soustavné vylepšování zobrazovacích technologií, se autoři publikace domnívají, že se nikdy nedosáhne takové dokonalosti, abychom nedokázali rozeznat skutečnost od virtuální reality. Skutečná realita okolo nás je natolik složitá a proměnlivá, že jí nikdy nebude možné plně nahradit umělou. [1]

3.4 Principy virtuální reality

3.4.1 Anaglyfní disociace očí

Jako jedna ze starších metod vytvoření virtuálního vizuálního vjemu se v optometrii používá oddělení vjemu pravého a levého oka červeným a zeleným (zelený se někdy nahrazuje modrým) filtrem. Před každé oko je dán jeden filtr. Tento princip funguje na aditivním míchání barev. [18]

Aditivní (sčítací) míchání barev je způsob, kdy k barevnému světlu přidáme další barevné světlo a vytvoříme bohatší výsledné spektrum. Pro vytvoření bílé barvy nám stačí smíchat ve vhodném poměru dvě doplňkové barvy. (Například žlutou s modrou, azurovou s červenou, purpurovou se zelenou.) Červený filtr nepropouští zelenou/modrou barvu, ale propouští červenou, zatímco zelený/modrý filtr nepropouští naopak červenou. Barvu, kterou filtr propustí vnímáme jako bílou, takže pokud máme test na bílém pozadí, tak vjem v něm zaniká. [18, 19]



Obrázek 14: Schoberův test [18]



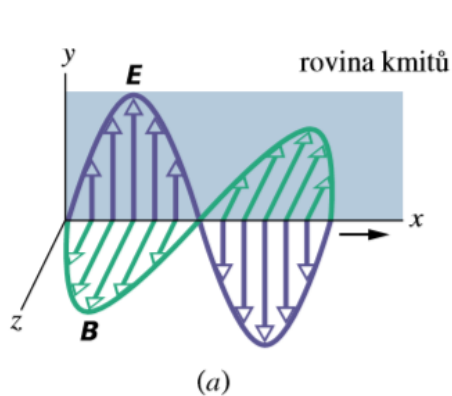
Obrázek 13: Anaglyfický obrázek tygra [20]

Tento způsob separace obrazů je zatížen různými nedokonalostmi. Dnes se používá jen pro statické zobrazení. Přesto se s ním dodnes můžeme setkat v optometrii, kde ho využívá zejména takzvaná „anglosaská škola“. Testy založené na této metodě dokáží oddělit obrazy pro pravé a levé oko (např. Schoberův, Wortův test). Na obrázku 14 máme zobrazený Schoberův test, kde obrázek a) je vidět levým okem, před které jsme

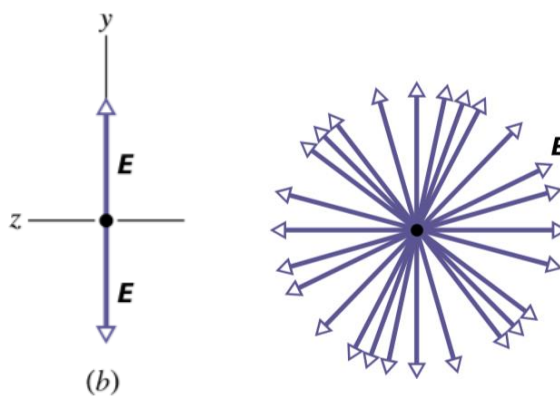
umístili zelený filtr a obrázek b) je vidět pravým okem, před které jsme umístili červený filtr. Horní obrázek je výsledné spojení dvou obrázků v jeden v případě zdravého jedince. Tyto testy nám umožňují testovat spolupráci obou očí. Jsou mnohem sofistikovanější, než testy, při nichž se separace nevyužívá, ale mají určitá omezení, která se při tomto druhu separace nedají nijak odstranit. Na obrázku 15 vidíme obrázek tygra, který je vytvořený pro anaglyfické brýle. Na bílém tygrovi, krásně vidíme červené části a modré části tygra, pro každé oko jedna barva. Nejčastější nedokonalostí bývá barevný nesoulad mezi testem a filtry ve zkušebních brýlích. I poměrně malá odchylka vlnových délek testu a filtrů způsobí nedokonalou separaci obrazů. [18, 19]

3.4.2 Polarizační disociace očí

Základem polarizační disociace, je znalost polarizovaného světla a jeho vzniku. „Elektromagnetická vlna je polarizována, pokud její vektor E stále kmitá v jedné rovině — v rovině kmitů. Světelné vlny z běžných zdrojů nejsou polarizovány, jsou nepolarizované: jejich polarizace se mění náhodně a rychleji, než můžeme sledovat.“ [6]



Obrázek 16: Polarizované světlo [6]

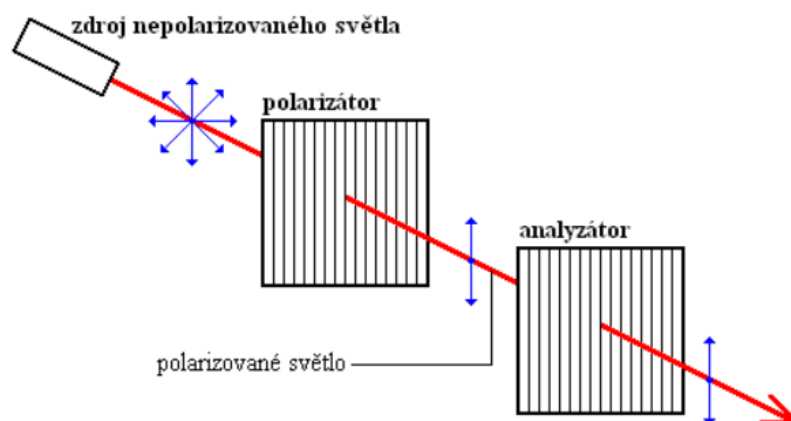


Obrázek 15: Nepolarizované světlo [6]

Lineární polarizaci máme na obrázku 15 (a), kde E je intenzita elektrického pole kmitající rovnoběžně s osou y a je kolmá na B , která znázorňuje magnetické pole kmitající rovnoběžně s osou z . Pokud se podíváme na oscilaci elektrické intenzity zepředu, jak je zobrazena na obrázku 15 (b), tak vidíme, že vlna se šíří lineárně po směru y . V obrázku 16 máme elektrickou intenzitu kolmou ke směru šíření, ale směr oscilace E je nahodilý. Tomu to jevu říkáme nepolarizované světlo. Polarizované světlo už využívali Vikingové

pro navigaci na moři, kdy Slunce bylo pod horizontem. Otáčením krystalu, který měnil barvu, poznali, kde je jih při svých plavbách v Severním moři. Polarizaci také používáme k určení binokulárních poruch od roku 1939. [6, 18]

K vytvoření polarizovaného světla se používají polarizátory. Naše oko nepozná nepolarizované světlo od polarizovaného a proto k určení jeho směru potřebujeme analyzátoři, který nám pustí do oka jen správný směr polarizace, kterou potřebujeme, jak je vidět na obrázku 18.



Obrázek 17: Průchod světla přes polarizátor a analyzátor [21]

Polarizační filtry můžeme využívat nejen k vytvoření polarizovaného světla, ale i k jeho eliminaci pomocí analyzátoru. Pokud pootočíme dva lineárně polarizované filtry o 90° proti sobě, neprochází žádné světlo. Tím se přesvědčíme o tom, že se opravdu jedná o lineárně polarizované filtry. Lineární polarizaci v současné době v optometrii používáme nejčastěji. Za ideálních podmínek zajišťuje kvalitní separaci. Využívá jí zejména „německá optometristická škola“ založená na Polatestu. Lineární polarizace má hlavní nevýhodu v tom, že její účinnost je závislá na přesném nastavení os polarizátoru a analyzátoru. Při odchýlení os od vzájemného úhlu 90° dochází k nedokonalé separaci obrazu. [6, 18]

Dalším druhem polarizace je kruhová polarizace, kterou vytvoříme rotací elektrického pole do jednoho směru. Filtry, které fungují na kruhovou polarizaci, jsou na rozdíl od filtrů na lineární polarizaci nezávislé na úhlu natočení filtru, ale jsou závislé na směru průchodu světla skrz filtr. Pokud filtrem prochází světlo „zezadu“, tak je filtr neúčinný. Tento jev je způsoben tím, že filtr je sendvičový a závisí na pořadí jednotlivých vrstev. Z důvodu nezávislosti natočení filtru (způsobenému například natočením hlavy) se kruhově polarizační filtry využívají v 3D kinech a jako jedna z variant

3D televizi. Obrazovka (nebo projektor v kině) vysílají současně dva obrazy. Jeden určený pro pravé a jeden pro levé oko, díky tomu vlastně klesá rozlišení zdroje na $\frac{1}{2}$ ppi (dpi). Navíc obraz vytvořený pomocí polarizace je méně výrazný až lehce potmělý proti obrazu vytvořenému 3D aktivním zobrazením. Pokud nefunguje správně binokulární vidění, může nám obraz vytvářet takzvaný lesk. Mozek přepíná dominanci z jednoho oka na druhé, čímž vzniká dojem skákání objektů. [6, 18]

3.4.3 Aktivní 3D zobrazení

Brýle jsou bezdrátově, nebo kabelově propojeny s obrazovkou a jejich zorníky se střídavě zatemňují. Střídavé zatemňování pravé a levé očníce probíhá synchronně se změnami obrazu. Na obrazovce se mění obraz pro pravé a levé oko. Díky tomu, že frekvence výměny obrazů je výrazně rychlejší než setrvačnost oka a tím (obrazy jsou snímány kamerami se stereoskopickou bází) vzniká ve zrakových centrech prostorový 3D vjem. Zobrazení alespoň 60 snímků za sekundu pro každé oko je minimum potřebné k dojmu plynulého nepřerušného obrazu. Aktivní 3D zobrazení má oproti polarizační separaci výhodu v lepší kvalitě obrazu. (Každé oko vždy vidí plný počet bodů obrazovky.)



Obrázek 18: 3D aktivní brýle [22]

Mezi hlavní nevýhody patří to, že 3D aktivní brýle potřebují dostatečně velký zdroj elektrické energie. Díky tomu jsou těžší a dražší. Navíc přes vysokou frekvenci střídání obrazů existuje podezření z toho, že tento systém může patřit mezi spouštěče epileptických záchvatů, jak potvrzují i výrobci ve svých návodech, kde sledování těchto přístrojů epileptikům nedoporučují. V optometrii je za současného stavu velikosti

napájecích zdrojů a řídicí elektroniky prakticky nemožné kombinovat tuto technologii se zkušebními brýlemi. Jediná možnost, jak tuto technologii využít by bylo zabudovat ji do foropterů, ale je velice nepravděpodobné, že by některý z výrobců vytvořil sadu testů, která by byla použitelná pouze ve spojení s foropterem. [9, 22]

3.4.4 Průhledové displeje

První průhledové displeje byli používány v armádních letounech. Piloti byli při nočních letech osleповáni palubními ukazateli. Prolétnout těsně nad zemí, aby nebyli zaznamenáni radarem bylo velmi těžké i proto, že i jen kratičká změna pohledu mohla mít tragické následky. Průhledové displeje jim usnadnily řízení v noci, nemuseli měnit pohledové osy ani akomodaci a ani adaptaci na tmou a osvětlení přístroji. Průhledové displeje ukazovali důležité informace a upozorňovali například na reliéf krajiny, aby mohli letět těsně nad zemí. Pilotům se to také ulehčilo vzlétání i přistávání za špatných světelných podmínek. Jejich zobrazovací vlastnosti se postupně zlepšovaly, a protože se v armádě osvědčily, tak se pomalu začaly používat i pro civilní účely. [1, 23]



Obrázek 19: HUD displej v automobilu[24]

Řidiči auta mají informace z palubních ukazatelů promítnuté na průhledné desce či rovnou na předním sklu automobilu. Pohled přes průhlednou plochu jim nenarušuje pohledovou vzdálenost, ale přitom mají informace o rychlosti, či kde zabočit přímo před očima. A umožňuje jim vnímat více informací, aniž by ztrácel pozornost. Příklad průhledového displeje, pro který se v angličtině používaná zkratka HUD (Head-up Displays), zabudovaného do auta vidíte na obrázku 13. Průhledové displeje dnes můžeme potkat i zabudované do brýlí. V takovém případě umožňují zhmotnit požadovaný objekt na daném místě. Například nábytek v prázdné místnosti nebo vázu s květinami na reálném stole. [1, 23]

3.4.5 Displejové zobrazení

Displejové zobrazení se objevuje především v brýlových soustavách pro virtuální realitu. Používáme soustavu dvou malých displejů, nebo jeden větší displej, umístěný v blízkosti očí, ve spojení se separační přepážkou zajišťující, aby každé oko mohlo vidět jen svou polovinu displeje. Jelikož obraz je většinou v tak blízké vzdálenosti před očima, že by neúměrně zatěžoval náš akomodačně-konvergenční systém, tak se používají optické systémy na snížení potřeby akomodace. V nich se nejčastěji z důvodu malé středové tloušťky používají Fresnelovy čočky. Celá soustava by měla být co nejlépe odizolovaná před rušivým venkovním světlem. [9]

Mezi důležitá omezení u zobrazení pomocí displejů patří velikost zorného pole, které by podle LaValleho mělo dosahovat okolo 270°, aby odpovídalo našemu celkovému reálnému rozsahu vidění. V brýlích pro virtuální realitu se k této hodnotě až na výjimky zdaleka nedostaneme většinou je mezi 90° až 110°. Ani dnešní televizory nedosahují požadované velikosti zorného pole 180°. Velikost pole v brýlích je především omezená optickými vlastnostmi čoček, které mění pohledovou vzdálenost. Jejich zobrazovací vlastnosti většinou od středu čočky klesají. Detail obrazovky určuje počet pixelů na palec (zkratka PPI), které se skládají ze tří subpixelů tří barev (RGB: Red/červená, Green/zelená, Blue/modrá). V roce 2010 Steve Jobs určil hranici minimálního počtu pixelů na 326 PPI. Ovšem detail není určený pouze počtem pixelů na velikost obrazovky,

svoji roli tady hraje i vzdálenost obrazovky a kvalita obrázku promítaným na displeji. V dnešní době se ustálila hranice promítaných snímků minimálně na 60 za sekundu. Některé televizory dosahují frekvence až 800 snímků za sekundu. [9]

4 Virtuální realita v optometrii

4.1 Brýle pro virtuální realitu

Na dnešním trhu můžeme najít velké množství brýlí pro virtuální realitu, které mají různé přednosti i zápory. Rozdělila jsem si proto brýle pro virtuální realitu podle druhu elektronického zobrazovacího zařízení.

V první skupině neobsahují virtuální brýle žádné zobrazovací zařízení. Proto potřebujeme navíc chytrý telefon, nebo MP4 přehrávač. Jejich pořizovací cena se pohybuje od desítek korun až do tisícovek. Jejich hlavní výhodou je nižší pořizovací cena a některé verze jsou velice malé. Většinou obsahují jen levné hůře zobrazující čočky, které snižují kvalitu obrazu. Kvalita displeje závisí na chytrém telefonu/MP4 přehrávači. Některé modely mají vylepšení o změnu vzdálenosti displeje od obličeje, přidané reproduktory a různá další vylepšení. Zástupci skupiny jsou Homido "Mini", Google Cardboard, Goggle Tech C1-Glass, POP! 3.0, Samsung Gear VR. Navíc je na internetu hodně návodů pro kutily, jak si takovéto brýle sami vyrobit doma. [9, 25, 26]



Obrázek 21: Samsung Gear VR [25]



Obrázek 20: Homido "Mini" [26]

Druhá skupina virtuálních brýlí má zabudovaný vlastní displej. Většinou jsou speciálně udělané pro herní konzole. K této skupině jsem našla jednoho zástupce Sony PlayStation VR. Výhodou je obvykle pevnější konstrukce, lepší odfiltrování rušivých vjemů z okolního prostředí. Nevýhodou může být to, že rozlišení displeje je pevně dané a nelze je snadno vyměnit, pokud se například objeví nový telefon s jemnějším displejem. [25]



Obrázek 23: Sony PlayStation VR [25]



Obrázek 22: Sony PlayStation VR a jeho příslušenství [25]

Do poslední skupiny patří všechny brýle pro virtuální realitu, které mají zabudované zobrazovací zařízení a pracují s výkonnými počítači případně s notebooky. Mají různé doplňky, jako sledovač pohledu, automatické nastavení PD (pupilární distance), senzory pohybu, zabudovaný kamerový systém, stereo zvuk a mnoho dalšího. Jejich zástupci jsou Oculus Rift, HTC Vive, HP Windows Mixed Reality Headset a XTAL. [25, 27]



Obrázek 25: XTAL VR brýle [27]



Obrázek 24: HTC Vive a příslušenství [25]

VR Headset (Brýle pro virtuální realitu)	Sony PlayStation VR	HTC Vive	Oculus Rift	XTAL	Google Cardboard
Rozlišení	1920 x 1080 (pro jedno oko 960 x 1080)	pro jedno oko 1080 x 1200	2160 x 1200 (pro jedno oko 1080 x 1200)	5120 x 1440 (pro jedno oko 2560 x 144)	Záleží na druhu elektronickéh o zobrazovacího zařízení
Zorné pole	100°	110°	110°	180°	-
Displej	OLED	Dual AMOLED	OLED	OLED	Záleží na druhu elektronickéh o zobrazovacího zařízení
Obnovovací frekvence	120 Hz/ 90 Hz	90 Hz	90 Hz	70 Hz	Záleží na druhu elektronickéh o zobrazovacího zařízení
PD	nenalezena možnost nastavení PD	nastavitelný PD	nastavitelný PD v rozsahu 58-72 mm	automatické nastavení PD (AutoEye), v rozsahu 56-76 mm	pevně daný rozestup
Cena	7 690,- Kč (29.4.2019)	15 990,- Kč (29.4.2019)	12 990,- Kč (29.4.2019)	125 955,- Kč (29.4.2019)	108,- Kč (29.4.2019)

Tabulka 1: Parametry brýlí pro virtuální realitu

Tabulku jsem si vytvořila z dostupných virtuálních brýlí na evropském trhu. Z mnou vybraných zástupců je vidět, že s cenou roste komfort nositele a lepší možnosti zobrazení virtuální reality. Otázka je, zda dokážeme vytvořit věrohodný virtuální svět, který využije výhody různých virtuálních brýlí. Nejdražší virtuální brýle XTAL jsem si do tabulky vybrala, protože byli vytvořeny za pomoci dvou českých vývojářů. Nepoužívají se v zábavném průmyslu, ale soustředí se na designéry a proto je kladen velký důraz na věrohodnost zobrazení. [25, 27, 28, 29, 30, 31, 32]

4.2 Optometrie

První pokusy o korekci nedokonalého vidění měli k dnešním brýlím velice daleko. Např. již Seneca při čtení používal skleněnou kouli naplněnou vodou. Později se používaly takzvané čtecí kameny, tedy optické pomůcky, které mají mnohem blíže k současným lupám než k brýlím. Tyto optické korekční členy sice dokázali zvětšit písmena v knize tak, že se přikládali přímo na text. Zhoršené vidění na dálku se s nimi nedalo korigovat. Samozřejmě neřešily ani to, že každé oko může být postiženo jinak velkou vadou, protože text se přes ně buď pozoroval binokulárně, nebo se muselo jedno oko zavřít, eventuelně zakrýt. První předchůdci podobní dnešním brýlím se objevují až koncem 13 století. Nosí se již na nose a díky tomu umožňují korigovat každé oko samostatně. První brýlové čočky, ať již jsou vytvořeny z průhledných minerálů, nebo později ze skla, jsou značně nedokonalé a zejména v periférii postižené množstvím optických vad. Díky tomu bylo zobrazení značně deformované a stranově omezené. První brýle tak umožňují samostatně korigovat pravé a levé oko, ale prakticky mají ostré vidění jen při pohledu přímo před sebe. To také určitě značně limituje spolupráci obou očí. Až o mnoho let později se objevují nové postupy výroby brýlových čoček, díky nimž se daří snižovat optické vady a zlepšovat kvalitu zejména periferního zobrazení. Díky tomu začíná více nabývat na významu i měření vzájemné spolupráce obou očí. Vznikají nové měřicí postupy a nové testy. Optometristé si začínají uvědomovat, že když udělají co nejostřejší možné vidění samostatně na pravém a na levém oko, náhle se občas objevují potíže, které před zaostřením obrazu nebyly. Z toho vyplývá, že se jedná o problémy způsobené spoluprací pravého oka s levým a že k jejich vyřešení je potřeba něco víc než jen změřit oči jen monokulárně. Začínají se objevovat první postupy, kterými se neměří jen oči, ale i

takzvané zrakové funkce, tedy to, jak dokáže náš mozek spojit, zpracovat a vyhodnotit nervové signály vycházející ze sítnice. Vznikají testy jako například Schoberův test, Maddoxův kříž, Von Graefeho prizma, Thoringtonův test... Tyto testy jsou založeny na obdobném principu a pracují tak, že každé oko vidí jednu část obrazu a celek vniká prostým složením částí obrazu. [8, 18, 19]

4.2.1 Polatest

Metoda, která používá lineární polarizaci, kdy obě oči pozorují testy přes stejně barevné filtry. Zejména se o to v 70-tých letech zasloužil pan Haase, podle něhož je nová metodika měření korekce nazvaná: „Mess -und Korrektionsmethodik nach Haase” = měřící a korekční metodika podle Haaseho = MKH. Haase používal lineární polarizaci orientovanou na 45° a 135° , díky čemuž se snažil co nejvíce odstranit nevýhodu toho, že účinek separace obrazů polarizací klesá při odchylce os polarizátoru a analyzátoru. Tato metodika zejména při stanovení úrovně fixační disparity, úrovně stereopse a směrové prevalence pracuje s virtuálním zobrazením testových značek. Testy vždy obsahují společný centrální fúzní podmět a dvojici značek (trojúhelníků) které po správném sfúzování vytvářejí virtuální vjem značek (trojúhelníků) v prostoru před nebo za bodem. [13, 18]

Díky těmto testům měříme nejprve motorickou, později i senzorickou heteroforii, fixační disparitu 1. a 2. stupně. Metodika MKH nám umožňuje měřit oči za podmínek, kdy máme kontrolu nad tím, jak oči spolupracují, zda mají, či nemají nějaký společný fúzní podmět, sfúzovaný obraz foveálně či parafoveálně, ale vždy jen za podmínek, kdy vyšetřovaný pozoruje černé (bílé) znaky na bílém (černém) pozadí. Podle barvy znaků a pozadí dělíme polarizaci na pozitivní (negativní). Pozitivní je považována za lepší, neboť sledujeme přirozenější prostředí, tedy černé znaky na bílém pozadí. [13, 18]

4.2.2 Paskal, VISUCAT, PolaSkop 3D

Na základě Polatestu, po zvládnutí techniky kruhové polarizace vznikly další měřící systémy, které přidali stereoskopické podmínky i na pozadí před kterým se

zobrazují testy. Tyto systémy vložily za test 3D pozadí, které vytváří periferní stereoskopickou fixaci. Díky tomu se podmínky při refrakci ještě více dokáží přiblížit našim běžným vizuálním zvyklostem. Normálně, i když se soustředíme na nějaký centrální vjem, tak je naše sítnice stimulována množstvím periferních informací. Díky tomu, že tyto systémy pracují s fixací očí prostorovým periferním vjemem, tak umožňují přesněji určovat například osy cylindrů za přirozeného postavení očního páru. To umožňuje i používání zcela nových testů. 3D pozadí za testy ovšem na některé měřené osoby může naopak působit rušivě, proto v praxi občas musíme 3D pozadí převést na klasický 2D obrázek, nebo ho zcela vyrušit. (A to i přesto, že je omezeno velikostí obrazovky.) Jelikož je ruší v soustředění se na testy. Výrobci systémů se nesnaží pouze o lepší testy na měření zraku, ale i o to, aby měření bylo záživnější a méně únavné.

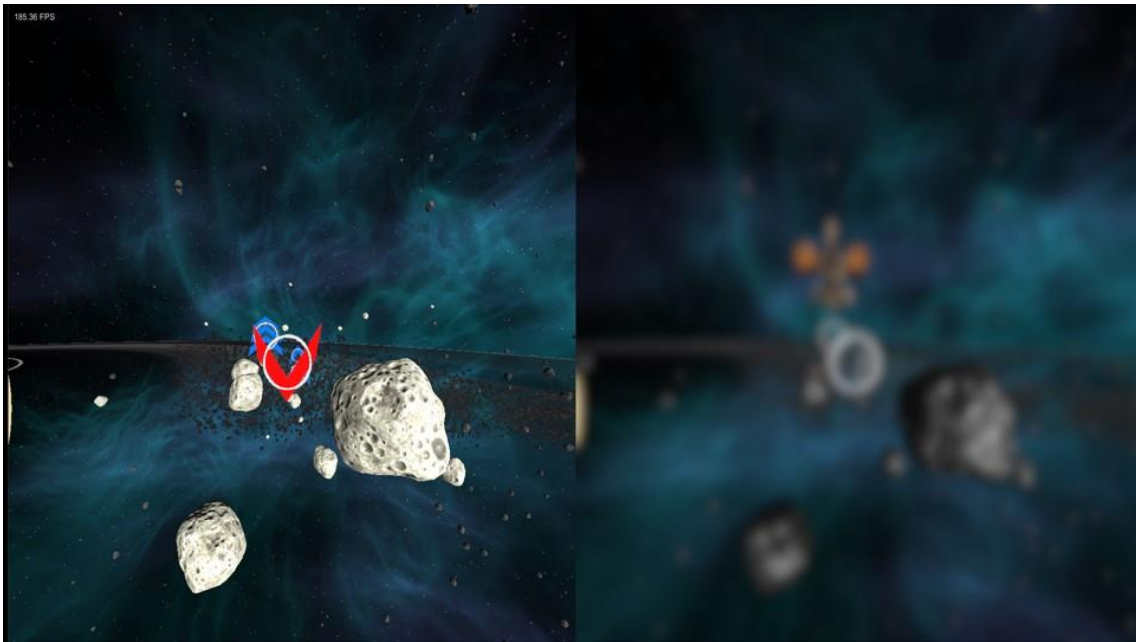
V nabídce firmy „IBK Systeme GmbH“ jsem dokonce objevila modul umožňující vyšetřování pomocí lineární i kruhové polarizace, ale podrobnosti o tom, ale podrobnosti nejsou dostupné. [33, 34, 35]

4.2.3 Refrakce ve virtuální realitě

Pokud se mi podařilo zjistit, tak zatím neexistují žádné testy, které by byly vytvořeny přímo pro použití v brýlích na vytvoření virtuální reality. Parametry brýlí virtuální reality podle mě dosahují dostatečné kvality pro využití refrakce zraku. Podle potřeby se dá nastavit jas obrazu a po celou dobu by bylo možné použít za testy stereoskopické podmínky. Je ovšem velice pravděpodobné, že na použití virtuální reality při měření očí bude potřeba vyvinout zcela nové testy a novou techniku měření. Vidím budoucnost virtuální reality, především při zkontrolování binokulárního vyvážení změřených hodnot za co nejpřirozenějších podmínek. Asi největším problémem může být potřeba vyměňování zkušebních skel před očima. Jedním z možných řešení by mohlo být propojení s foropterem. Neustále se zvyšující nároky na náš zrakový systém přinášejí do optometrie nové problémy, tak se postupně vyvíjí například sportovní optometrie, která problematiku jako je rychlost a přesnost spolupráce ruka-oko. Zde si myslím, že se virtuální realita může prosadit nejdříve.

4.3 Ortoptika

Ortoptika se zabývá diagnostikou, prevencí a léčbou zrakového ústrojí. Snaží se zvýšit zrakovou ostrost a dosáhnout jednoduchého binokulárního vidění neboli jednoho obrazu. Ortoptika se především zabývá léčbou amblyopie a strabismu. Dodnes není v české republice dostatečný počet ortoptických pracovišť a většinou se zabývají pouze dětskými pacienty, i když by byla potřebná i pro dospělé pacienty.



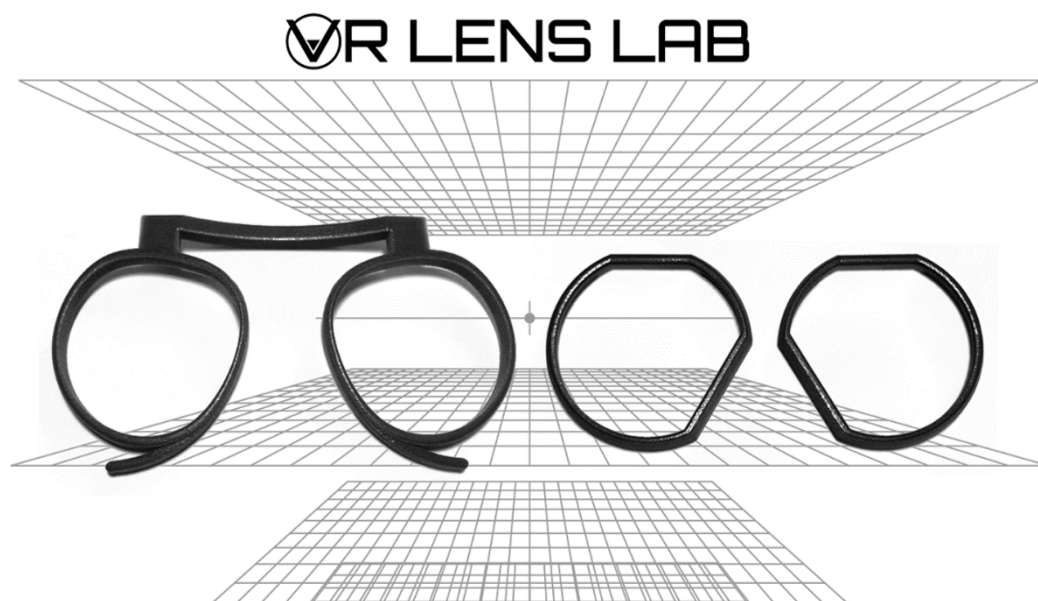
Obrázek 26: Vivid Vision “Ring Runner” [36]

Vivid Vision Clinical/Vivid Vision Home je program navržený pro virtuální brýle, který je zaměřený na amblyopii a strabismus. Snaží se o vytvoření lepší spolupráce očí a používání utlumeného oka. Funguje na principu dvou obrazů, přičemž obraz pro horší oko je jasnější a ostřejší oproti lepšímu oku. Takto vytváří tlak na mozek používat horší oko. Rozdíl v kvalitě obrazu se postupně srovnává, až jsou oba obrazy stejně jasné a stejně ostré. Dalším podmíněním pro spolupráci očí je skládání obrazu pomocí informací z obou očí. Snaží se zaujmout pozornost formou hry, ve které máte předměty, které vidí obě oči a předměty, které vidí pouze jedno oko. Pro splnění hry musí mozek získat informace z obou očí. K programu zatím nejsou žádné rozsáhlé studie, které by potvrdily účinnost léčby pomocí virtuální reality. Odhaduje se, že hlavní výhodou by byla popularita mezi malými dětmi, které by hra bavila, tím by se docílilo pravidelného cvičení. Navíc navrhuji

s virtuálními brýlemi navštěvovat školy a školky pro odhalení problému v binokulárním vidění. Na obrázku 26 vidíme ukázkou tréninkového softwaru vyvinutého firmou Vivid Vision na zlepšení amblyopie. [36, 37]

4.4 Optika

Na stránkách www.kickstarter.com kam dávají lidé svůj nápad, který by chtěli uskutečnit pomocí dotace od ostatních, mě zaujal jeden projekt viz. obrázek 27. Jednalo se o internetový obchod, který prodává brýlové čočky přímo do určitých headsetů. Mají omezený rozsah čoček, které mohou nabídnout, ale přesto řeší i problematiku alespoň části těch, kteří potřebují korekční brýle a chtějí používat headsety. Nepodařilo se mi, ale zjistit jak kvalitní jsou tyto korekční čočky a zda fungují podle představ autora. [38]



Obrázek 27: Dioptrické čočky do VR headsetů [38]

Závěr

Cílem mojí práce bylo prozkoumat možnosti virtuální reality a její možnosti uplatnění v optometrii.

V první kapitole popisuji, jak funguje náš zrak (zrakové funkce) a vysvětluji, jak a kde vzniká zrakový vjem. Nejdříve se zabírám vjemem jednoho oka a postupně přecházím na nejvyšší stupeň úrovně vidění, kterým je binokulární prostorové vidění. Vysvětluji jednotlivé pojmy důležité pro pochopení, jak funguje vidění a jejichž znalost je potřebná při vytváření vizuální virtuální reality. Definuji pojmy jako zorné pole, stereoskopická paralaxa, horopter a složky jednoduchého binokulárního vidění.

Vysvětluji, proč je důležitý a co znamená Fí fenomén. Jak vznikají a na čem jsou závislé 3D efekty. Popisuji jak postupně a kdy vznikaly brýle pro virtuální realitu.

Dále se zabývám postupným vznikem a vývojem virtuální reality. Popisuji závislost úrovně virtuální reality na stupni vývoje, poznání a zkušenostech živých organismů. Vysvětluji rozdíl mezi virtuální a rozšířenou realitou. Osvětluji jednotlivé stupně virtuální reality z hlediska náročnosti jejich vzniku.

O části věnující se optometrii se zabývám nejdříve různými způsoby separace obrazů. Vysvětluji výhody a nevýhody použití jednotlivých druhů separací. Zabývám se i tím, proč je separace potřebná pro umožnění vzniku 3D obrazů. Seznámila jsem se s tím, které současné testy je možno považovat za použití virtuální reality. Díky tomu jsme objevila i zcela novou a zatím jen málo rozšířenou technologii binokulární refrakce na blízko.

Díky své práci jsem se seznámila podrobněji s problematikou virtuální reality. Poznala jsem její současné možnosti, ale i nevýhody, které přináší dnešní technická řešení. Dá se očekávat, že díky tomu, jak se neustále zrychluje vývoj výpočetní a zobrazovací techniky, dojde brzy k tomu, že virtuální realita začne více a více pronikat do našich životů. Zároveň jsme si ale uvědomila, že stejně tak může dojít k tomu, k čemu došlo před pár lety, kdy byl velký boom 3D televizí, který ale během chvíli potichu skončil a dnes již v žádném obchodě 3D televizor neseženeme. Stejně tak se může virtuální realita uplatnit jen někde při specializovaném použití a masově se nikdy nerozšířit.

Zdroje:

- [1] AUKSTAKALNIS, S., BLATNER, D., LANIER, J., *Reálně o virtuální realitě: umění a věda virtuální reality*. Přeložil KLIMEŠ, J., Brno: Jota, 1994, ISBN 80-856-1741-2
- [2] AUTRATA, R., ČERNÁ, J. *Nauka o zraku*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. ISBN 80-7013-362-7
- [3] MASOPUST, J., PRŮŠA, R., *Patobiochemie buňky*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, 2003, ISBN 80-239-1011-0
- [4] ŠTROFOVÁ, H., *Praktická oftalmologie*. Ilustroval HLAVÁČEK, J., Praha: Mladá fronta, 2018. Medical services. ISBN 978-80-204-4888-0
- [5] WINSTON, R., M., L., *Člověk [obrazová encyklopedie lidstva]*. Praha: Knižní klub, 2005. ISBN 80-242-1455-5
- [6] HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J., *Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Část 4, Elektromagnetické vlny – optika - relativita*. Přeložil KOMRSKA, J., OBDRŽÁLEK, J., DUB, P., Brno: VUTIUM, 2000. Překlady vysokoškolských učebnic, svazek 1. ISBN 80-214-1868-0
- [7] *Cesta do hlubin mozku [The brain With Dr. David Eagleman] [dokumentární seriál]*. Režie Gale, C., Stacey, N., USA, Velká Británie, Blink Films, 2015
- [8] PLUHÁČEK, F. *Normální binokulární vidění – výukové materiály k předmětu Binokulární vidění, katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2016*
- [9] LaVALLE, S. M., *Virtual reality* [online], Cambridge University Press, [cit. 2019-01-18], Dostupné z: <http://vr.cs.uiuc.edu>
- [10] STIDWILL, D., FLETCHER, R., *Normal binocular vision: theory, investigation and practical aspects*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2011, ISBN 978-1-4051-9250-7
- [11] SVATOPLUK, S., SKORKOVSKÁ, Š., *Fyziologie oka a vidění*. Praha: Grada Publishing, 2004, ISBN 80-247-0786-1

- [12] NAJMANOVÁ, E., *Oftalmologické a optometr. přístroje II* - přednáška, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2017
- [13] RUTRLE, M., *Binokulární korekce na polatestu*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-302-3
- [14] VOZÁK, D., *Konfigurace stereoskopického systému: diplomová práce*. Praha: České vysoké učení technické, Fakulta elektrotechnická, 2014
- [15] ZADNIK, K., *The ocular examination: measurement and findings*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1997, ISBN 0-7216-5209-3
- [16] *VRrOOM* [online], © 2016, [cit. 2019-4-20]. Dostupné z: <https://vrroom.buzz/vr-news/guide-vr/sword-damocles-1st-head-mounted-display>
- [17] Oxford University Press, *Oxford University Press* [online], © 2019 [cit. 2019-2-19]. Dostupné z: https://en.oxforddictionaries.com/definition/virtual_reality
- [18] Severa, D., Veselý, P., Beneš, P., *Základy metod korekce refrakčních vad* [online], Brno: Masarykova univerzita, 2016 [cit. 2019-3-28]. Elportál. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/index.html
- [19] PLUHÁČEK, F. *Fyziologická optika – přednáška*, katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2016
- [20] *creatique* [online]. Blogger: 2013-5-13 [cit. 2019-4-26]. Dostupné z: <http://creatique12.blogspot.com/2013/05/van-zwart-tot-3d-art.html>
- [21] REICHL, J., VŠETIČKA, M., *Encyklopedie Fyziky* [online]. © 2006–2019 [cit. 27-4-2019]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/465-polarizace-polaroidem#>
- [22] *Gali-3D* [online]. © 2005-2011 [cit. 2019-1-8]. Dostupné z: <http://cs.gali-3d.com/stereoskopie-aktivni-3d/>
- [23] Continental Automotive GmbH, *Continental The Future in Motion* [online], © 2015 [cit. 2019-1-7]. Dostupné z: <http://continental-head-up-display.com/>
- [24] BRIDGERD, G., *BMW GROUP DEVELOPING AUGMENTED REALITY WINDSHIELD DISPLAYS* [online]. MotoringFile/2011-10-12 [cit. 2019-3-10]. Dostupné z: <http://www.motoringfile.com/2011/10/12/bmw-group-developing-augmented-reality-windshield-displays/>
- [25] GREENWALD, W., *The Best VR (Virtual Reality) Headsets for 2019* [online]. Ziff Davis, LLC. PCMag Digital Group, PC: 2019-3-1 [cit. 2019-4-11].

- Dostupné z: <https://www.pcmag.com/article/342537/the-best-virtual-reality-vr-headsets>
- [26] Google, *Google Cardboard* [online]. [cit. 2019-4-11] Dostupné z: https://vr.google.com/intl/cs_cz/cardboard/get-cardboard/
- [27] VRgineers. *VRgineers* [online], © 2018 [cit. 2019-4-13]. Dostupné z: <https://vrgineers.com/>
- [28] Playstation. *Playstation* [online]. ©2019 [cit. 2019-3-12]. Dostupné z: <https://www.playstation.com/cs-cz/get-help/help-library/system---hardware/general-information/ps-vr--getting-started/>
- [29] HTC. *VIVE Enterprise* [online]. © 2011-2019 HTC Corporation [cit. 2019-4-11]. Dostupné z: <https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system/>
- [30] ORLAND, K., *Ars Technica* [online]. 2016-3-28 [cit. 2019-4-11]. Dostupné z: <https://arstechnica.com/gaming/2016/03/the-ars-review-oculus-rift-expands-pc-gaming-past-the-monitors-edge/>
- [31] Alza. *Alza* [online]. © 1994–2019 [cit. 2019-4-29]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/gaming/bryle-pro-virtualni-realitu/18859989.htm#f&cst=0&cud=0&pg=1&prod=4202&sc=786>
- [32] PriceOrcan. *PriceOrcan* [online]. © 2018 [cit. 2019-4-29]. Dostupné z: https://www.priceorcan.cz/google-3d-cardboard?gclid=CjwKCAjwwZrMBRA7EiwA4iMzBJkk2cgHAgM-OSIzjRW_cwuTcbRRmSeTjOiCk9algGEXo6n51_LoaBoCMfQQAvD_BwE
- [33] IPRO GmbH, *Paskal 3D* [online]. [cit. 2019-3-10] Dostupné z: <https://www.paskal3d.com/cz/home/>
- [34] IBK Systeme GmbH, *IBK Systeme GmbH* [online]. [cit. 2019-2-5]. Dostupné z: <https://www.ibk-systeme.de/EN/visucat.html>
- [35] Augenoptik Domažlice s.r.o., *Augenoptik Domažlice s.r.o.* [online]. Realizace M!REC - Webové & Grafické studio 2011 [cit. 2019-2-5]. Dostupné z: <http://www.mailshop.cz/cs/uvod-novinky/document-97/>
- [36] Newgradoptometry, *Newgradoptometry* [online]. 2018-3-27 Dostupné z: <https://newgradoptometry.com/virtual-reality-meets-optometry-vivid-vision/>
- [37] Vivid Vision, *Vivid Vision* [online]. 2018-5-25 [cit. 2019-1-20] Dostupné z: <https://www.seevividly.com/>

- [38] MARX, P., *Kickstarter* [online]. 2016-6 [cit. 2019-4-11]
<https://www.kickstarter.com/projects/451454651/vr-lens-lab-glasses-for-virtual-reality-headsets>