

Pohnime rozumom! – 17. časť

Aj 3D je vynálezom prírody

MVDr. Peter HOLAKOVSKÝ
Veľký Šariš

Ing. Štefan HOLAKOVSKÝ
patentová a známková kancelária GENIUM®, Bratislava

*„Génus je človek, ktorý má oči na to,
aby videli, čo má pred nosom.“
(Johann Jakob Mehr)*

Koncom minulého roka sa začali v médiách objavovať informácie o tom, že sa do obchodov (aj našich) dostanú **prvé 3D televízory**. Na jar sa tak aj stalo a prví záujemcovia sa už tešia z toho, že v ich obývačkách „**pribudol priestor**“.

Špičkoví výrobcovia (a najmä obchodníci túžiaci po zisku) sa predbiehajú vo zverejňovaní najlepších parametrov (samozrejme tých svojich) výrobkov. Bežní záujemcovia, po skúsenostiach s rapídny poklesom cien „veľkoplošných“ televízorov (v priebehu pár rokov ceny klesli aj na menej ako desatinu pôvodných, pričom sa výrazne zlepšili technické parametre), zatiaľ váhajú a vyčkávajú.

V najväčších horúčavách tohoročného leta sa v mnohých médiách objavila správa o tom, že čoskoro si budú môcť aj bežní „smrteľníci“ vytvoriť svoje vlastné domáce 3D filmy, ktoré si potom budú môcť pozeráť aj na 3D televízoroch. Umožní im to „prvá 3D kamera pre každého“ HDC-SDT750 od firmy Panasonic, ktorá by sa na trh mala dostať už túto jeseň.

V tom čase sme už pár týždňov (autori tohto článku; pozn. red.) nahrávali 3D videá a fotografovali s digitálnym 3D fotoaparátom, takže nás to vyprovokovalo priblížiť vám problematiku 3D aj prostredníctvom nášho seriálu.

Takmer pred 40 rokmi sme (s bratom) robili prvé pokusy so stereofotografiami a pripravovali projekty na stereofilmova-

nie. Stereofotografovanie sme zvládali zo začiatku aj s jedným fotoaparátom (bližšie objasníme neskôr). Kúpiť a upraviť dve kamery s rozstupom objektívov vo vzdialenosti očí bolo už však nad naše študentské finančné možnosti. Po skončení strednej školy sa naše cesty rozdelili z hľadiska odbornosti aj zemepisnej vzdialenosti (Štefan študoval na Elektrotechnickej fakulte SVŠT v Bratislave a Peter na Vysokej škole veterinárskej, v súčasnosti je to Univerzita veterinárskeho lekárstva v Košiciach).

Naše pohľady na svet však spojila bionika, ktorú každý z nás doteraz vnímal hlavne z pohľadu svojej špecializácie. Vďaka internetu sú teraz klávesnice našich počítačov oveľa bližšie, ako boli klávesnice našich písacích strojov.

Od nástupu digitálnych fotoaparátov sme stále intenzívnejšie vnímali „dieru na trhu“. Dokázali sme (digitálnym fotoaparátom) urobiť stereofotografie statických objektov, ale to nebolo celkom ono. Aj preto sme pripravovali projekt na zostrojenie prototypu digitálneho stereofotoaparátu, s ktorým by sa dali fotiť i scény v pohybe. O tom, ako to už pár mesiacov robíme, budeme písať neskôr.

Teraz sa vráťme k princípom bioniky a **pozrime sa na problém 3D** (stereovidenie, binokularita...) **oboma očami.**

Vám, ktorí čítate náš seriál, nemusíme pripomínať, že sa snažíme poukazovať na to, ako si môže ľudstvo pomôcť pozorovaním prírody. Doteraz sme spomenuli už desiatky prípadov, ktoré demonštrovali to,

ako si mohli vedci, výskumníci, vynálezcovia, konštruktéri pomôcť odpozorovaním toho, ako typovo rovnaké (alebo podobné) problémy už dávno pred nimi vyriešila príroda.

O oku sme už čo-to napísali aj nakreslili v časopise Duševné vlastníctvo 1/2010. Vytvorili a uverejnili sme aj názorný obrázok schematicky zobrazujúci principiálnu podobnosť oka a fotoaparátu.

A čo dve oči?...

Ak by sme mali viac priestoru (možno by stačila plocha celého časopisu), mohli by sme dokumentovať, že prírode tiež veľmi dlho trvalo, kým sa „dopracovala“ k tomu, že **dve oči sú lepšie ako jedno** (a to nie iba ako „rezervné oko“).

Urobme si teraz malú exkurziu do histórie vývoja očí. Pomôže nám niekoľko cielene vybraných a usporiadaných citátov z nedávno vydanej publikácie¹, ktorej autorom je jeden z našich najvýznamnejších, svetovo uznávaných oftalmológov **prof. MUDr. Anton Gerinec, CSc.**, (predseda Slovenskej oftalmologickej spoločnosti).

*„Evolúcia oka a videnia, ako i zrakový aparát a videnie súčasnej fauny **neboli v našom písomníctve doposiaľ komplexne publikované.**“²*

*„Živočíšne oči slúžili a stále sú vhodné ako **predmet výskumu pre konštrukciu nových technológií v bionike**, napríklad radarové systémy, sonografia, termografia, rôzne optické systémy a pod.“³*

1 GERINEC, A.: Fylogénéza oka a zraku. Bratislava : KAPOŠ, s. r. o., 2007.

2 Tamže, s. 8.

3 Tamže, s. 9.

„Zrak ako fotoreceptor a lokalizovaný orgán sa vo všeobecnosti vo fylogénnej vývii ako posledný zo všetkých zmyslov.“⁴

„Najdôležitejším ľudským zmyslom ako i receptorom množstva živočíchov v rámci fylogénnej vývii je zrak... U človeka zabezpečuje zrak viac ako 80 % všetkých informácií z okolitého sveta.“⁵

„Percepcia svetla, rôzne formy a atribúty videnia sú kardinálnou súčasťou živočíšnej ríše. Potvrdzuje to aj všeobecne platný výrok v biologickom i duchovnom zmysle slova: „Život je svetlo.““⁶

Pravdepodobne už prvé baktérie a sinice pred asi 3,5 miliardami rokov dokázali reagovať na svetlo. Najjednoduchšie oči sa vyvíjali veľmi dlho. Ako párový zmyslový orgán sa vyvinuli približne pred viac ako 500 miliónmi rokov. „Mali nesmiernu variabilitu zrakových funkcií, od vnímania intenzity a smeru svetla až po hlavnú kvalitu, t. j. dobrú orientáciu v priestore, tzv. priestorové videnie.“⁷

„Lokalizácia objektu (korist', nebezpečenstvo, párenie, bežná orientácia) v priestore je podstatnou požiadavkou všetkých organizmov...“

„Vizuálna percepcia priestoru môže byť:

Bidimenzionálna

- percepcia smeru určujúca približnú pozíciu,
- percepcia vzdialenosti, presnejšia lokalizácia objektu.

Tridimenzionálna

- percepcia hĺbky (stereopsia), ktorá predpokladá existenciu binokularity,
- rozšírenie stereopsie o vnímanie veľkosti, tvaru objektu a jeho psychologické spracovanie.“⁸

Vývoj očí

Ako už bolo spomínané, pri vývoji zraku jednotlivých živočíšnych druhov príroda použila viacero riešení. Napriek tomu, že jednoduché receptory na vnímanie svetla majú už aj jednobunkové organizmy, niektorým živočíchom na vyššom vývojovom stupni sa orgány na videnie buď nevyvinuli, alebo úplne zakrpateli. Najjednoduchšími orgánmi na vnímanie svetla boli svetlocitlivé bunky (fotoreceptory), umiestnené buď

jednotlivo, alebo v skupinách, na jednej alebo viacerých častiach tela. Zoskupovanie väčšieho počtu týchto svetlocitlivých buniek na jedno miesto vznikali **najjednoduchšie zrakové orgány**. Ich vývoj pokračoval zväčšovaním počtu svetlocitlivých buniek spolu s vytvorením očnej jamky, nazývanej aj **miskovité oko**. Svetlocitlivé bunky boli v očnej jamke nielen lepšie chránené pred poškodením, ale zároveň so zväčšovaním jej hĺbky sa zlepšila aj možnosť lokalizovať, z akého smeru svetlo prichádza. Napomáhalo tomu aj **zužovanie otvoru**, ktorým svetlo do očnej jamky vstupovalo. Pri dosiahnutí určitej hĺbky očnej jamky a zmenšovaním veľkosti otvoru, ktorým do nej svetlo vstupovalo, v podstate vznikol **optický systém** – v technike oveľa neskôr nazvaný **kamera obskura** (schematické znázornenie princípu je na obr. 1).

Pretože vývoj najjednoduchších živočíchov prebiehal skoro výhradne vo vodnom prostredí, aj očná jamka so svetlocitlivými bunkami bola vyplnená vodou. Postupným zužovaním otvoru očnej jamky došlo k jeho úplnému prekrytiu vrstvou priehľadných buniek (predchodca očnej rohovky). Tak vzniklo **jednoduché komorové oko** pozostávajúce z očnej komory vyplnenej vodou, vrstvy svetlocitlivých buniek (sietnica) a vrstvy priehľadných buniek, ktorou do oka svetlo vstupovalo. V ďalších fázach vývoja bolo **oko vylepšené o šošovku a zrenicu**. Podobne aj prvé fotoaparáty boli oproti pôvodnej kamere obskure vylepšené objektívom (šošovka) a clonou (zrenica).

Tak ako jednoduché oko, ani jednoduché fotoaparáty nedokázali meniť ohniskovú vzdialenosť a zaostrenie do diaľky bolo pevné, tzv. **fix focus**. Tento problém pri vývoji oka príroda vyriešila tak, že očná šošovka je pružná, upevnená na vláknach ciliárneho svalu tak, že jeho napínaním a uvoľňovaním dochádza k zmene zaoblenia šošovky, a tým aj k zmene ohniskovej vzdialenosti. Tento princíp však človek nemohol použiť pri konštrukcii objektívu fotoaparátu, pretože ani dnes nie je jednodu-

ché vyrobiť pružnú šošovku s potrebnými optickými vlastnosťami. Aj tento problém však príroda vyriešila už dávno pred človekom. Napríklad oči hlavonožcov sú skoro rovnako dokonalé ako ľudské, v nich sa však ohnisková vzdialenosť nemení deformáciou šošovky, ale jej približovaním alebo vzdalovaním od očného pozadia. Tento princíp sa dodnes používa nielen vo fotoaparátoch, ale aj v iných optických prístrojoch.

Uvedený vývoj oka je iba jedným z riešení prírody, na základe ktorého sa **vyvinuli ľudské oči**. Väčšina popísaných vývojových štádií očí dodnes dobre slúži živočíchom na nižšom stupni vývojového reťazca.

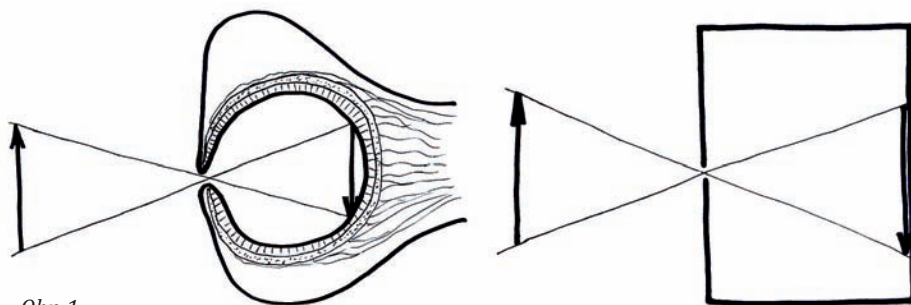
Veľmi podobný je aj embryonálny vývoj očí ľudského plodu v tele matky. Najprv sa vytvorí zoskupenie svetlocitlivých buniek a očná jamka, ktorá sa potom zmení na očnú bulvu, v ktorej sa vytvorí šošovka a ďalšie časti oka.

Vývoj očí niektorých živočíchov sa však odklonil od tejto schémy, v dôsledku čoho vznikli oči, ktoré sú úplne iné ako ľudské. Sú to napríklad jednoduché oči hmyzu (ocelli), rovnako aj zložené (fazetované) oči, skladajúce sa z veľkého počtu (až 30 000) malých očíek (omafidí), ale aj tubusové oči (chameleón) a teleskopické oči (kraby a raky).

Zrak

Zrakové orgány umožňujú živočíchom v prvom rade vnímať svetlo, ale pri dokonaljších živočíchoch aj farbu a tvar telies, čo im uľahčuje orientáciu v priestore. Všeobecne tomu procesu hovoríme zrak.

Ako vlastne dochádza k vytváraniu zrakových vnemov? Už sme spomínali, že jednoduché zoskupenie svetlocitlivých buniek dokáže do nervovej sústavy prenášať iba informáciu o tom, či sú osvetlené, alebo nie. Ak sú tieto bunky uložené v jamke, poskytujú aj informáciu o tom, z ktorého smeru na ne dopadá viacej svetla. Jednoduché oči živočíchov na nižšom vývojovom



Obr. 1

4 Tamže, s. 12.

5 Tamže, s. 11.

6 Tamže, s. 11.

7 Tamže, s. 13.

8 Tamže, s. 92.

stupni dokážu rozlíšiť aj obrysy objektov, prípadne aj ich farbu. Pri očiach živočíchov na vyššom vývojom stupni sa vylepšovala rozlišovacia schopnosť očí zvyšovaním počtu a koncentrácie svetlocitlivých buniek (v digitálnej fotografii megapixely), ale aj zdokonaľovaním optickej sústavy zrakového orgánu, šošovka (objektív) a zrenica (clona).

Ako vidí človek

Napriek tomu, že ani ľudský zrak nie je absolútne dokonalý, pre človeka je v podstate nenahraditeľným.

Anatómiu ľudského oka a jeho analógiu s fotoaparátom sme už popísali v predchádzajúcich častiach nášho seriálu. Teraz sa pokúsime vysvetliť, ako vlastne vzniká jav, ktorému bežne hovoríme videnie.

Svetlo do oka prechádza cez optickú sústavu, ktorú tvoria **rohovka, šošovka a sklovce**. Na sieťnicu, ktorú tvoria svetlocitlivé bunky (fotoreceptory), sa **premieta prevrátený obraz** toho, čo je v zornom poli oka. V oku sú dva druhy fotoreceptorov – tyčinky a čapky. Tyčinky umožňujú iba čiernobiele videnie a čapky aj farebné.

V oku je približne 130 miliónov fotoreceptorov, v očnom nerve je iba milión nervových vlákien. Je to dané tým, že samostatné nervové vlákno zo sieťnice majú iba receptory nachádzajúce sa v mieste najostrejšieho videnia – žltej škvrne. Čím ďalej od žltej škvrny, tým viac receptorov je napojených na jeden nervový vývod. Táto skutočnosť ovplyvňuje videnie tak, že **rozlišovacia schopnosť na žltej škvrne je najvyššia**, ale s nižšou svetelnou citlivosťou. Naopak, obraz dopadajúci ďalej od žltej škvrny (periférne videnie) je síce menej ostrý, no citlivosť na dopadajúce svetlo je vyššia. Podráždením svetlocitlivých buniek svetlom vznikajú nervové signály (vzruchy). Tieto vzruchy sa vedú nervovými vláknami a, ako sme už spomenuli, spájajú sa do nervu, ktorý má latinský názov nervus opticus, v slovenčine sa používajú názvy optický, očný alebo zrakový nerv.

Samotné prenesenie nervových vzruchov do vizuálnych centier mozgu však na dokonalé videnie nestačí. Na spracovanie tejto informácie sa podieľajú aj ďalšie mozgové centrá. Napríklad mozog novorodenca sa na základe vlastných skúseností učí vyhodnocovať informácie, ktoré do neho prichádzajú z očí. Spočiatku má novorodenec problém zamerať obidve oči na to isté miesto a zaostriť zrak, čo sa prejavuje škúľením.

Postupne však získava prax a jeho zrak sa stáva dokonalejším. Je to práve mozog, ktorý dokáže spracovať signály prichádzajúce zo zrakového nervu tak, že ich vnímame ako zobrazenie toho, čo sa nachádza v zornom poli očí.

Monokulárne videnie

S pribúdajúcimi skúsenosťami dokáže mozog z nervových vzruchov prichádzajúcich z očí vyhodnotiť (vypočítať) aj to, čo oči v skutočnosti nevidia. Je to tak napríklad pri „videní“ hĺbky pri pozeraní iba jedným okom. Ak zatvoríme jedno oko, ešte to neznamena, že nedokážeme odhadnúť, čo je ďalej a čo bližšie, prípadne čo je väčšie alebo menšie. Chýbajúce informácie z druhého oka si mozog „dopočíta“ na základe predchádzajúcich skúseností. K tomu využíva hlavne zobrazovanie perspektívy, relatívnu zmenu veľkosti objektov, ich vzájomnú polohu a prekryvanie sa, uhol osvetlenia a tieň, ale aj skutočnosť, že pri vzdialených predmetoch ťažšie rozlišujeme detaily.

Mozog vyhodnocuje aj informáciu o zaostrovaní očnej šošovky, podľa ktorej vie odhadnúť, ako ďaleko je predmet, na ktorý oko zaostrilo.

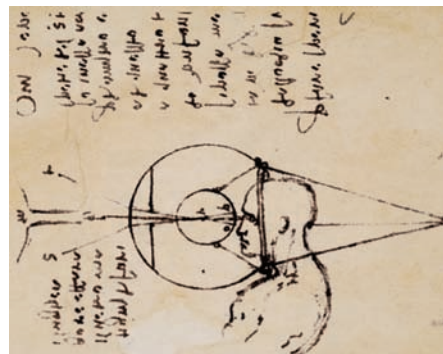
Binokulárne videnie

O binokulárnom videní hovoríme vtedy, keď sa objekt videnia zobrazuje v zornom poli obidvoch očí. Vtedy, okrem už spomenutých informácií z oka, má mozog k dispozícii aj ďalšie informácie. V prvom rade je to konvergencia, čiže zbiehavosť osí očí. Čím je objekt, na ktorý sa pozeráme, bližšie, tým je uhol natočenia osí očí, ktoré sa naň pozerajú, tupší a naopak.

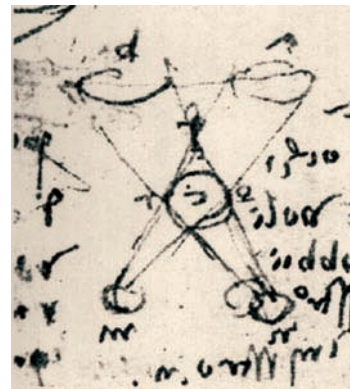
Ďalšou nemenej dôležitou informáciou je **rozdiel medzi zobrazením objektu na sieťnici jedného a druhého oka** – disparita (čiastočná rozdielnosť). Je to spôsobené tým, že **oči sú od seba vzdialené v priemere 65 mm**. Že skutočne ide iba o malé zmeny v zobrazení, sa môžeme presvedčiť tak, že na ten istý (najlepšie blízky) objekt sa pozrieme raz iba ľavým a raz iba pravým okom. Disparita dvoch zobrazení toho istého objektu v jednom aj druhom oku je základným princípom stereozobrazovania, ktorú nazývame aj 3D zobrazenie. Ak dokážeme na sieťnici očí zobraziť dva obrazy jedného objektu so správnou disparitou, **mozog to vyhodnotí ako tretí rozmer**, teda hĺbku obrazu.

Kedy si začal človek uvedomovať to, že dve oči nie sú len na parádu, resp. do rezervy? Možno to bolo vtedy, keď nejaký pračlovek prišiel o jedno oko a zistil, že nedokáže tak dobre odhadnúť vzdialenosť od nepriateľa alebo od koristi.

Oveľa viac o tom vedel geniálny **Leonardo da Vinci** (1452 – 1519), ktorý tajne pitval stovky mŕtvol (aj keď to bolo prísne zakázané), aby sa dozvedel viac o anatómii človeka. Prišiel aj na spôsob, ako pitvať oko, ktorý sa používal až do 19. storočia. O tom, že ho zaujímala nielen anatómia oka, svedčia aj jeho nasledujúce skice.



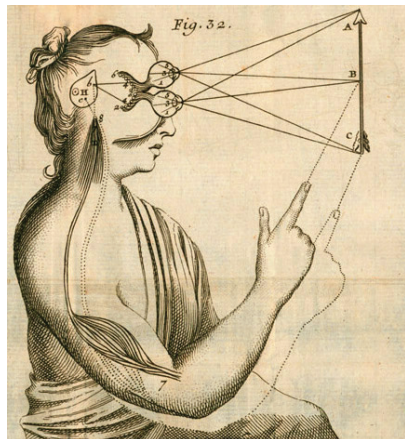
Obr. 2 (Podľa: Steward Duke-Elder: *System of ophthalmology*. Volum I-XIV. London, Henry Kimpton, 1958.)



Obr. 3 (Zdroj: Peter Hohenstatt: *Leonardo da Vinci, 1452 – 1519*, Könemann Verlag, 1998.)

Zdá sa, že k problematike priestorového videnia a vnímania bol ešte bližšie **René Descartes** (1596 – 1650), ktorý okrem objavovania princípov metodológie vedy dokonca (vraj) aj sám brúsil šošovky. Jeho schematický náčrt (obr. 4) naznačuje, že mu zrejme bolo známe binokulárne

(priestorové, stereo...) vnímanie priestoru, ktorého obraz zachytia oči a spracuje mozog.



Obr. 4

Boli najprv stereoprehliadačky a až potom stereofotoaparáty? Zdá sa, že pár storočí pred prehliačkami a fotoaparátmi boli kresby (maľby?), ktoré mohli byť predchodcami neskorších dvojíc obrázkov (pre ľavé a pravé oko), ktoré sa prezerali v stereoprehliadkach (stereoskopoch, „stereokukátkach“).

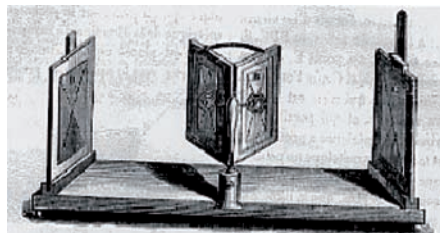
Giovanni Battista della Porta (1538 – 1615) kreslil dvojice takýchto binokulárnych obrázkov. Približne v tom istom čase **Jacopo Chimenti da Empoli** (1554 – 1640) tiež kreslil dvojice obrázkov, ktoré naznačujú umelcovo chápanie a využitie znalostí binokulárneho videnia.



Obr. 5

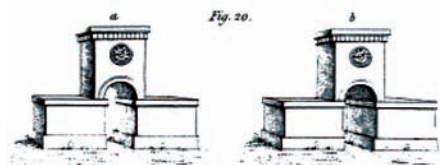
Prekvapila nás aj informácia, že už v roku 1613 jezuita **Francois d'Aguillion** (1567 – 1617) použil vo svojom spise pojem „stéréoscopique“.

Charles Wheatstone (1802 – 1875), britský vynálezca, profesor Kráľovskej akadémie v Londýne, je považovaný za vynálezcu prvej stereoprehliadačky (**stereoskopu**). V roku 1838 publikoval článok, v ktorom objasnil teóriu stereoskopického videnia⁹. **Wheatstone** veľmi podrobne, vedecky popísal princípy binokulárneho videnia aj konštrukciu prehliačky.



Obr. 6

Prehliadačka bola založená na princípe zrkadiel, v ktorých pozorovateľ videl nakreslené obrázky určené na súčasné pozieranie ľavým a pravým okom. Zrkadlá sa dali posúvať tak, aby mierne odlišné obrazy mozog spracoval do priestorového (stereo, 3D) vnemu. Pretože prakticky využiteľné **fotografie boli až o niekoľko rokov neskôr**, obrázky boli nakreslené na základe znalostí priestorovej geometrie (ukážka na obr. 7). V článku upozorňuje na to, že takto môžu byť pozorované nielen jednoduché geometrické tvary, ale aj „kvety, kryštály, busty, vázy, nástroje rôzneho druhu atď. tak, aby sa nedali rozlíšiť od videnia samotných reálnych objektov“.



Obr. 7 (poznámka Š. H.: Nie je mi jasný Wheatstonov zámer – obrázky sú prehodené ľavý – pravý)

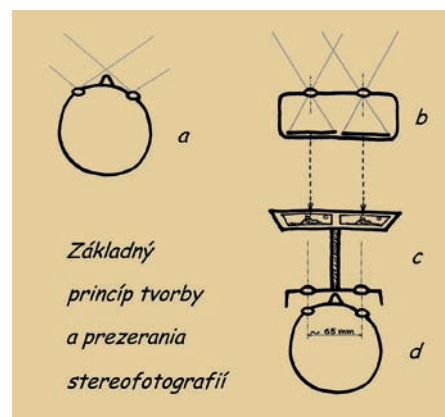
Originál tohto vynálezu je v zbierkach Science Museum v Londýne.

David Brewster (1781 – 1868). Tento škótsky fyzik je známy najmä experimentálnymi prácami v optike. Objavil jednoduchý matematický vzťah medzi polarizačným uhlom a indexom lomu reflexnej látky. V roku 1815 bol zvolený za člena Kráľovskej spoločnosti. Okrem iného vynášiel kaleidoskop a v roku 1849 **zjednodušil konštrukciu stereoskopu použitím optických hranolov namiesto zrkadiel**.

Oliver Wendell Holmes (1809 – 1904). **Vylepšil stereoskop (približne v roku 1860) použitím konvexných šošoviek**. Toto zdanlivo malé vylepšenie predošlých stereoskopov malo podstatný význam pre praktické rozšírenie stereoskopického prezerať obrázkov. K ich masovému rozšíreniu a obľube prispel bostonský obchodník **Joseph L. Bates** (1854 – 1884). Po malých vylepšeniach (napríklad posúvanie držiaka obrázkov umožnilo nastaviť obrázky do správnej vzdialenosti pre konkrétne oči) sa **nový druh zábavy a poučenia** rozbehol do sveta. Tieto prehliačky zvyknú byť nazývané aj ako **Holmes/Bates stereoskopy**. Medzitým sa vylepšovali aj fotografické techniky, takže namiesto kreslených obrázkov **sa jednoznačne presadili dvojice fotografií umiestnených vedľa seba** na jednom nosiči (najmä papier a sklo).

Zrejme aj bez nadsadenia môžeme prekvapujúco konštatovať, že **pred 150 rokmi si doma prezeralo 3D obrázky viac divákov ako teraz**.

Princíp tvorby a prezerať stereofotografií sme sa pokúsili schematicky znázorniť na obrázku (obr. 8).



Obr. 8

Na obr. 8a je pohľad (zhora) na hlavu človeka, pričom sú znázornené zorné polia očí. Zorné polia očí (pravé, ľavé) predstavujú sektory, v ktorých človek vidí monokulárne

⁹ „Philosophical Transactions“ of the Royal Society of London, Vol. 128, pp. 371-394.

(ak pozerá iba jedným okom, nevidí binokulárne, stereo, resp. 3D). Tam, kde sa zorné polia očí prekrývajú, vidí binokulárne (stereo, 3D, priestorovo).

Na obr. 8b je **bionická inšpirácia využitia poznatkov o zraku človeka** – princíp tvorby a prezerania stereofotografií. Tak ako človek (a aj väčšina živočíchov) má **dve oči**, aj stereofotoaparát má **dva objektívy**. Vzájomná vzdialenosť očí človeka je v priemere približne 65 mm. Osová vzdialenosť objektívov stereofotoaparátu (**3D** fotoaparátu) je tiež približne 65 mm (v ďalšom pokračovaní si vysvetlíme, že táto vzdialenosť môže byť s výhodou menšia alebo väčšia – v závislosti od fotografovaného objektu). Podobne, ako v ľudských očiach vzniká na sietnici prevrátený obraz pozorovaných objektov, vzniká na fotocitlivých vrstvách fotoaparátu **dvojica obrazov** umiestnených v zorných poliach objektívov.

Tieto obrazy sú spracované tak, aby sa dali vložiť do držiaka prehliadačky (8c). Na druhej strane prehliadačky je štítok so šošovkami vzdialenými tiež približne 65 mm. V strede, medzi šošovkami, smerom k držiaku fotografií môže byť nepriehľadná vertikálne orientovaná ploška zabezpečujúca, aby pravé oko videlo pravú fotografiu a ľavé oko ľavú fotografiu.

Keď pozorovateľ (8d) pozerá cez šošovky prehliadačky na dvojicu fotografií, každé oko vidí obraz toho, čo by videlo pri pozorovaní skutočného pozorovaného objektu. Po spracovaní v mozgu ho bude vnímať ako skutočný (neprevrátený) priestorový (binokulárny, stereo, 3D).

Na ďalších obrázkoch vidíte **historické stereoprehliadačky** zo zbierok autorov. Na obr. 10 je stereoprehliadačka s vyrazeným dátumom **september 1887**. Na obr. 11 je miniatúrna vrecková skladacia prehliadačka približne vo veľkosti okuliarov. Na obr. 12 je zaujímavá skladacia stereoprehliadačka. Na obr. 13 si americká rodina prezerá stereoobrázky (ukážka z amerického katalógu z roku 1908).



Obr. 9



Obr. 10



Obr. 11



Obr. 12



Obr. 13

Vývoj sa nedá zastaviť

Po tom, čo si milióny divákov so záujmom prezerali stereofotografie z celého sveta, sa mohlo zdať, že už nie je čo vylepšovať.

Vďaka nadšeným vynálezcom však pribúdali nové prehliadačky na prezeranie stále menších a menších obrázkov. Tie bolo najprv možné získať z fotoaparátov fotiacich na sklo s fotocitlivou vrstvou, neskôr na fólie s fotocitlivou vrstvou, potom na kinofilm (35 mm), dokonca aj na film používaný do amatérskych kamier (16 mm, resp. nerozrezaný film 2 x 8 mm).

Od pozerania samostatných dvojíc obrázkov na jednom nosiči (podklade) sa prechádzalo na praktickejšie prezeranie viacerých (menších) dvojíc umiestnených na jednom nosiči (usporiadaných pod sebou). Potom sa prešlo na priestorovo ešte úspornejší spôsob, tzv. stereokotúčiky. Dvojice obrázkov (s rozmermi približne 12 x 10 mm) boli umiestnené po obvodě kotúčika, ktorý sa vkladal do stereoprehliadačky (bežne nazývanej „stereokukátko“). Tento spôsob prezerania (ale aj amatérskej tvorby) stereofotografií sa u nás rozšíril najmä vďaka tomu, že **MEOPTA** vyrábala nielen prehliadačky **Meoskop** a stereokotúčiky (na jednom kotúčiku bolo 7 dvojíc), ale aj svetoznámy fotoaparát **Stereomikroma** (v rokoch 1960 – 1972; o ňom si povieme viac v ďalšom pokračovaní).

Ukážky prehliadačiek stereokotúčikov môžete vidieť na fotografiách zo zbierky autorov (obr. 14 a 15). Za povšimnutie stojí aj to, že na tých najnovších sa objavuje **namiesto stereo** nám už dobre známe **označenie 3D** (obr. 15). O tom, že tento systém nie je ešte celkom minulosťou, svedčí aj to, že autorom sa podarilo (na burze) zakúpiť zahraničný stereokotúčik vyrobený iba pred dvoma rokmi.



Obr. 14



Obr. 15

Podme si zaexperimentovať

Predpokladáme, že sme vás dostatočne nabudili na malé zaexperimentovanie s pozorovaním dvojíc obrázkov, ktoré budete vnímať ako 3D. **Ako vyriešime problém s tým, že nemáte stereoprehliadačku?** Jednoducho – po spomínaných vylepšovaniach prehliadačiek, od tých so zrkadlami

cez tie s optickými hranolmi a najrozšírenejšími so šošovkami, prejdime k ďalšiemu vylepšeniu. **Nepotrebuje stereoprehliadačku.** Na nasledujúce dvojice obrázkov (obr. 16, 17, 18, 19) staré približne 100 rokov sa zapozerať podľa nasledujúceho návodu:

Dvojicu stereoobrázkov umiestnime kolmo na os očí vo vzdialenosti približne

30 – 40 cm tak, aby sa predel medzi obrázkami nachádzal v strede zorného poľa. Potom zamierme zrak na predel medzi obrázkami a snažíme sa, ako keby pozeráť za obrázky. Nenúťme zrak k ničomu inému. Po krátkom čase sa nám medzi dvoma obrázkami zjaví tretí – **3D obrázok**.



Obr. 16



Obr. 17



Obr. 18



Obr. 19

Nasledujúci obrázok je vám pravdepodobne známy...



Obr. 20

O tom, že **všetko sa dá vylepšiť**, svedčí aj **PokeScop** (obr. 21), ktorý bol v roku 2003 ocenený Medzinárodnou stereoskopickou spoločnosťou vo Francúzsku ako najlepšie výrobok (napr. <http://www.pokescope.com/pokescopeinfo.html>). Zaujímavé je, že vynálezca tejto prehliadačky sa vrátil k princípu použitia optických hranolov, ktoré približne pred 150 rokmi použil už David Brewster. Hlavnou výhodou PokeScopu je to, že sa ním dajú prezerať obrázky rôznych veľkostí. Veľkosť obrázkov v klasických stereoprehliadačkách bola obmedzená vzdialenosťou očí, ktorá je asi 65 mm, takže šírka obrázkov bola približne zhodná alebo menšia. Ďalšou výhodou tejto pomôcky je, že sa dá poskladať do malého kompaktného hranolčeka. **Možno ním pozerat' aj veľké dvojice obrázkov na monitoroch počítačov.**



Obr. 21

Horúca novinka

O tom, že **3D „letí“**, svedčí aj najnovšia správa svetových médií. Japonská firma Takara Tomi vyvinula 3D fotoaparát **Shot Cam pre deti** (obr. 22). Vďaka dvom objektívom fotoaparátu sa získajú dvojice fotografií, ktoré možno vytlačiť na tlačiarňu a prezerať na „papierovej“ prehliadačke principiálne zhodnej s tými, ktoré sme popísali v tomto našom článku. Do japonských obchodov by sa mala táto novinka dostať **už na jar budúceho roka** za cenu asi 70 dolárov. O tom, kedy sa dostane do našich obchodov, vás budeme informovať, keď to bude aktuálne.

V ďalšom pokračovaní nášho seriálu sa dozvieme, akými stereofotoaparátmi (3D fotoaparátmi) možno vytvoriť stereofotografie. Prezradíme vám tiež postup, ako to urobiť aj bežným fotoaparátom s jedným objektívom. Popíšeme ďalšie spôsoby zobrazovania 3D fotografií.

Literatúra a internetové zdroje¹⁰

GANONG, W. F.: Přehled lékařské fyziologie. Praha : AVICENUM zdravotnícke nakladatelství, 1976.

GERINEC, A.: Fylogenie oka a zraku. Bratislava : KAPOS, s. r. o., 2007.

GERINEC, A.: História oftalmológie. Bratislava : KAPOS, s. r. o., 2009.

PAULOV, Š.: Fyziológia živočíchov a človeka. Bratislava : Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1980.

HOHENSTATT, P. : Leonardo da Vinci, 1452 – 1519 . Könemann Verlag, 1998.

<http://referaty.atlas.sk/odborne-humanitne/psychologia/54294/?print=1>

http://www.rasto.krestania.sk/blok/oko/-ludsky_zrakovy_system.doc

<http://hockicko.uniza.sk/Optika/Videnie.pdf>

<http://stereoscopia.galadance.sk/?id=6>

<http://sklep.stereos.com.pl/sklep/index.php?p38,fs07-stereoskop-uniwersalny-pokescope>

<http://fyzika.jreichl.com/index.php?page=488&sekce=browse>

<http://www.stereoscopy.com/faq/brewster.html>

<http://www.novinky.cz/koktejl/180379-v-australii-objevili-stovky-neznamych-druhu-slepych-zivocichu.html>

<http://www.pokescope.com/pokescopeinfo.html>

<http://www.rleggat.com/photohistory/history/stereosc.htm>

Obrázky č.: 1, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 20 autori Š. a P. Holakovskí



Obr. 22 <http://www.crunchgear.com/-2010/09/06/3d-shot-cam-takara-tomys-3d-toy-camera>
Foto: crunchgear.com

THINK IT! – PART XVII

The Nature Discovered Also 3D
HOLAKOVSKÝ, P., HOLAKOVSKÝ, Š.:
Bionics (continuation). An increase of an interest in 3D technique. Development of optic organs – how a human sees. Monocular and binocular seeing. Leonardo da Vinci and René Descartes and their observations on seeing. First „3D illustrations“. First stereo browsers: with mirrors, with optic prisms, with lens. Coming of 3D photographs approximately 150 years ago. Experiment for readers with 3D perception of pairs of photographs also without browsers. PokeScop.

*Pokračovanie
v Duševnom vlastníctve č. 4/2010*

¹⁰ Všetky odkazy na elektronické pramene v tomto článku vo vzťahu k jeho obsahu platné k 10. 9. 2010.