



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ  
UNIVERZITA V BRATISLAVE  
STAVEBNÁ FAKULTA

Študentská vedecká konferencia  
Akademický rok 2017/2018

## Hologram

Meno a priezvisko študenta, ročník, odbor: Kristína Doubková  
Roman Červenka  
Daniel Beutelhauser  
1. Ročník, IKD 1  
Vedúci práce: RNDr. Peter Šín, PhD.  
Katedra / Ústav: Katedra Fyziky

Bratislava 19. apríla 2018

## Obsah

1	Úvod.....	4
2	Teoretická časť.....	5
2.1	Ako to funguje.....	5
2.1.1	Holografický záznam komplexného objektu.....	6
2.1.2	Klasifikácia hologramov.....	6
3	Praktická realizácia.....	7
3.1	Postup práce.....	7
3.2	Šablóna.....	7
4	Využitie a potenciál v budúcnosti.....	8
5	Diskusia.....	9
6	Záver.....	10
7	Literatúra.....	11
8	Prílohy.....	12

## **Abstrakt**

V práci sa dozvieme ako funguje a akým spôsobom sa dá zostrojiť hologram. Ďalej je k práci priložený návod spolu so šablónou ako skonštruovať jednoduchý hologram z ľahko obrábateľných a dostupných materiálov ako napríklad plexisklo.

## **Abstract**

This work explains how a hologram works and how it is made. It also contains instructions with template on how to make a simple hologram from easy to work with materials such as plexi-glass.

## 1 Úvod

S hologramom sa stretávame v každodennom živote, len si to neuvedomujeme. Hologramy sa napríklad už teraz dizajnérmi využívajú pri navrhovaní častí áut alebo v lekárstve pri zobrazovaní vnútorných orgánov. Práve z tohto dôvodu sme si ho vybrali ako tému našej práce. Hologram, ktorý sme zhotovili má skôr estetické ako praktické využitie, nie je náročný na zhotovenie a jeho výroba je pomerne lacná.

## 2 Teoretická časť

Hologram je fotografický záznam svetelného poľa, skôr, ako obraz vytvorený šošovkou a slúži na zobrazenie úplne trojrozmerného obrazu holografického objektu, ktorý je viditeľný bez nutnosti použitia špeciálnych okuliarov, či iných pomôcok. Na princíp jeho fungovania prišiel Dennis Gabor, fyzik maďarského pôvodu žijúci vo Veľkej Británii. Za svoj vynález bol ocenený v roku 1971 Nobelovou cenou. Samotný hologram nie je obraz a je zvyčajne nepochopiteľný pri pohľade pod difúznym okolitým svetlom. Ide o kódovanie svetelného poľa ako interferenčného vzoru zdanlivo náhodných variácií nepriehľadnosti, hustoty alebo profilu povrchu fotografického média. Pri vhodnom osvetlení interferenčný vzor difraktuje svetlo na reprodukciu pôvodného svetelného poľa a objekty, ktoré sa v ňom nachádzajú, sa javia, že stále existujú a vykazujú vizuálne hĺbkové znamenia ako paralaxa (zdanlivý rozdiel polohy predmetu vzhľadom na pozadie pri pozorovaní z dvoch rozličných miest) a perspektívu, ktorá sa reálne mení s akoukoľvek zmenou v relatívnej polohe pozorovateľa ku obrazu.

Vo svojej čistej forme vyžaduje holografia používanie laserového svetla na osvetlenie objektu a na prezeranie dokončeného hologramu. Pri porovnávaní vedľa seba v optimálnych podmienkach je holografický obraz vizuálne nerozoznatelný od skutočného objektu, za podmienky, že sa hologram a objekt nachádzajú v rovnakom osvetlení, ako v čase záznamu. Hologram je schopný reprodukovať mikroskopickú úroveň detailov v celom zaznamenanom objeme priestoru. V bežnej praxi sa však robia veľké kompromisy kvality obrazu, ktoré eliminujú potrebu laserového osvetlenia pri prehliadaní hologramu a niekedy, v možnom rozsahu, aj pri jeho vytváraní. Holografické portréty sa často uchylujú k neholografickému postupu zobrazovania, aby sa obmedzila potreba nebezpečných vysoko výkonných impulzných laserov, ktoré sú inak potrebné na optické „zmrazovanie“ živých subjektov tak, ako to vyžaduje proces holografického zaznamenávania, ktorý je mimoriadne náročný na pohyb. Hologramy môžu byť taktiež kompletne vytvorené počítačom tak, aby zobrazovali objekty, alebo scény, ktoré nikdy neexistovali.

### 2.1 Ako to funguje

Holografia je technika, ktorá umožňuje, aby sa svetlo, ktoré je vo všeobecnosti výsledkom svetelného zdroja rozptýleného pred objektívmi, zaznamenalo a neskôr rekonštruovalo, aj keď pôvodné svetelné pole už nie je viditeľné, v dôsledku absencie pôvodných objektov.

Pre správne pochopenie holografie je nutné rozumieť princípu interferencie a difrakcie.

Difrakčná mriežka je štruktúra s opakujúcim sa vzorom. Jednoduchým príkladom je kovová doštička s pravidelne vyrezanými štrbinami. Svetelná vlna dopadajúca na mriežku je rozdelená na niekoľko vln, ktorých smer je určený veľkosťou štrbín v doštičke a vlnovou dĺžkou svetla.

Jednoduchý hologram môže byť zhotovený tak, že sa na holografické nahrávacie zariadenie zachytia dve rovinné vlny z toho istého svetelného zdroja, ktoré sa spoja. Tieto dve vlny spolu interferujú, a vytvárajú okrajový vzor, ktorého intenzita sa cez

médium sínusoidálne mení. Rozostupy v okrajovom vzore sú určené uhlom medzi dvoma vlnami a vlnovou dĺžkou použitého svetla.

Zaznamenaný svetelný obraz je v podstate difrakčnou mriežkou. Keď je táto mriežka osvetlená iba jednou z vln, ktoré sa použili na jej vytvorenie, môže sa javiť, že jedna difrakčná vlna sa objavuje v rovnakom uhle, v akom bola jedna z pôvodných z vln. Tým pádom bola druhá vlna "rekonštruovaná". Takto zaznamenaný vzor svetla je teda považovaný za holografický záznam.

### **2.1.1 Holografický záznam komplexného objektu**

Na zaznamenanie hologramu komplexného objektu sa laserový lúč najskôr rozdelí na dva oddelené svetelné lúče. Jeden zväzok osvetľuje objekt, ktorý potom rozptyľuje svetlo, ktoré je zachytávané záznamovým médium. Podľa difrakčnej teórie každý bod objektu pôsobí ako bodový zdroj svetla. Tým pádom môžeme uvažovať, že záznamové médium je osvetľované súborom bodových zdrojov umiestnených v rôznych vzdialenostiach.

Druhý (referenčný) lúč osvetľuje záznamové médium priamo. Každá odrazená bodová vlna interferuje s referenčným zväzkom, čo vyvoláva vznik sínusovej "dosky" v záznamovom médiu. Výsledný vzor je súhrnom všetkých týchto "dosiek", ktoré sa spoja, aby sa vytvoril náhodný vzor. Keď je tento vzor osvetlený pôvodným referenčným lúčom, každý samostatný okruh vytvorí vlnu odrazenú od objektu, ktorá ho vytvorila. Keď sa všetky tieto samostatné vlny zaznamenané na médium spoja, vytvorí obraz objektu viditeľný divákovi.

### **2.1.2 Klasifikácia hologramov**

Hologram sa vyznačuje tromi dôležitými vlastnosťami, na základe ktorých ho vieme zdeliť do skupiny, ktorými sú:

Amplitúdovo a fázovo modulačné hologramy:

V prípade amplitúdovo modulačného hologramu je hologramom difraktovaná amplitúda svetla úmerná intenzite zaznamenaného svetla. Jednoduchým príkladom je fotografická emulzia na priehľadnom substráte. Emulzia je vystavená interferenčnému vzoru a následne sa vyvíja s priepustnosťou, ktorá sa mení v závislosti od intenzity vzoru - čím viac svetla padá na dosku v danom bode, tým je v ňom platňa tmavšia.

Fázový hologram je vytváraný zmenou hrúbky alebo indexu lomu materiálu v pomere k intenzite holografického interferenčného vzoru. Toto je fázová mriežka a dá sa dokázať, že keď je takáto doska osvetlená pôvodným referenčným lúčom, rekonštruje pôvodnú vlnovú plochu objektu. Účinnosť (t.j. podiel frakcie osvetleného objektu, ktorý sa konvertuje na rekonštruovaný objektový lúč) je väčší pri fázových hologramoch, ako pri tých modulovaných amplitúdou.

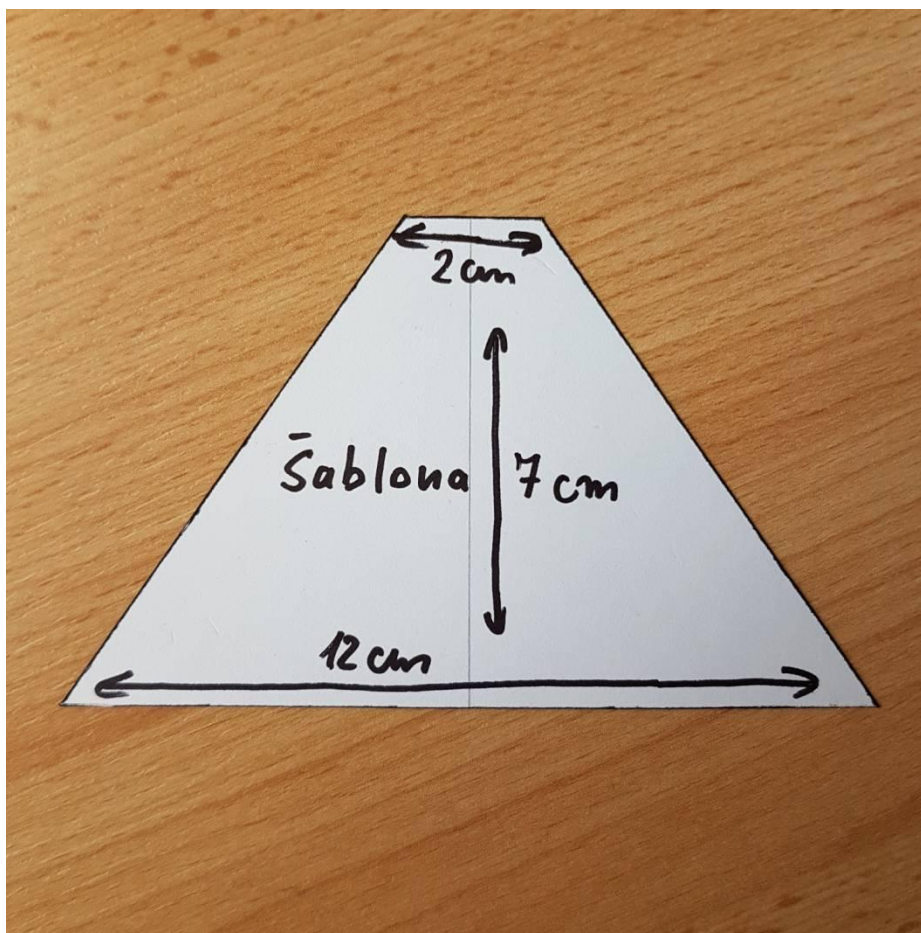
### 3 Praktická realizácia

#### 3.1 Postup práce

Pri výrobe nášho "hologramu" sme použili plexisklo z rámika na obrazy. Následne sme si namerali potrebné rozmery štvoruholníkov, ktoré tvoria základnú kostru hologramu. Pri výpočte týchto rozmerov sme sa inšpirovali návodmi dostupnými na YouTube a prispôbili sme ich našim potrebám. Ako prvú sme si vytvorili papierovú šablónu, podľa ktorej sme vyrezávali dané lichobežníky z plexiskla. Tieto budú slúžiť ako steny zostrojovaného hologramu. Následne sme zlepili štyri vyrezané lichobežníky ich bočnými stranami k sebe lepiacou tavnou pištoľou, a to tak, aby sa ich kratšie strany dotýkali rovnomerne celou svojou dĺžkou vodorovného podkladu. To zaručí stabilitu pri uložení na obrazovku smartphonu pri prezeraní holografickej projekcie.

#### 3.2 Šablóna

Pri stavbe hologramu sme ako základ brali informácie z archívu televízie Nova, kde pôvodná šablóna mala rozmery:  $z_1 = 6\text{cm}$ ,  $z_2 = 1\text{cm}$ ,  $v = 3,5\text{cm}$ , ktoré sme v našej verzii zväčšili na rozmery:  $z_1 = 12\text{cm}$ ,  $z_2 = 2\text{cm}$ ,  $v = 7\text{cm}$ .



## 4 Využitie a potenciál v budúcnosti

Aj keď by sa mohlo zdať, že holografia a hologramy sú len vedecké hračky, pravda je úplne iná. V skutočnosti majú mnoho využití, ktorých prínosy si v každodennom živote najskôr ani nevšimneme. Napríklad bankovky vyšších nominálnych hodnôt sú vybavené holografickými obrázkami, ktoré rapídne sťažujú prácu falšovateľom, pretože je veľmi nákladné a zložité vyrobiť ich falzifikát. Ďalšie miesto, kde si môžeme všimnúť hologramy, sú bankové karty. Tie na sebe majú veľmi zložité obrazce s textami v rádovej veľkosti mikro a nanometrov, ktoré zabezpečujú karte jedinečnosť a dokonalú ochranu pred falšovaním. Holografia takisto dokáže pomôcť v mikroskopii, kde je možné za pomoci matematického vyhodnotenia holografického záznamu vzorky zlepšiť kvalitu mikroskopického snímku. V oblasti vedy a techniky sa dá holografia tiež využiť aj v oblastiach ako napríklad strojnictvo, elektrotechnika, biológia, či zdravotníctvo. Napríklad holografický obraz súčastok, či orgánov môže pomôcť pri výučbe bez nutnosti prítomnosti fyzického modelu. Tento hologram môže byť navyše zväčšený, čo môže pomôcť napríklad pri skúmaní bunkových organel, či iných drobných, okom neviditeľných objektov.

Do budúcnosti má holografia tiež potenciál. Napríklad v oblasti elektrotechniky. Tu môže pomôcť so zvýšením kapacity kompaktných diskov. Pre klasické disky bola dosiahnutá maximálna praktická hustota zápisu dát pri diskoch typu Blu-Ray. Avšak, už boli vyvinuté prvé prototypy diskov fungujúcich na báze holografie (povrch disku je pokrytý kryštálkami, alebo fotopolymérmi, ktoré uchovávajú informácie). Dosahujú výborné výsledky v oblasti kapacity, ale ich hlavnou výhodou je obrovská rýchlosť zápisu a čítania na nich uložených informácií. Experti veria v rýchlosť čítania až 1 terabit za sekundu, čo je v prepočte 125 gigabytov za sekundu. Pre porovnanie, moderné pamäťové zariadenia ("USB kľúče") typu USB 3.0 pracujú s približne stonásobne nižšími rýchlosťami. Jediný problém je, že vývoj takýchto diskov je nákladný, preto sa k nemu firmy stavajú vlažne a tak prebieha len veľmi pomaly.



## 5 Diskusia

Nami vyrobený "hologram" je lacný na výrobu a jeho využitie je minimálne. Avšak, reálne holografické obrazy sú na výrobu extrémne náročné a finančne nákladné. Na ich výrobu je potrebné množstvo drahého a citlivého vybavenia. Preto sa aj využívajú ako ochranné prvky. Vývoj technológii na báze holografie je nákladnou záležitosťou aj pre veľké technologické firmy. Otázkou teda je, ako by bolo možné výrobu hologramov a rozvoj technológie na báze holografie zjednodušiť/spraviť lacnejšou/lacnejším? Nestratil by holografický obraz pri zjednodušení výroby z časti svoj ochranný charakter? Vidíte v budúcnosti, pri lepšej dostupnosti aj nejaké iné potenciálne využitie, ktoré dnes vzhľadom na náklady nie je možné uskutočniť?

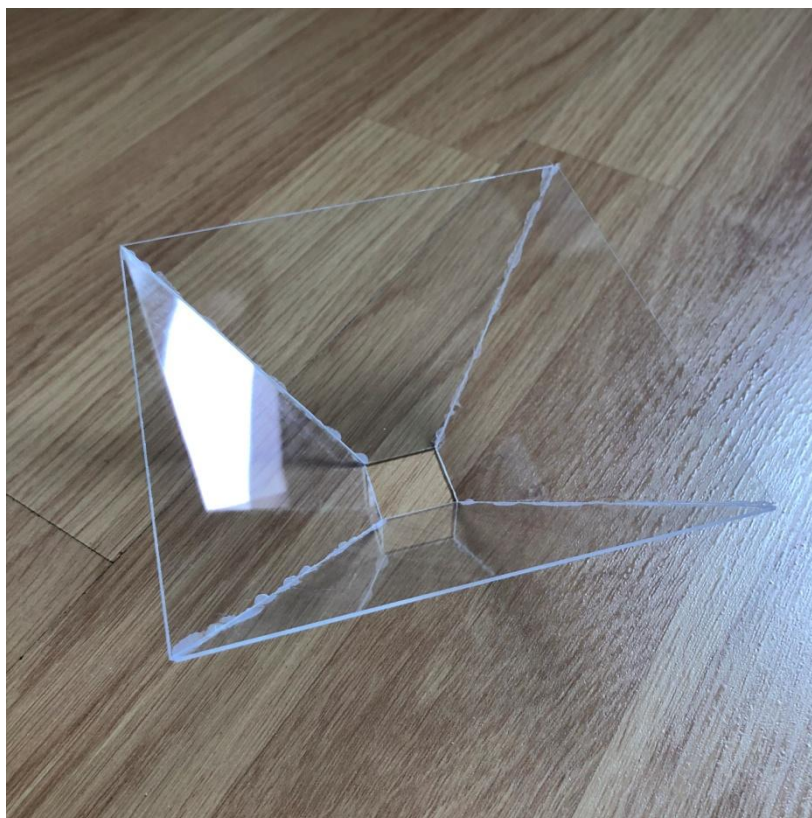
## 6 Záver

Napriek menším problémom, s ktorými sme sa stretli počas zostrojovania holografického ihlana, sme hologram dokončili a funguje. Nami vytvorený hologram spĺňa na neho kladené požiadavky, čiže vytvára trojrozmernú vizualizáciu z premietaných obrázkov na smartphone. S výsledným vzhľadom hologramu sme spokojní. Spomínaný holografický ihlan je možné využiť ako učebnú pomôcku pri preberaní témy lomu svetla.

## 7 Literatúra

- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/Holography> prístupné dňa: 8.4. 2018
- [2] <http://tn.nova.cz/clanek/vyrobte-si-vlastni-hologram-navod.html> prístupné dňa: 8.4. 2018
- [3] <https://www.youtube.com/watch?v=oX0vYhBSf-4> prístupné dňa: 1.4.2018
- [4] David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker - Fyzika - VUTIUM 2007 - ISBN 978-80-214-4123-1

**8 Prílohy**  
**PRÍLOHA A**



PRÍLOHA B – OBRAZ VYTVORENÝ HOLOGRAMOM (FOTOGRAFIA NA SMARTPHONE)

