

# Prvá vyučovacia hodina

## Od modelu laparoskopického prístroja k jeho fyzikálnej podstate – úplnému odrazu.

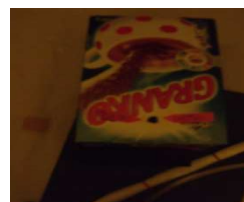
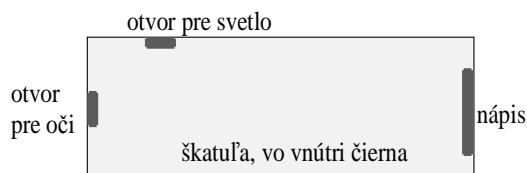
Úplný odraz je z hľadiska členenia fyziky veľmi úzka oblasť, ale ak sa na problematiku pozrieme v kontexte využiteľnosti v praxi (optické vlákna v medicíne, v priemysle ako senzory, v telekomunikácií na prenos informácií), stane sa témou pomerne bohatou, širokou a modernou.

V článku navrhujeme postup jednej vyučovacej hodiny pri téme úplný odraz svetla, ktorý sme odučili na gymnáziu. Je založený na kontexte využitia fyzikálneho javu v medicíne pri endoskopických vyšetreniach a pri laparoskopických operáciách, pričom sériou viacerých pokusov, z väčšej časti realizovanej žiakmi, pridáme k fyzikálnej podstate endoskopu. Navrhli sme zjednodušený, finančne nenáročný model laparoskopického prístroja.

**Pomôcky:** dopredu upravené škatule, baterky (zdroj svetla), zväzky optických vlákien (napríklad z dekoračnej lampy, cena cca 3€) v päťe aspoň do každej dvojice (maximálne štvorice) žiakov, laserové ukazovátka, upravenú PET fľašu, hranol z plexiskla, polvalec z plexiskla a uhlomer (použili sme pomôcky z komerčne vyrobenej sady Geometrická optika)

### Návod na zhotovenie modelu laparoskopického prístroja:

Podľa obrázka 1. sme si vyrobili model. Použili sme aspoň 20 – 25 cm dlhé škatule (konvenčná vzdialenosť oka, aby sa oko pri pozieraní cez otvor na nápis príliš nenamáhalo). Nám sa osvedčila napríklad škatuľa od 500g Granka (obr.2), vo vnútri oblepená čiernym papierom (stačí ho tam vložiť, netreba ani lepiť), alebo začiernená farbou (aby pri dopade svetla z vonka škatule došlo k čo najväčšej absorpcii), s dvoma nie príliš veľkými otvormi (otvorom pre oči a pre svetlo), s priemerom asi 0,5 cm. Oproti otvoru pre oči sme nalepili papierik s nápisom (ľubovoľný nápis, my sme použili schému vnútorných orgánov tela).



Obr.1,2

### Priebeh vyučovacej hodiny môžeme rozdeliť do viacerých fáz:

**1.Fáza: Úloha pre žiakov (5 min) :** „Zistite čo je na zadnej stene škatule oproti otvoru pre oči.“. Žiaci mali k dispozícii upravenú škatuľu a baterku na svietenie a dali sme im čas cca 2 minúty. Keďže otvor pre svetlo nebol oproti nápisu, a preto nebolo možné si nápis priamo osvetliť, táto úloha bola len s baterkou nesplniteľná.

Zadali sme žiakom pomocnú otázku: „Čo potrebujeme dosiahnuť, aby sme odkaz prečítali?“. Na hodine žiaci reagovali, že musíme dosiahnuť, aby svetlo išlo krivo, za roh a osvetlil nápis. Ich návrh bol, umiestniť do škatule zrkadlo, od ktorého by sa svetlo z baterky odrazilo smerom na nápis. Za návrh boli žiaci pochválení. Avšak možnosť otvoriť škatuľu im nebola dovolená.



Obr.3,4

2. Fáza: Pomocný návod na riešenie úlohy (8 min) : V tejto fáze hodiny sme žiakom pomohli obrázkami 3,4 Podobný problém je v medicínskej praxi vyriešený v prístroji zvanom endoskop (obr. 3). Na princípe „prinútenia svetla ísť za roh“ presne fungujú endoskopické prístroje používané v medicíne na vyšetrovanie orgánov, alebo pri tzv. laparoskopických „miniinvazívnych“ operáciách. Študentom sme zadali otázku: „**Všimnite si nasledujúce obrázky endoskopu a schémy laparoskopiekej operácie. Čo vidíte? V čom je náš model (škatuľa) rovnaký a v čom odlišný od laparoskopie?** Nasledovala krátka diskusia (2 min). Odpoveď bola, že otvor pre oči na modeli je umiestnený inde ako otvor ako svetlo, pričom v endoskope je kamera na prenesenie obrazu v jednej trubici spolu so svetlom.

*Pár minút sme venovali aj krátkej medzipredmetovej vsuvke (3 min) objasňujúcej niektoré pojmy z medicínskej praxe. Pojmy medicínskych vyšetrení rôznych častí tela ako napríklad gastroscopia (pažerák, žalúdok, horná časť dvanástorníka), kolonoscopia (hrubé črevo), laryngoscopia (hrtan), bronchoscopia (dolné cesty dýchacie), cystoscopia (močový mechúr), otoscopia (vonkajší zvukovod, bubienok), oftalmoscopia (meranie očného pozadia) a iné spája jedna podstata vyplývajúca zo samotného názvu endoskop (endo – lat., vo vnútri, scopia – lat., pozorovať) a názvu laparoscopia (lapara – lat., mäkké miesto v tele, scopia – lat., pozorovať). Aj niektorí študenti mali vlastnú skúsenosť s laparoskopickou operáciou. Na obrázku 4 je názorne vidieť, ako lekár operuje laparoskopickou metódou, ktorá sa výrazne rozvíja od 90 rokov 20 storočia. Pacientovi sa pred operáciou naplní brušná dutina plynom CO<sub>2</sub> a pri minimálnych otvoroch sa do tela zavedie endoskop slúžiaci na osvetlenie a zobrazenie orgánov a ďalšími otvormi sa do tela zavedú chirurgické nástroje.*

3. Fáza : Svetlo môže ísť krivo (demonštračný experiment, 5 min) : Ako sme videli na obrázkoch 3,4, v endoskope ide svetlo trubicou. My sme využili lampu so zväzkom optických vlákien a ukázali sme si že svetlo ide vo vláknach aj vtedy, keď ich ohneme (obrázky 5,6).



**Obr.5,6**

Na základe pokusu (obr. 6) už žiaci boli schopní vyriešiť úlohu z úvodu hodiny. Optické vlákno predstavujúce endoskop (my sme použili jedno 25 cm dlhé s priemerom 3 mm bez ochranného plášťa, OV sme kúpili od firmy zaoberajúcej sa dekoračným osvetlením, pričom meter tohto vlákna stál cca 1,5€, ale dá sa použiť aj zväzok optických vlákien z lampy) cez otvor na svetlo prestrčili do škatule. Pomocou vlákna, do ktorého svietili baterkou, si vhodne osvetlili nápis na zadnej strane škatule.

4. Fáza: Prečo svetlo ide vo vláknach krivo? (20 min) séria experimentov

**1. Experiment (5 min, demonštračný) s vytekajúcou vodou z otvoru pri dne PET fľaše, pričom sme do otvoru svietili laserovým ukazovátkom** – vid' obrázok. (Treba zdôrazniť, že pri pokusoch s laserovým ukazovátkom je dôležité dodržať bezpečnostné zásady, aby nedošlo k poškodeniu zraku. V škole možno používať iba laser s malým výkonom do hodnoty 1 mW. Bežné laserové ukazovátka majú aj viacnásobne väčší výkon, a preto by sa používať nemali). Vytekajúci prúd vody predstavoval optické vlákno a v mieste dopadu vody sme pozorovali svetelnú stopu. Pri tomto experimente sme žiakom cez dataprojektor ukázali kvalitne urobené video tohto pokusu z webu ([http://www.youtube.com/watch?v=0MwMkBET\\_5I](http://www.youtube.com/watch?v=0MwMkBET_5I) – obr. 7,8), kde vidieť odrazy svetelného lúča v prúde vody na rozhraní voda - vzduch a osvetlené miesto dopadu prúdu vody.



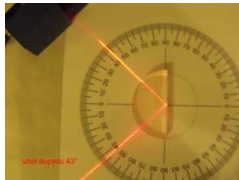
Obr.7,8

**2. Experiment** (3 min, buď ako frontálny demonštračný experiment alebo v 2-3 skupinách v triede). Použili sme názornú školskú pomôcku – **hranol a laser** (napríklad z komerčnej súpravy Geometrická optika – laser z tejto súpravy je čiarový a uvádzané pokusy sa s ním robia oveľa lepšie ako s bodovým laserovým ukazovátkom). Ukázali sme si, že **svetelný lúč sa v hranole šíri postupnými odrazmi od rozhrania plexisklo – vzduch** (obr 9,10).



Obr.9,10

**3. Experiment** (10-15 min, nosný experiment hodiny, odporúčame robiť aspoň v 2-3 skupinách žiakov). **Laserom žiaci svietili do polvalca, menili uhly dopadu a sledovali, čo sa deje s lúčom na rozhraní hranol vzduch** (obr.11).



Obr.11

Pozorovali, že časť svetla sa láme, časť odráža, avšak od istého uhla k lomu nedochádza iba k odrazu. Spoločne sme zaviedli pojem medzného uhla a povedali sme si o totálnom (úplnom) odraze svetla -  $\frac{\sin \alpha_{\text{medzný}}}{\sin 90^\circ} = \frac{n_{\text{vzduch}}}{n_{\text{plexisklo}}}$ . (Snellov zákon lomu študenti už pre tým preberali) Skutočnosť, že medzný uhol závisí od vlastnosti materiálov (indexov lomu) sme si dokázali pokusmi, že sme určili medzný uhol ak je **hranol vo vzduchu** a porovnali s medzným uhlom v prípade, keď sme **hranol ponorili do vody**. Žiaci slovne opisovali svoje pozorovania.

Nasledovala časť, kde žiaci aplikovali Snellov vzťah na výpočet medzného uhla na pokusy. Pre polvalec z plexiskla umiestnený vo vzduchu pokusom našli uhol, pri ktorom začne dochádzať k úplnému odrazu ( $42^\circ$ ), dopočítali index lomu plexiskla (1,49) – porovnali s tabuľkovou hodnotou, hodnota sa zhodovala. Potom žiaci určili výpočtom, aký medzný uhol bude v prípade, že polvalec ponoríme do vody ( $63,2^\circ$ ) a pokusom sa presvedčili, že vypočítaná a nameraná hodnota sa približne rovnajú.

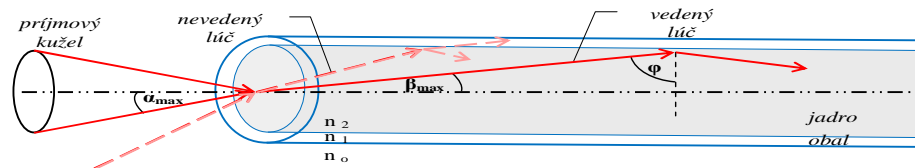
V priebehu predchádzajúcich experimentov sme so žiakmi diskutovali aj o tom, čo si predstavujú pod pojmom index lomu, s ktorým sa už predtým stretli. Mnohí vedeli, že je to charakteristika prostredia, menší počet študentov spresnilo odpoveď, že index lomu ( $n$ ) súvisí s rýchlosťou svetla v danom prostredí. Žiakom sme zadali pomocnú otázku, či by vedeli v tabuľkách nájsť materiál, ktorý má index lomu (myslíme absolútny) menší ako 1. Odpoveď viacerých bola, že hodnoty  $n$  sú pre materiály v tabuľkách vždy viac ako 1, ale odôvodnenie prečo im robilo ťažkosti. Zopakovali sme spoločne, že index lomu je vlastnosť materiálu, ktorá hovorí, koľko násobne pomalšie sa svetlo v materiáli šíri v porovnaní s rýchlosťou šírenia vo vákuu. Ak by teda  $n$  bolo pre nejaký materiál menej ako 1 znamenalo by to, že svetlo v tom prostredí ide väčšou rýchlosťou ako vo vákuu.

5. Fáza: Pokus optické vlákno je schopné „naviazať“ svetlo (5 min). Každý žiak dostal do rúk 20 cm dlhé optické vlákno (použili sme OV s priemerom 1 mm s ochranným plášťom kúpené od firmy zaoberajúcej sa dekoračným osvetlením, v cene cca 1,3€ za meter, dá sa použiť aj zväzok OV z dekoračnej lampy). Ich úlohou bolo pozorovať jeden koniec vlákna, pričom na druhý koniec dopadalo bežné denné svetlo. Žiaci komentovali svoje pozorovanie, že koniec OV svieti a ak jeden koniec zakryjeme, druhý koniec prestane svietiť (obr.12,13). Takto by si mohli študenti pomocou dlhšieho vlákna posielat' signály „svetlo – tma“ morzeovkou z jednej miestnosti do druhej.



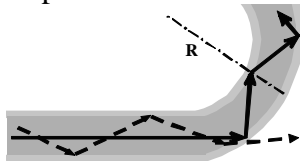
Obr.12,13

Jav sme si vysvetlili pomocou obrázku 14 a pokusu s hranolom (obr.9) – aj lúč, dopadajúci na prednú stranu vlákna pod nenulovým uhlom, sa môže šíriť vláknom, ak vo vnútri vlákna spĺňa podmienku úplného odrazu. Pri vysvetlení sme použili pojem príjmový kužeľ (tu nebolo našim cieľom, aby sa ho žiaci naučili) ako priestor, z ktorého prichádzajúce lúče sa šíria vláknom úplnými odrazmi. Na seminári s maturantmi sme pri tejto téme navyše robili príklad na výpočet maximálneho uhla v príjmovom kuželi (riešený v učebnici Demkanin, 2012, str.34), ktorý ukazuje, že veľkosť uhla príjmového kužela závisí od indexov lomu vonkajšieho prostredia a jadra a plášťa OV.



Obr.14

Ďalší pokus, ktorý žiaci robili s kúskom OV, bolo **ohýbanie vlákna na čo najmenší polomer**. Pozorovali, že koniec vlákna postupne prestáva svietiť. Vysvetlenie je, že v mieste ohybu dochádza ku stratám (obr.15). Straty sme mohli dokonca pozorovať pri použití vlákna bez obalu a laserového viditeľného svetla, lebo v ohybe vlákno svietilo, čiže svetlo v tých miestach vychádzalo von, a tým dochádzalo ku stratám prenášaného svetla. To je dôvod, prečo sú optické káble v praxi navinuté na veľkých kotúčoch s čo najväčším priemerom.



Obr.15

Na záver hodiny sme zhrnuli hlavné myšlienky, že svetlo môže ísť zakrivene (pričom nie je porušený princíp priamočiareho šírenia svetla, presnejšie Fermatov princíp minimálneho času) vďaka úplnému odrazu na rozhraniach a medzný uhol závisí od optických vlastností jednotlivých prostredí.

# Druhá vyučovacia hodina

## Využitie optických vlákien v praxi

Cieľom hodiny bolo ukázať prínos fyziky a rozvoja technológií pre spoločnosť pri prenos informácií a v priemysle (senzory). Hodina prebehla voľnejšie ako predchádzajúca, najmä formou dialógu, pričom množstvo času venované jednotlivým otázkam sme sa snažili prispôsobiť aktuálne prejavenej záujmu žiakov. Zisťovali sme aj predstavy študentov o rôznych aspektoch tejto problematiky. Pre doplnenie informácií sme mali na hodine pripravenú prezentáciu, pričom všetky nižšie uvádzané informácie sa dajú podľa uváženia učiteľa zadať na vyhľadanie študentom (podľa ich záujmu) aj formou referátov.

Problematiku využitia optických vlákien sme navodili **tlačovou správou z februára 2012 o poškodení podmorských optických káblov kotvou lode** (obr.1) (<http://www.zive.sk/navychode-afriky-boli-znicene-styri-podmorske-opticke-kable/sc-4-a-299498/default.aspx>).



Obr.1. Tlačová správa, február 2012

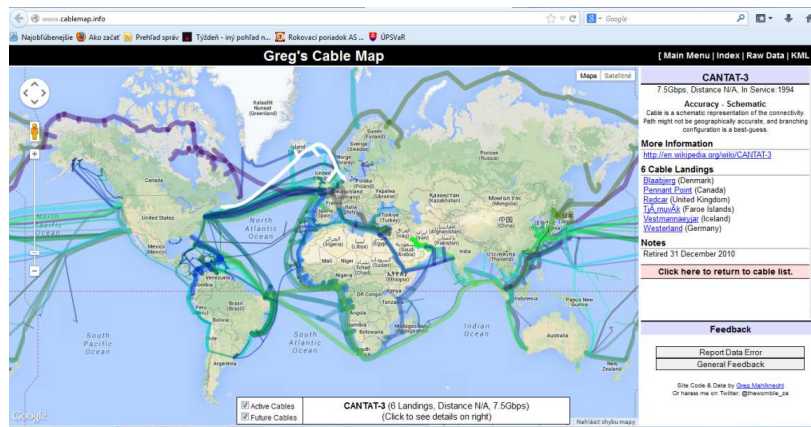
Nasledovali otázky študentom, či tušili že na dne morí sú uložené káble (mnohí, hlavne dievčatá nie), na čo slúžia, z čoho a ako sú vyrobené, ako sa do mora dostali, koľko káblov je v mori, ako komunikovali ľudia na diaľku v minulosti, ako je to s históriou podmorských káblov a iné. Odpovede na otázky sme sa snažili získať najprv od študentov, potom sme ich dopĺňali o informácie (obrázky, tabuľky, videá, zaujímavé fakty) získané z internetu, prostredníctvom nami vopred pripravenej prezentácie. Nižšie uvádzame skrátené informácie poskytnuté žiakom, najčastejšie získané z internetových zdrojov.

**Čo sú optické káble?** Optické káble sú zložené z optických vlákien (OV) a ochranných obalov. Optické vlákna sa vyrábajú najčastejšie z polymérov (hlavne pre dekoratívne účely) alebo z kremíkového skla ( $\text{SiO}_2$ ) (hlavne na prenos informácií). O vysokej technológii výroby svedčí aj fakt, že tabuľa zo skla na výrobu OV s hrúbkou 110 km je rovnako priehľadná, ako tabuľa skla v okne s hrúbkou cca 1 cm (videli by sme napríklad na dno Mariánskej priekopy v prípade, že by voda mala rovnaké vlastnosti ako kremíkové sklo používané v optických vláknach (Kundracik, 2009)

**Na čo sa používajú optické káble?** Slúžia na prenos informácií – internet, telefónne linky. Sem sa dajú zaradiť témy digitalizácia signálu, obrazu, pojmy bit, bajt (obsiahnuté v Štátnom vzdelávacom programe (ISCED 3) spracované v učebnici Fyziky pre 3. ročník gymnázií (Demkanin, 2012, str.29).

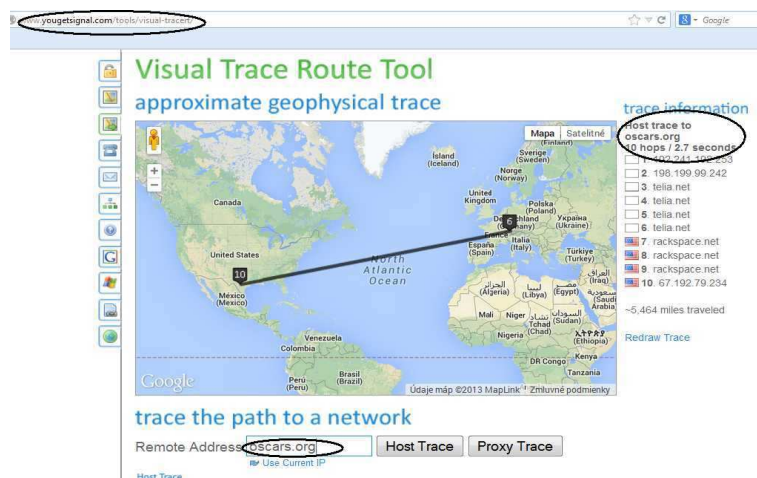
**Koľko je káblov v mori?** V prezentácii sme uviedli obrázok – mapu sveta s podmorskými káblami (obr.2) (interaktívna mapa s odkazmi na informácie o každom podmorskom

optickom kábli - <http://www.cablemap.info/>). Zaujímavosťou je, že všetky dnes používané optické káble omotajú Zem asi 25-tisíckrát a každú hodinu toto vlákno narastie o niekoľko tisícok km (<http://veda.sme.sk/c/5048580/fyzika-2009-nobelovku-udelili-za-obrazky-a-rychlost.html>)



Obr.2. Interaktívna mapa podmorských optických káblov s odkazmi na ďalšie informácie

V tejto časti sme zadali študentom otázku, či vedia ako sa dostanú informácie uložené niekde v Amerike (napríklad o obľúbenej hudobnej skupine) k nim do počítača. Jedna odpoveď dievčiny („ved' mám wifi, načo káble pod morom?“) nás prekvapila a naznačila, že asi má zmysel hovoriť o tom, ako sa k nám dostávajú informácie (možno aj v rámci medzipredmetových vzťahov s informatikou) a že za mnohými, pre nás samozrejmi vecami, je práca viacerých ľudí (objavy vlákien, zdroja - lasera, ich technologický vývoj, manuálna práca pri kladení káblov do mora, do zeme,...). Pre lepšiu predstavu študentov by mohol byť veľmi užitočný program, ktorý vykreslí mapu, kadiaľ k nám prišla nami vyžiadaná informácia (napríklad zvolili sme si stránku venovanú filmovým oceneniam - Oscar <http://www.oscars.org/>, na stránke <http://whois.net/> sme sa po zadaní stránky o Oscaroch dozvedeli jej doménové meno: OSCARS.ORG a toto meno sme vložili na stránku, kde je program na vizualizáciu trasy od zdroja do nášho počítača a uvedený čas, za ktorý sa dostala k nám informácia (obr.3) <http://www.yougetsignal.com/tools/visual-tracert/>).



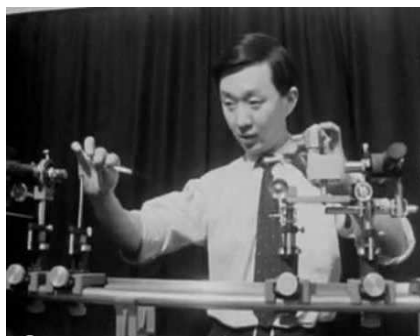
Obr.3. Stránka na vizualizáciu trasy toku informácií od zdroja stránky [www.oscars.org](http://www.oscars.org)

Ďalej sme študentom premietli časti z videí na dokreslenie predstavy o tom **ako sa ukladá podmorský kábel do mora** ( [http://www.youtube.com/watch?v=XQVzU\\_YQ3IQ](http://www.youtube.com/watch?v=XQVzU_YQ3IQ), [http://www.youtube.com/watch?v=KulqAHJ16UQ&feature=results\\_main&playnext=1&list=PL7F1CFBDFAD66666BA](http://www.youtube.com/watch?v=KulqAHJ16UQ&feature=results_main&playnext=1&list=PL7F1CFBDFAD66666BA)), **ako sa ukladal do mora kábel (ešte nie optický) v minulosti v roku 1936** (<http://www.youtube.com/watch?v=JLVFKHJcBMM&feature=related>) a **ako sa vyrába optické vlákno** (<http://www.youtube.com/watch?NR=1&feature=endscreen&v=u1DRrAhQJtM>).

- **História komunikácie** – toto je veľmi bohatá téma a môžeme rozčleniť na viacero oblastí. Veľmi zaujímavá je otázka formy komunikácie medzi ľuďmi na väčšie vzdialenosti od dávnej minulosti až po súčasnosť. Z učebnice fyziky pre 3. Ročník gymnázií (Demkanin, 2012, str 33) sme využili text a tabuľku s historickým prierezom objemu prenesených dát medzi Európou a Amerikou (hlavne chlapcom boli číselné údaje „bližšie“). Zadali sme študentom otázku (+ zdôvodniť odpoveď), koľko by trvalo doručenie správy z Ameriky do Európy napríklad v rokoch 1800, 1900, 2000. V tejto súvislosti sme spomenuli tiež niekoľko zaujímavých faktov –

- Lord Kelvin (William Thomson, 1824-1907) bol povýšený do šľachtického stavu vďaka svojej práci pri kladení transatlantických káblov
- v roku 1866 pri prenosovej rýchlosti 8 slov za minútu medzi Kanadou a Írskom bola cena za prenos 20 slov 100 USD
- prvý transatlantický optický kábel z OV z roku 1988 mal kapacitu 40 000 hovorov a na prelome storočí bola kapacita viac ako 3 milióny hovorov.

V téme využitia optických vlákien nesmelo chýbať meno Charles Kao, ktorý v roku 1966 (obr.4a, [http://www.youtube.com/watch?v=2-5sScP\\_fiw](http://www.youtube.com/watch?v=2-5sScP_fiw)) prišiel na myšlienku použiť sklenené vlákna na prenos informácií pomocou svetla z lasera, ktorý bol vynájdený Tedom Maimanom v roku 1960. V roku 2009 dostal Charles Kao (obr.4b vľavo, [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2009/kao-photo.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2009/kao-photo.html)) za svoju prácu Nobelovu cenu za fyziku.



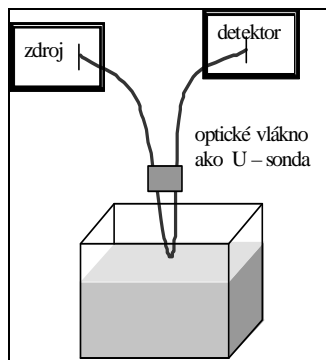
Obr.4a Charles Kao,1966 , Obr 4b. Charles Kao preberá Nobelovu cenu, 2009

V tejto časti hodiny sme zaradili pokus so zväzkom optických vlákien z dekoračnej lampy (cena cca 3€). Ak sme jeden koniec zväzku položili na kontrastný obrázok (napríklad na obrazovku mobilu), na druhom konci zväzku vlákien sme mohli pozorovať obraz (obr.5.). Napodobnili sme vlastne historický pokus vynálezca televízie pána J.L.Baird z roku 1929, kedy sa pokúsil sa **preniesť obraz za roh** laboratória s pomocou kábla spleteného z tisícok sklenených vlákien– obraz bol veľmi nekvalitný.

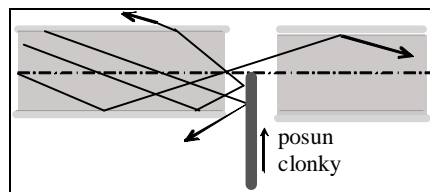


Obr.5. Pokus- prenos obrazu

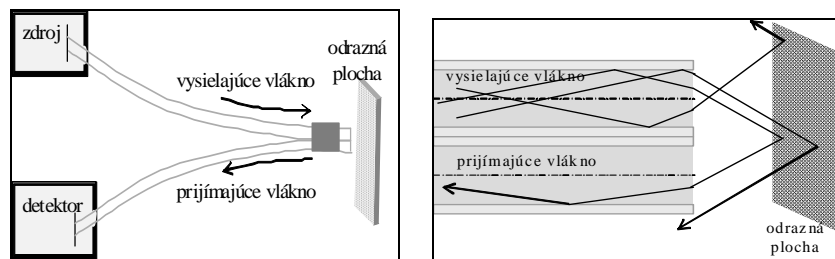
V ďalšej časti hodiny sme sa venovali téme **optické vlákna (OV) ako senzory v priemysle**. Vďaka svojim vlastnostiam (malej hmotnosti, bezpečnosti v prostredí s horľavými a výbušnými látkami, odolnosti voči vonkajšiemu elektromagnetickému rušeniu) sa OV využívajú napríklad vo vojenstve, v automobilovom a leteckom priemysle a v mnohých oblastiach techniky. Študentom sme ukázali nasledujúce obrázky a ich úloha bola vymyslieť, na čo by sa dal senzor na danom obrázku využiť. Obrázky uvádzame už aj s popisom.



Obr.6. Senzor hladiny kvapaliny

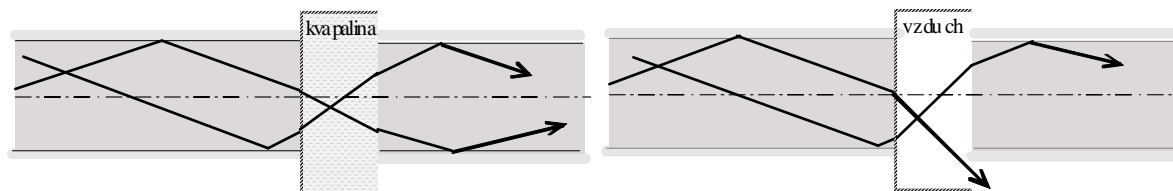


Obr. 7. Transmisný senzor (počítanie predmetov na výrobných linkách)



Obr.8. Reflexný senzor (kontrola vzhľadu predmetov, vzdialenosti, snímače čiarového kódu)





Obr.9. Transmisný senzor prítomnosti kvapaliny

Na záver by sme radi uviedli, že téma optické vlákna vďaka svojim aplikáciám v súčasnosti študentov zaujala. Hodina mala prínos aj pre nás, hlavne pri zisťovaní predstáv študentov, ako sa k nim dostávajú informácie.

### Literatúra

KUNDRACÍK, F. 2009. Revolučné technológie, .týždeň 51/2009, dostupné na <http://www.tyzden.sk/casopis/2009/51/revolucne-technologie.html>

ŠPÚ: Štátny vzdelávací program Fyzika ISCED 3, 2009, dostupné na [www.statpedu.sk](http://www.statpedu.sk)

DEMKANIN, P. Fyzika pre 3. Ročník gymnázia a 7. Ročník gymnázia s osemročným štúdiom, EDUCO, Prievidza 2012. ISBN 978-80-89431-37-3

<http://en.wikipedia.org/wiki/Endoscopy>

<http://sk.wikipedia.org/wiki/Laparoskopia>

<http://www.quabau.de/diagnose-Dateien/image019.jpg>

### Pod'akovanie

Príspevok je súčasťou riešenia grantovej úlohy KEGA č. 130UK-4/2013

### Kontakt

Martina Horváthová

KTFDF FMFI UK

Mlynská Dolina, Bratislava

[tinahorvi@gmail.com](mailto:tinahorvi@gmail.com)