

# Poznámky pro učitele

k modulu 01:

## Řekni to světlem

*Lidstvo využívá světlo k přenosu informací na dlouhé vzdálenosti již více než dva tisíce let. Většina z nás je dnes na optických telekomunikacích závislejší, než si vůbec uvědomujeme. Internet v podobě, v jaké ho známe, by neexistoval, nebýt optických vláken na dně oceánů, optických vláken spojujících města, a tato vlákna propojují dokonce i soukromé domy. Použití světla ke komunikaci však má své dobré důvody, které přímo souvisejí s jeho základními vlastnostmi.*

*V tomto modulu je téma aplikace světla v komunikaci použito jako rámec pro uvedení žáků do problematiky vlastností světla, zákona odrazu světla a inženýrského přístupu k řešení problémů.*

**Shrnutí:** Žáci se při návrhu způsobu komunikace pro fiktivní společenství lidí v Andách seznámí se základními vlastnostmi světla. Při řešení problému jak vysílat světelné signály okolo překážky budou diskutovat o zrcadlech a odrazu světla. Po seznámení s procesem vedení světla pomocí úplného vnitřního odrazu využijí své znalosti při hře, během které budou muset vytvořit pro dorozumívání optický telekomunikační systém.

Modul se skládá ze 2 kapitol:

- Řeč horalů a Vlastnosti světla (viz strana 2)
- Komunikace pomocí optického vlákna (viz strana 5).

**Určeno pro:** Druhý stupeň základních škol nebo pro nižší třídy středních škol (přibližný věk žáků 12 až 15 let)

**Doba trvání:** První kapitola je určena pro dvě vyučovací hodiny, druhá kapitola pro jednu hodinu. Vyučovací hodina trvá přibližně 40 minut.

**Předchozí znalosti žáků:**

- Žádné předchozí znalosti nejsou nutné.

**Co se žáci naučí:**

**Poznatky**

- Světlo se pohybuje rychle a po přímce
- Rozlišení materiálů, které světlo pohlcují, rozptylují, odrážejí a propouštějí
- Odraz světla
- Způsob, jakým je v optických vláknech vedeno světlo

**Dovednosti**

- Týmová práce
- Technický způsob myšlení a práce: návrh technického řešení podle daných specifikací

**Tento modul obsahuje:**

- 3 pracovní listy
- 1 studijní list

## Kapitola 1 | Řeč horalů

### Doporučený program hodiny

Žáci se při návrhu způsobu komunikace pro fiktivní obce v Andách seznámí se základními vlastnostmi světla.

Časy v minutách	Činnost	Materiál
<b>První hodina</b>		
0 – 25	Skupinový úkol: návrh způsobu komunikace  Diskuse nad výhodami komunikace optickými prostředky, jejíž provedení navrhli žáci ve skupinách	WS01.1
25 – 40	Diskuse vlastností světla a souvisejících experimentů <ul style="list-style-type: none"><li>- Světlo je vnímáno očima</li><li>- Světlo se pohybuje rychle a po přímce</li></ul>	Jednotky se světelnou diodou LED <i>Souprava pomůcek neobsahuje:</i> Větší zrcadlo (> strana A4)
Domácí úkol	Příprava na pokračování této diskuse	
<b>Druhá hodina</b>		
0 – 20	Pokračování diskuse o vlastnostech světla: <ul style="list-style-type: none"><li>- Světlo má barvu</li><li>- Světlo působí na různé předměty různě</li></ul>	WS02.2, Jednotky se světelnou diodou LED, zrcadla <i>Souprava pomůcek neobsahuje:</i> Předměty s různými druhy povrchu
20 – 35	Okolo překážky: odraz	Jednotky se světelnou diodou LED, zrcadla
35 – 40	Úloha s mnoha zrcadly	Jednotky se světelnou diodou LED, zrcadla

### Popis doporučené vyučovací hodiny

#### Návrh a realizace způsobu dorozumívání

Řekněte žákům, že jejich úkolem v této vyučovací hodině je navrhnout způsob a systém komunikace bez použití elektřiny. Do problému, který budou řešit prací ve skupinách, je uveďte tímto příběhem:

*Obyvatelé odlehlého údolí jihoamerických And se rozhodli nepoužívat elektřinu. Před několika lety totiž vláda jejich země připravovala plán na vybudování vodní elektrárny, kvůli které by jejich údolí bylo zaplaveno vodou. Na protesty obyvatel vláda odpovídala, že oni sami přece elektřinu používají také. Na to se všichni obyvatelé tří obcí v údolí společně usnesli, že už nikdy elektřinu v žádné formě využívat nebudou. Díky tomu byla pak elektrárna postavena jinde.*

*Je ale třeba říci, že lidé z údolí nemají nic proti technice jako takové. Ve snaze ukázat vládě, že jejich život bez elektřiny může být stejně kvalitní jako život v hlavním městě - ne-li lepší – vytvořili množství technických vymožeností: pohony mnoha složitých strojů vodním kolem, velmi přesné mechanické hodiny, a jiné.*

*Stařešinové těchto tří obcí se pak jednou sešli a rozhodli se, že by měl vzniknout také rychlý systém komunikace mezi obcemi. První pokus o jeho vytvoření totiž selhal. Ptáky, kteří měli nosit zprávy, napadali kondoři. Dlouhá sdělení bylo možné stále posílat v dopisech, jejichž doručení však trvalo půl dne. Důležité informace bylo třeba sdělovat spolehlivě během několika minut, a to v kteroukoli dobu. Dále bylo rozhodnuto, že nový způsob komunikace nesmí nikoho rušit, např. hlukem, a nesmí také poškozovat životní prostředí. Protože se obecní starší nemohli na žádném způsobu dohodnout, sepsali seznam požadavků, které by nový systém komunikace měl*

*splňovat, a všechny obyvatele údolí vyzvali k účasti v soutěži o jeho návrh. Vítězný způsob by pak byl v údolí zaveden a jméno jeho autora by bylo vytesáno do štítu sídla Rady starších, což je nejvyšší pocta, jaké může člověk v tomto údolí dosáhnout.*

Po tomto úvodu požádejte žáky, aby utvořili skupiny a navrhli pro obyvatele údolí řešení. Než se pustí do práce, dejte jim pevný časový limit, např. 15 minut, na to, aby vymysleli řešení, a 2 minuty na to, aby jej představili třídě. Do každé skupiny pak dejte kopii pracovního listu „Řeč horalů“ (WS01.1).

Žáky upozorněte, že není žádné „správné“ řešení. Navíc, tato situace je ukázkou toho, s čím se budou setkávat ve svém zaměstnání: v omezeném čase musejí přijít s řešením, které splňuje předem daná kritéria a které u zákazníka nebo vedoucího uspěje v konkurenci s jinými návrhy.

Až všechny skupiny představí svá řešení, nechte žáky diskutovat nad výhodami a nevýhodami jednotlivých návrhů. Který z nich by se měl přednést Radě starších? Nebo by bylo lepší dva či více sloučit do jediného?

### Vlastnosti světla

Žáci pravděpodobně navrhnou řešení přímo či nepřímo založená na přenosu signálu světlem, např. pomocí vlajek, světelných záblesků, kouřových signálů nebo odrazů slunečních paprsků zrcadlem. Pomocí otázek typu „čím budete signál přijímat?“ (obvykle okem) můžete žáky přivést k poznání, že přenos signálu ve skutečnosti zajišťuje světlo. Požádejte žáky o vysvětlení, proč by při návrhu způsobu komunikace použili světlo. Na základě jejich odpovědí pak shrňte, co už žáci o světle vědí.

V každé třídě může mít tato debata jiný průběh a důležité charakteristiky světla mohou padnout v různém pořadí. Výsledky této diskuse sepište na tabuli do krátkých tvrzení (např. „Světlo se pohybuje po přímce“). Požádejte žáky, aby tato tvrzení doložili pomocí důkazu – nejlépe ve formě pokusu. Ke každému tvrzení pak tyto důkazy uveďte v podobě klíčových slov.

Na tuto debatu pravděpodobně zbývajících 15 minut z vyučovací hodiny stačit nebude. Požádejte žáky, aby si uvedené výroky a důkazy přepsali k sobě. Za domácí úkol mohou zkusit přijít na další vlastnosti, a také na pokusy, kterými je lze prokázat.

V další části jsou uvedeny důležité charakteristiky světla, návodné otázky a návrhy experimentů.

### Světlo je vnímáno očima

*Souvislost s návrhem způsobu komunikace mezi obcemi: světelné signály lze zachytit velmi jednoduše a rychle i bez elektrických přístrojů.*

Zeptejte se žáků, zda lidé vidí díky tomu, že světlo vychází z předmětů a dopadá do lidského oka, nebo proto, že světlo vychází z očí směrem k předmětům. Dokáží svůj názor opřít o důkazy?

Žáci se někdy mohou domnívat, že zrak je založen na paprscích, které vycházejí z lidského oka. Proto dbejte, aby při popisu dráhy světla žáci vždy sledovali světlo od jeho zdroje (nebo od osvětleného předmětu) směrem k oku (např. v následujících experimentech).

Můžete žáky požádat, aby se navzájem podívali do očí. Proč je zornice oka černá, podobně jako tmavá komora? Můžete žákům vysvětlit, že stejně jako z temné komory, ani z oka nevychází žádné světlo. Světlo, které dopadne na zadní část oční bulvy, se přemění na slabý elektrický signál, a přestane tedy existovat. Tyto elektrické signály jsou vedeny do mozku, zpracovány, a díky nim vnímáme obraz, který nám dává smysl.

### Světlo se pohybuje po přímce

*Souvislost s návrhem způsobu komunikace mezi obcemi: přímou spojnicí mezi obcemi nesmí blokovat žádné překážky – hory ani lesní porost.*

Zeptejte se žáků, po jaké dráze se světlo pohybuje: po oblouku jako míč hozený do vzduchu, anebo přímo? Požádejte, aby svou odpověď dokázali, nejlépe pokusem. Pokud žáci žádný vhodný pokus nenavrhnou, můžete jim předložit tento (ale pouze tehdy, nebudou-li mít vlastní návrh):

Jeden žák podrží jednotku se světelnou diodou LED a bude vysílat světelný signál. Druhý žák bude zdroj pozorovat ze vzdálenosti několika metrů. Třetí může zakrýt zdroj světla jednou rukou a pomalu jí pohybovat směrem k pozorovateli, přičemž mu bude světlo stále zakrývat. Ostatní mohou sledovat dráhu, po které se ruka bude pohybovat, a uvidí, že tato dráha mezi zdrojem světla a okem pozorovatele bude přímková.



*Obrázek 1.1: Experiment dokládající přímou dráhu světla*

U každého pokusu požádejte žáky, aby popsali, co pozorují, a také aby rozlišovali pozorování a interpretaci pozorovaného. Co lze daným experimentem prokázat a co může nějakou interpretaci zpochybňovat? Bylo by např. správné vyvodit z předchozího experimentu, že světlo nemá hmotnost (a proto na něj nepůsobí gravitace)?

Jiným způsobem, jak ukázat, že se světlo pohybuje po přímé dráze, je zakrýt stolní lampičku v temné místnosti tak, aby její světlo vycházelo pouze otvorem o rozměru asi půl centimetru. Tento světelný paprsek pak lze zviditelnit malým množstvím vodní mlhy (z rozprašovače, jaký se používá na zahradě anebo k úklidu). Tento pokus dokládá, že světlo vidíme pouze tehdy, dopadá-li do našeho oka přímo anebo je do něj přeměrováno vlivem jiného předmětu. U vodní mlhy dochází k tomu, že světlo z lampičky dopadá na kapky vody, od kterých se rozptyluje a odráží do všech směrů, takže jeho část také dopadá do oka pozorovatele.

### **Světlo se pohybuje rychle**

*Souvislost s návrhem způsobu komunikace mezi obcemi: protože se nic nepohybuje rychleji než světlo, hodí se světlo jako prostředek nejrychlejšího komunikačního systému.*

Jedním z hlavních důvodů, proč žáci navrhli použít pro komunikaci světlo, je pravděpodobně jeho rychlost. Přesně pro tuto vlastnost využívají světlo i dnešní mezinárodní telekomunikační síť.

Aby žáci získali představu o rychlosti světla, připravte pokus, při němž umístíte na jeden konec třídy zrcadlo, a na druhém budou stát tři žáci tak, aby se v něm viděli. Každému z nich pak dejte jednotky se světelnými diodami LED červené, zelené a modré barvy. Jejich úkolem bude odhadnout, kolik času uběhne od okamžiku, kdy stisknou spínač jednotky, do okamžiku, kdy v zrcadle uvidí, že se světlo rozsvítilo. Je to poměrně jednoduchá variace na Galileův experiment s měřením rychlosti světla. Umožní vám však objasnit základní rysy šíření a vnímání světla. Požádejte žáky, aby krok za krokem popsali, co se při tomto pokusu děje. Vedte je přitom následujícími dotazy na to, co právě pozorují:

- 1) žák stiskne spínač

- 2) světlo se rozsvítí
- 3) světlo se šíří ve všech směrech (jinak by žáci po stranách neviděli, že se dioda rozsvítí), pokud tomu nebrání nějaká překážka
- 4) část světla dopadne na zrcadlo a odrazí se zpět (tentokrát však nikoli ve všech směrech, protože studenti po stranách třídy odraz světla v zrcadle nevidí)
- 5) část odraženého světla dopadne do očí žáků a vyvolá vjem, který je přenesen do mozku, díky čemuž žáci toto světlo vidí.

Žáci, kteří se pokusu účastní, se (pravděpodobně) shodnou, že světlo se mezi nimi a zrcadlem pohybovalo tak rychle, že nedokáží změřit dobu, kterou to trvalo.

Rychlost světla můžete názorně ukázat srovnáním s rychlostí zvuku: jen speciální letadla se pohybují rychleji než zvuk. Zeptejte se, zda si už žáci všimli, že při bouřce není blesk vidět a hrom slyšet ve stejnou chvíli. Nejspíše potvrdí, že nejdříve vidají blesk, a teprve poté slyší hrom. Můžete toto zjištění použít jako důkaz, že se světlo pohybuje mnohem (asi 874 000krát) rychleji než zvuk.

Jiným ilustrativním příkladem je fakt, že kdyby světlo mělo oběhnout Zemi po jejím povrchu, stihlo by to během jedné sekundy 7,48krát.

### Světlo má barvu

*Souvislost s návrhem způsobu komunikace mezi obcemi: Barva, např. na vlajce, může být nositelem informace a přispívat tak k jejich sdělování.*

Jak by vypadalo světlo bez barvy? Někteří žáci mohou odpovědět, že by bylo „černé“. Můžete jim pak vysvětlit, že se nám předmět jeví jako černý, jestliže z něho do našeho oka nedopadá žádné světlo.

Žáci pak mohou přijít s dalšími dotazy a nápady k barvám, které se již nevejdou do diskuse. Zapište si je a žákům sdělte, že je proberete později v hodině věnované barvám.

### Světlo působí na různé předměty různě

*Souvislost s návrhem způsobu komunikace mezi obcemi: komunikaci optickými prostředky mohou narušit překážky nebo mlha.*

Slabou stránkou komunikace optickými prostředky je to, že jakákoli překážka na přímce mezi vysílající a přijímající stranou zabráni světlu v cestě k cíli. Jak se ale světlo chová, dopadne-li na tuto překážku? Ukažte na různé předměty ve třídě, např. zeď, okno, lesklý povrch plastu, nějaký černý předmět nebo list bílého papíru, a zeptejte se, co se se světlem stane, když na jeho povrch dopadne.

Pak třídě rozdejte pracovní list „Dopad světla na hmotu“ (WS01.2). Oddíl 1) tohoto pracovního listu má žáky přivést ke zjištění, co se se světlem stane při dopadu na různé povrchy. Nechte žákům dostatek času na práci (a hru) s povrchy a vedte je k tomu, aby si zapisovali výsledky svého pozorování pokusu ze tří naznačených směrů.

Žáci budou možná potřebovat vaši pomoc při třídění druhů povrchu do různých kategorií (oddíl 2). Dejte jim čas na nalezení vlastních kategorií a vedte je prostřednictvím otázek. Jeden z možných způsobů kategorizace povrchů:

- pohltivé
- rozptylující
- odrazivé
- průhledné/průsvitné

### Okolo překážky

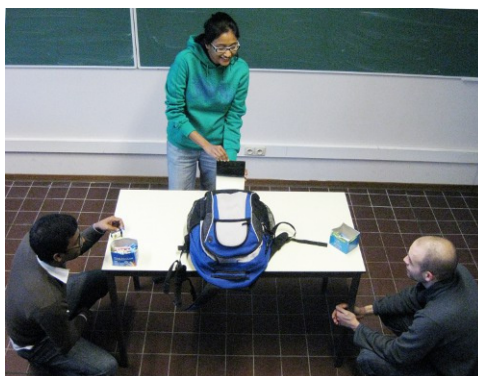
Oddíl 3) pracovního listu „Dopad světla na hmotu“ (WS01.2) je přechodem od tématu vlastností světla k tématu odrazu. Bude-li to zapotřebí, pomozte žákům dojít na základě jejich průzkumu (s pomocí pracovního listu) k poznatku, že pomocí odrazivých povrchů lze vést světlo okolo překážek.

Když se vrátíte k prvnímu úkolu, v němž se navrhoval způsob dorozumívání pro údolí Valle de la Lumbre, můžete se žáků zeptat, jak by šlo vést světelný signál okolo skály, která blokuje přímý výhled mezi obcemi.

Pravděpodobně navrhnou použít zrcadlo, pomocí něhož by bylo „vidět za skálu“. Zeptejte se, jak by odpověděli Radě starších, kdyby je požádala o návod, kam umístit zrcadlo a jak je natočit.

### Zrcadla

Pro řešení této otázky umístěte na opačné konce stolu dva předměty, které budou představovat obce, a doprostřed stolu mezi ně překážku, např. batoh. Předměty by měly být v takové poloze, aby se žáci *později* mohli snadno ve výšce desky stolu pohledem z „obce“ do „obce“ přesvědčit, že je zrcadlo postaveno správně.



Obrázek 2.1 Uspořádání předmětů na katedře při řešení úkolu se zrcadlem

Řekněte žákům, že vám musejí dát jasné a jednoznačné pokyny k umístění zrcadla. Zrcadlo musí stát tak, aby bylo možné mezi „obcemi“ posílat světelné signály. Tento návod by je měl přivést k řešení při pohledu z ptačí perspektivy. Jejich pokyny musejí obsahovat obecná pravidla, která budou platit i při odlišné poloze předmětů na stole. Empirická řešení na způsob „otáčet zrcadlem, dokud nebude druhá obec vidět“ nejsou dovolena. Můžete dát žákům návodnou otázku jaké požadavky musí zrcadlo splňovat (= zrcadlo musí být vidět z obou „obcí“).

Žáci by pak měli vytvořit skupiny, které dostanou zrcadla a budou volně experimentovat. Navrhněte, aby si žáci řešení problému nakreslili. Mohou také použít pracovní list „Dopad světla na hmotu“, získat poznatky o odrazu světla, a možná pak přijdou na zákon odrazu sami. Pohybujte se mezi skupinami a snažte se nezůstat u žádné z nich déle než několik minut.

Pokud některá skupina řekne, že našla řešení, vyzvěte je, ať dva členové skupiny předvedou toto řešení na katedře. Když budete zrcadlo ustavovat podle pokynů žáků, úkol jim sami neusnadňujte. Nebudou-li jejich pokyny správné či dostatečně přesné, umístěte jej tak, aby *neumožňovalo*, posílání signálů mezi obcemi. Nechte pak jednoho žáka vysílat pomocí jednotky se světelnou diodou LED světelné signály od jednoho předmětu, který představuje horskou obec, přičemž druhý bude s hlavou poblíž druhého předmětu ve výšce stolu pozorovat výsledek (jako na výše uvedeném obrázku).

Pokud žáci navrhnou správné pokyny pro umístění zrcadla, mohou vyzkoušet posílání světelných signálů oběma směry. Zeptejte se žáků, zda lze dráhu světla vždy také obrátit.

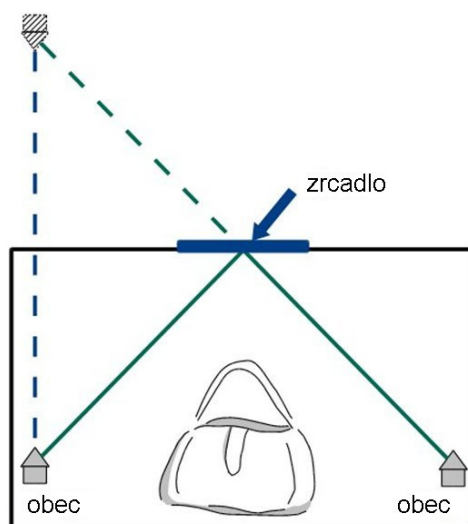
Přestože je snadné najít správnou polohu zrcadla empiricky, může žákům nějakou dobu trvat, než přijdou na obecně platná pravidla pro umístění zrcadla. Jeden z možných správných návodů (žáci mohou samozřejmě přijít i s lepším řešením) je využít okrajů stolu:

- 1) Najděte hranu stolu, která je vidět z obou „obcí“.



Obrázek 2.2 Trojúhelníky vyznačují plochu viditelnou z „obcí“.  
Zrcadlo by mělo stát na místě, kde bude vidět z obou „obcí“.

- 2) Vzdálenost mezi jednou z „obcí“ a touto hranou vynásobte dvěma a přeneste ji na druhou stranu hrany (vyznačte ji např. tužkou, kterou podržíte na konci vzniklé úsečky). Pak ved'te přímku z tohoto bodu do druhé „obce“. Zrcadlo postavte na hranu stolu tam, kde tato myšlená přímka hranu stolu protíná.



Obrázek 2.3 Možné řešení úkolu se zrcadlem

### Zákon odrazu světla

Zbude-li čas, můžete žáky seznámit s definicí zákona odrazu světla. Někteří už si možná tento zákon nebo jeho části odvodili. Mohou pak výsledky svého pozorování sdělit svým spolužákům. Všechny skupiny pak mohou poznatky svých spolužáků prověřit s použitím pracovního listu „Dopad světla na hmotu“: budou-li žáci otáčet zrcadlem okolo středu půlkruhu, zjistí, že úhel odrazu se rovná úhlu dopadu.

Pokud ve výkladu uvedete formální definici zákona o odrazu světla, nechte studenty poznamenat si ji na studijní list (FS01.1), který se bude rozdávat na konci další hodiny.

### Úloha s mnoha zrcadly

Až si žáci vyzkoušejí zákon o odrazu světla na jednom zrcadle, vyzvěte je, aby vyzkoušeli odraz světelných signálů pomocí dvou, a pak i tří zrcadel. Jedna skupina žáků bude vysílat světelné signály směrem k vedlejší lavici. Odtud se budou signály odrážet v úhlu  $90^\circ$  směrem k další lavici, atd. Při kolika zrcadlech ještě žáci dokážou signál zachytit?



Žáci brzy zjistí, že je tento úkol s rostoucím počtem zrcadlem stále náročnější. Řekněte jim, že v další hodině jim předvedete způsob, jak světlo posílat pomocí libovolného počtu odrazů.

## Všeobecné základy

### Různé formy komunikace optickými prostředky

Zrak a komunikace optickými prostředky spolu úzce souvisejí. Tento typ komunikace proto není výsadou člověka, ale běžně se vyskytuje u zvířat, která rovněž mají zrak. Typickou formou neverbální komunikace je používání barev. Např. brouk jimi dává najevo, že je jedovatý. U člověka mohou např. černé šaty značit, že nosí smutek. Mezi další projevy patří gesta a výraz tváře.

Lidé vytvořili řadu různých forem optické komunikace na velkou vzdálenost. Byly to např. strážní ohně, kouřové signály, vlajky, heliografy a semaforový telegraf.

V heliografu se k odrazu slunečního světla k pozorovateli na vzdálenost 50 km nebo i větší používá právě zrcadlo. Zastíněním nebo odkloněním zrcadla lze vytvářet světelné záblesky a posílat zprávy, např. pomocí Morseovy abecedy.

Semaforové telegrafy jsou velká, zdálky viditelná zařízení s vlajkami nebo rameny. Význam signálu závisí na poloze vlajek či ramen. Semaforové telegrafní linky jsou řady retranslačních stanic, na kterých se přijímá signál z předchozí stanice a předává dál následující stanici.

Dnešní optické komunikace většinou využívají vedení světla, např. optickým vláknem, které umožňuje přenášet světelné signály na vzdálenosti stovek kilometrů.

## Možné dotazy žáků

### Proč používáme jednotky se světelnou diodou LED, když potřebuje elektřinu?

Použití elektřiny pro návrh způsobu dorozumívání bylo vyloučeno, aby žáci museli najít komunikační řešení založené na optických principech. Při pokusech ve třídě je však mnohem bezpečnější a pohodlnější použít jako zdroj světla jednotky se světelnou diodou LED než např. svíčky.

### Jakou hmotnost má světlo?

Světlo není hmotné, ale chová se, jako kdyby mělo hmotnost. Nejde tedy o jeho přímou vlastnost, ale spíše o důsledek fyzikálních jevů, které popsal Einstein ve své teorii relativity. Velmi hmotná tělesa, jako je Slunce, mohou prostor okolo sebe deformovat, takže dráha světla (které se deformovaným prostorem pohybuje po přímce) se ohýbá. Při zatmění slunce je proto možné vidět hvězdy, které jsou ve skutečnosti skryty za Sluncem.

### Jak je to s pláštěm neviditelnosti?

Než odpovíte na tuto otázku, můžete se žáků zeptat, díky čemu jsou vlastně předměty kolem nás viditelné: světlo ze zdroje, např. Slunce nebo lampy, či světlo odražené od jiného povrchu dopadne na předmět a na něm se odrazí nebo rozptílí. Jestliže část tohoto světla dopadne do našeho oka, pak daný předmět uvidíme. Platí také, že pokud nějaký předmět zakryje zdroj světla, jež bychom jinak viděli, pak přítomnost tohoto předmětu také zjistíme.

Plášť neviditelnosti nosí většinou hrdinové v pohádkách a někdy i v dílech sci-fi. Vědci však už při tvorbě tohoto efektu v laboratoři také pokročili. Při dopadu světla na jejich plášť neviditelnosti se jeho dráha ohne okolo předmětu a za ním pokračuje (téměř) jako by světlo na žádnou překážku nenarazilo. Předmět je však v tomto případě neviditelný pouze pro pozorovatele, jehož zrak je omezen na jedinou konkrétní vlnovou délku (tj. barvu) a s určitou polarizací (pozorovatel tedy musí být tak laskav a při sledování předmětu nenaklánět hlavu).

Zajímavou otázkou (která by také odhalila, jak dobře žáci rozumí zraku) je: „Co by člověk viděl zpod pláště neviditelnosti?“ Jelikož se světlo ohýbá kolem pláště, uvnitř něho by byla úplná tma a nebylo by nic vidět. To je podstatná nevýhoda, která by zřejmě omezovala obchodní úspěch těchto plášťů na trhu.



## Kapitola 2 | Komunikace po optickém vlákně

### Doporučený program hodiny

Studenti se dovědí, jak slouží jev úplného vnitřního odrazu k vedení světla optickým vláknem. V rámci soutěžní hry vytvoří vlastní kód světelného signálu, který použijí k přenosu zpráv po optickém vlákně.

Časy v minutách	Činnost	Materiál
0 – 10	Úplný vnitřní odraz Vedení světla optickým vláknem	Laser Polymerové optické vlákno <i>Souprava pomůcek neobsahuje:</i> sklenici, vodu, mléko
10 – 35	Hra s komunikací po optickém vlákně	Polymerové optické vlákno Jednotky se světelnou diodou LED
35 – 40	Ohlédnutí za vyučovací hodinou	FS01.1

### Popis doporučené vyučovací hodiny

#### Příprava

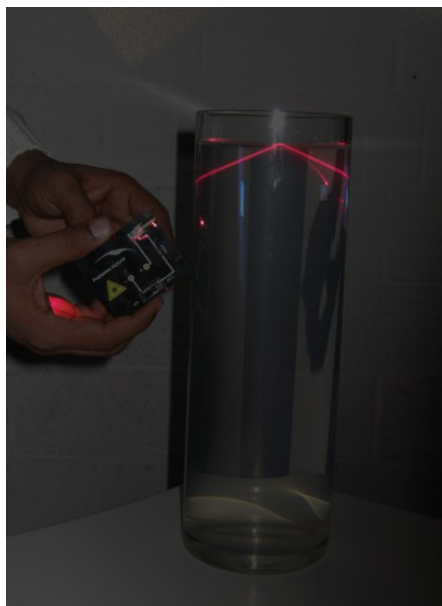
Projděte si text a obrázky v pododdílu “Úplný vnitřní odraz”. Při přípravě těchto pokusů před vyučovací hodinou by bylo vhodné vyzkoušet, kolik mléka je zapotřebí přidat do vody, aby byl paprsek vidět co nejlépe.

Připravte si alespoň dvě běžná slova o deseti písmenech a zapište si je. Inspiraci můžete najít v křížovkářských slovnících nebo na podobně orientovaných webových stránkách.

#### Úplný vnitřní odraz

Připomeňte žákům obtíže, kterým čelili při posílání světelného signálu po lomené dráze. V této vyučovací hodině jim ukážete trik, pomocí kterého budou moci posílat světelný signál na vzdálenost stovek kilometrů.

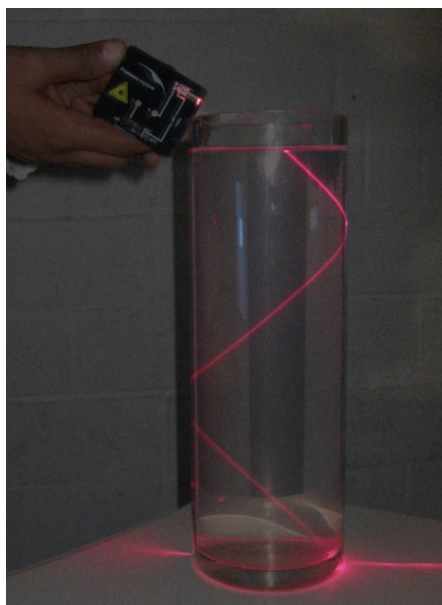
Vezměte si vysokou rovnou sklenici nebo podobnou nádobu a naplňte ji vodou. Do vody přidejte velmi malé množství (přibližně jednu kapku) mléka. Laserovým paprskem pak posvíťte do sklenice podle následujícího obrázku:



Obrázek 3.1 Výklad úplného vnitřního odrazu

Vysvětlete žákům, že vodní hladina je rovněž druh zrcadla, které ovšem funguje pouze tehdy, je-li úhel dopadu světla velký (čím menší je úhel dopadu, tím více světla projde hladinou a ztratí se). Na důkaz, že se tento odraz řídí stejným zákonem jako odraz světla od kovového zrcadla, zvyšte úhel dopadu a ukažte, že je stejný jako úhel odrazu.

Zeptejte se žáků, co se stane, když namíříte paprsek do nádoby podle obrázku 3.2. Pak tento úkaz předved'te:

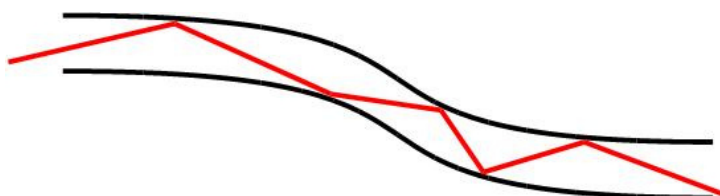


Obrázek 3.2 Několikanásobný vnitřní odraz

Pokud se to podaří, předved'te žákům, že se laserový paprsek uvnitř nádoby odrazí několikrát. Zeptejte se jich, kam by světlo šlo, kdyby byla sklenice velmi vysoká (např. dva metry). Ved'te je k poznatku, že paprsek by sklenici neopustil, dokud by nedorazil na její dno. Pokud si žáci všimnou, že světelný paprsek cestou slábne, pochvalte je za pozorné sledování pokusu a vysvětlete jim, že rozptýl paprsku by šlo zmírnit tím, že by do vody nebylo přidáno mléko. Bez mléka by však byl paprsek hůř viditelný. Aby byl světelný paprsek vidět, jeho část se musí rozptýlit na látkách z kapky mléka, čímž se ale současně oslabuje. Ke ztrátám dochází i při odrazu světla, není-li úhel dopadu dost velký.

Můžete se také žáků zeptat, jak by tento jev šlo použít k posílání světelných signálů, a pak je nechat krátce prodiskutovat případné technické problémy s tím spojené. Ukažte jim polymerové optické vlákno ze soupravy pomůcek. Vysvětlete jim, že vlákno využívá stejného jevu, jaký viděli ve sklenici s vodou. Rozdíl je jen v tom, že optické vlákno je velmi dlouhé, tenké a vyrobené z plastu, a proto je i ohebné. Zeptejte se, jaký výsledek čekají od pokusu, při kterém se vyše jedním koncem vlákna světlo. Pak je nechte tento pokus provést: dvěma žákům sedícím na opačných koncích třídy dejte optické vlákno, přičemž každý z nich bude mít jeden konec. Jednomu z nich dejte navíc jednotku se světelnou diodou LED.

Aby si dokázali snadněji představit, jak toto vlákno vede světlo, můžete jim nakreslit tento jednoduchý obrázek.



Obrázek 3.3 Vedení světla optickým vláknem na základě úplného vnitřního odrazu

### Komunikace pomocí optického vlákna

Až se žáci seznámí s přenosem světla po optickém vláknu, můžete jim předložit jejich poslední úkol v tomto modulu: měli by navrhnout vlastní kód pro posílání zpráv prostřednictvím optického vlákna.

Je vhodné, aby se ve třídě vytvořily dva soupeřící týmy. Jejich úkolem bude co nejrychleji přenést desetipísmenné slovo prostřednictvím vlákna. K tomu účelu si každý z týmů musí navrhnout vlastní kód.

1. Oběma vytvořeným týmům předejte kopii pravidel hry (WS01.2) a vždy dvě jednotky se světelnou diodou LED. Řekněte jim, že na vytvoření kódu a dvou kopií jeho popisu mají pouze 15 minut. Jednu kopii dostane vysílající a druhou přijímající strana.
2. Připravte dva listy papíru, na kterých bude vždy jedno desetipísmenné slovo, které bude použito jako zpráva. Papíry přeložte, aby slovo nebylo vidět.
3. Po 15 minutách vyberte od obou týmů jejich popisy kódů. Žáci se musí dohodnout, jak se jejich tým rozdělí na vysílající a přijímající skupinu.
4. Tým, který začíná, se rozdělí a tyto dvě skupiny se rozsadí co nejdál od sebe - na délku 5metrového vlákna. Druhý tým bude sedět uprostřed mezi vysílající a přijímající skupinou a sledovat, jestli první tým nepodvádí.
5. Popisy kódů, které jste vybrali od prvního týmu, vraťte jeho skupinám.
6. Vysílající skupině předejte jeden papír s desetipísmenným slovem, které představuje předávanou zprávu. Papír však musí zůstat složený až do okamžiku, kdy hru odstartujete.
7. Připravte si stopky a zvedněte svorku na papíry. Počkejte, až bude ve třídě úplné ticho. Pak svorku na papíry pusťte. Pokud bude její dopad na zem jasně slyšet, pouze pak můžete hru odstartovat a začít stopovat čas.
8. Během této části hry musí být naprosté ticho.
9. Přejděte k přijímající skupině a až vám tato předá papír se správně napsaným slovem, zastavte stopky.
10. Bude-li zpráva přijata nesprávně, žákům to řekněte a dejte jim přiměřený čas na opravu.
11. Pak nastoupí druhý tým za stejných podmínek (body č. 4 až 10).

### Ohlédnutí za hodinou a studijní list

Po skončení hry nechte žáky diskutovat o tom, jak jejich kódy fungovaly a jestli byl některý přístup lepší než jiný. Které části kódu byly rozhodovány o výsledku a jaké jiné činitele měly na výsledek vliv? Co by udělali jinak, kdyby hru měli hrát znovu? Líbila se jim tato vyučovací hodina?

Vysvětlete žákům, že postupovali stejně jako techničtí konstruktéři: zákazník – v tomto případě starší obcí – je požádal o návrh řešení nějakého problému (např. o nový výrobek nebo službu). Zákazník určí podmínky a technické specifikace budoucího řešení, tedy např. že systém dorozumívání na dálku musí fungovat i bez elektřiny. Tým technických konstruktérů pak dostane vyhrazenou dobu, během které musí vymyslet řešení, které tyto podmínky splní. Často spolu soupeří různá řešení od různých týmů (např. firem). Aby si je zákazník

vybral, musí dané řešení co nejlépe plnit zákaznickovy potřeby i jeho očekávání v otázkách nákladů, spolehlivosti, nebo trvalé ekologické udržitelnosti.

Vývoj nového technického řešení často vyžaduje, aby si technici „hráli“ (tj. volně experimentovali) s fyzikálními jevy, a pak poznali a pochopili přírodní zákony, kterými se tyto jevy řídí. Pokud se to žákům podařilo a bude to na místě, můžete jim připomenout, jak sami přišli na zákon o odrazu světla. Dobré technické řešení obvykle čerpá z mnoha různých disciplín, tak jako v případě komunikace pomocí optického vlákna: a) fyzika úplného vnitřního odrazu, b) chemie pro výrobu ohebných optických vláken, c) informační technologie pro kódování, vysílání a rozkódování zpráv způsobem, který co nejlépe zužitkuje možnosti technických zařízení.

Než hodinu ukončíte, rozdejte žákům studijní listy a vysvětlete jim, jak technika, kterou právě vyvinuli, tedy telekomunikace na bázi optických vláken, mění náš svět (viz studijní list FS01.1).

## Možné dotazy žáků

### Jak se optická vlákna vyrábějí?

Optická vlákna se často dělají z velmi čistého skla. Dnes se vlákna vyrábějí i z jiných materiálů, např. polymerů nebo speciálních skelných směsí. Základní postup výroby těchto nesmírně tenkých, a proto ohebných, skleněných (či polymerových) vláken se od 18. století, kdy byla skelná vlákna používána pro ozdobu, nezměnil: materiál se ohřeje a nataví pouze na takovou teplotu, aby vznikla a skápla jeho kapka. Tato kapka zůstává spojena se zbytkem materiálu tenkým vláknem. Tahem za toto vlákno lze řídit jeho tloušťku, a dát mu tak konečnou podobu. Tento postup dnes probíhá ve strojích, které tloušťku vlákna průběžně měří a řídí rychlost bubny, na který se vznikající vlákno navíjí. Vlákno se pro ochranu obvykle potahuje plastem.

Postup lze napodobit snadným pokusem, při kterém naberete lžičku medu a necháte z ní skápnout malou kapku. Otáčením nebo zvednutím lžičky pak můžete regulovat tloušťku proudu, čili „vlákna“, medu mezi kapkou a lžičkou.