

Náměty na experimenty s infračerveným zářením

ZDENĚK POLÁK

Jiráskovo gymnázium v Náchodě

Abstrakt

Príspevek je určen pro učitele, kteří hledají náměty pro samostatnou výzkumnou činnost žáků. V příspěvku ukazují, že i s velmi jednoduchými a snadno dostupnými pomůckami lze zkoumat takové vlastnosti věcí, které nemůžeme přímo vnímat svými smysly. Podle uvedeného návodu si mohou žáci vyrobit světelný filtr, který propouští krátkovlnnou část infračerveného spektra elektromagnetického vlnění. Pokud vybaví digitální kameru tímto filtrem, ukáže se jim svět neviditelné složky spektra – infračerveného záření. Mohou sami nalézat odpovědi na otázky typu co je průhledné a neprůhledné, světlé či tmavé, jaké jsou zdroje infračerveného záření a jaké má základní vlastnosti.

Infračervené záření a jeho zdroje

Infračervené záření, dále zkráceně IR záření, má stejnou povahu jako světlo, jen jeho vlnové délky jsou větší. Navazuje na světelné spektrum u vlnové délky okolo 750 nm a v oblasti milimetrových vln přechází v mikrovlnné záření. Nemůžeme jej vidět přímo, ale jen zprostředkovaně. Naše experimenty se budou týkat jen krátkovlnné části spektra IR záření. Zdroje IR záření jsou v podstatě dvou typů. Horká tělesa jako jsou infrazářiče, žárovky nebo i svíčka a pak IR LED diody. U běžného typu žárovky se na světlo přemění jen několik procent příkonu a zbytek se vyzařuje jako IR záření. Protože nám nejde o světlo, použijeme tzv. infražárovku. Ta má podstatně nižší teplotu vláken, než je u běžných žárovek obvyklé. Většinou bývá ještě opatřena červeným sklem. Svítí málo, ale o to více hřeje. Prakticky veškerou energii vyzařuje v infračerveném oboru spektra elektromagnetického záření. Jde tak o širokospektrální zdroj IR záření. V případě, že nám nebude vyhovovat žárovka, můžeme využít IR LED vyzařující v úzkém pásmu vlnových délek.

Kromě zdroje potřebujeme také detektor. Tady zase máme v podstatě dvě možnosti. Buď použít IR LED nebo digitální kameru.

LED dioda jako zdroj i detektor IR záření

Vyrobíme si univerzální zdroj-detektor IR záření. LED diodu vyzařující v infračerveném oboru spektra spojíme do série s rezistorem asi 250 Ω , zakončíme vodiči s banánky a diodu s rezistorem vložíme do kovové trubičky. Pokud ji připojíme ke zdroji napětí, třeba k ploché baterii, bude zdrojem záření, pokud ji připojíme k voltmetru, bude detektorem. Využijeme vlastnosti, že dioda bude fungovat jako hradlový článek citlivý na záření, které jinak sama vysílá. Trubičku s diodou zaměřujeme na různé zdroje a zjišťujeme, jak velké napětí dioda vygeneruje. Tak lze odhadem porovnat intenzitu různých zdrojů IR záření.

Digitální kamera jako detektor IR záření

Jako detektor je vhodná digitální kamera s předřazeným světelným filtrem. Všechny kamery a fotoaparáty mají infračervený filtr, který omezuje jejich citlivost na tento druh záření. U levných typů však bývá poměrně nekvalitní, což je pro nás výhodné a zbytkovou citlivost digitální kamery na IR záření využijeme. Lze samozřejmě také využít kameru s tzv. nočním viděním, ale to není věc běžně dostupná za pár korun. Kameru musíme vybavit světelným filtrem, který pohltí prakticky veškeré světlo a propustí do objektivu jen sledovanou složku záření.

Světelný filtr

Vynecháme možnost zakoupení drahého profesionálního filtru a vyrobíme si jej sami. Možností je několik. Nejdostupnější jsou asi tyto:

1) Na světlo exponovaný a pak vyvolaný barevný film. Jde o poměrně tmavý filtr, který absorbuje také část krátkovlnného IR záření. Hlavní nevýhodou je jeho malá plocha.

2) Zkřížené polarizační filtry. Z LCD zobrazovačů lze získat poměrně velké a docela kvalitní polarizační filtry. Propouštějí lineárně polarizované světlo. Přiložíme je na sebe tak, aby roviny polarizace propouštěného světla byly vzájemně kolmé, tedy aby procházelo minimum světla. Protože tyto běžné polarizátory IR záření nepolarizují, to bude procházet s minimální absorpcí. Bohužel obvykle se nepodaří jednou dvojicí zcela odfiltrovat všechno světlo.

3) Využití absorpčních vlastností některých černých inkoustů, kterými se plní fixy.

Jak lze postupovat při výrobě světelného filtru z lihového fixu? Budeme potřebovat dřevěnou destičku, lepicí hmotu, vyčištěné sklo, černý lihový fix CENTROFIX 2846 Permanent, nůž, dvě pinzety, lih a kapátko, případně injekční stříkačku. Na destičku přilepíme 3 – 4 kousky plastické lepicí hmoty a na ně přichytíme vyčištěné sklo. To zajistí, aby sklo bylo kousek nad plochou prkénka a přesto s ním pevně spojeno. Lepicí hmotu lze koupit v prodejně s kancelářskými potřebami pod obchodním názvem např. Tack-it, Tack-all, Gumfix apod. Velikost skla řídíme podle použití filtru. Lze použít nařezanou podložní skličku do mikroskopu, skla na diapositivy nebo i větší plochy. Z fixu ostrým nožem odřízneme jeden konec a pinzetou opatrně vyjmeme inkoustem nasáklý zásobník. Je tvořen pružnou polyetylenovou trubičkou vyplněnou měkkou plstí. V ní je inkoust vsáklý. Další činnost je dobré provádět v ochranných rukavicích a v oblečení, na kterém nám příliš nezáleží. Jednou pinzetou držíme zásobník ve svislé poloze a shora do něj nakapeme několik kapek lihu. Je – li fix již trochu vyschlý, tak více. Kapeme tak dlouho, než se pod dolní částí zásobníku začne tvořit kapka. Pak jednou pinzetou pevně sevřeme v horní části plastový zásobník a druhou pinzetou jej vyždímáme přejížděním mírně stisknutou pinzetou směrem dolů, abychom z něj vymáčkli požadované množství zředěného inkoustu. Jako když mačkáte téměř prázdnou tubu se zubní pastou. Z jednoho fixu lze takto získat inkoust asi na 1 až 1,5 dm² povrchu filtru. Nakapaný inkoust nakláněním rozlijeme po celém povrchu. Je třeba odhadnout, kolik kapek je potřeba na zvolenou plochu. Při troše opatrnosti se přes hrany skla nepřejíže a zůstane jen na jedné straně. Vrstvičku ne-

cháme vyschnout, až se vytvoří poměrně pevný film. To že je dostatečně tmavý, ověříme pohledem na vlákno běžné 60 W žárovky přes vyrobený filtr. Uvidíme jej slabě prosvítat temně červenou barvou. Pokud chceme mít filtr odolný proti poškrábání, tak zaschlou vrstvičku inkoustu přelepíme průhlednou lepicí páskou. Mírně se tím sice zhorší optické vlastnosti, ale výrazně vzroste mechanická odolnost. Lze také dva stejné filtry po dokonalém vyschnutí přitisknout nanesenými vrstvami k sobě a tak je chránit. Vyrobený filtr je světelný, protože absorbuje prakticky všechno světlo. Na pohled je černý, proto také černý filtr. Pokud vyrábíme filtry o malé ploše, vyrobíme jich najednou několik, aby se bezzbytku využila vyjmutá náplň z fixu. Filtrem překryjeme objektiv digitální kamery resp. webkamery nebo digitálního fotoaparátu. Světlo je filtrem pohlčeno a IR záření projde. Předměty kamerou pozorujeme v nepravých odstínech šedi podle odrazivosti jednotlivých materiálů pro IR záření.

Experimenty s IR zářením

1) Existence neviditelného záření

Pro další pokus potřebujeme diaprojektor bez plastových částí, které by se mohly teplem poškodit. Vyjmeme z něj tepelný filtr. To je zelenkavě zbarvená skleněná deska mezi čočkami kondenzoru. Místo diapozitivu vložíme šterbinu, před diaprojektor umístíme hranol a vytvoříme spektrum světla na stínítku. IR LED diodu připojíme k digitálnímu voltmetru a namíříme ve směru přicházejícího světla. Leží-li dioda za červenou barvou spektra, kam zdánlivě žádné záření nedopadá, voltmetr ukáže napětí.

Diodu namíříme na různé zdroje světla. Žárovka, zářivka, bílá LED dioda, svíčka. Ukáže se, že žárovka a svíčka jsou intenzivním zdrojem IR záření, zatímco zářivka a LED dioda vyzařují převážně světlo. Jestliže mezi zdroj světla a diodu dááme různé látky, můžeme z poklesu napětí posoudit, jak velkou část IR záření propustí.

2) Průhledné a neprůhledné

Připravíme kameru s černým filtrem a rozsvítíme lampu. Obraz pozorujeme na obrazovce monitoru. Před kameru položíme dobře sledovatelný předmět a osvětlíme jej. Pak ho přikrýváme různými materiály a ptáme se, zda je přímo viditelný okem (ve viditelném oboru) nebo zda je vidět po zobrazení kamerou (v infračerveném oboru).

Můžeme tak všechny zkoumané materiály kvalitativně rozdělit do tabulky:

Několik příkladů různých vlastností vodných roztoků		
	IR prochází	IR neprochází
světlo prochází	čistá voda	roztok modré skalice
světlo neprochází	inkoust nebo hypermangan ve vodě	černá tuš ve vodě

Můžeme samozřejmě nechat zkoumání různých látek na samostatnou práci dětí.

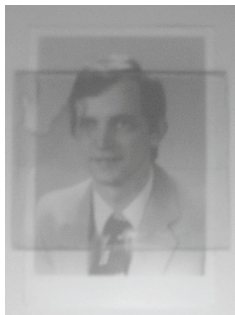
Lze zkoumat cokoli a najdete zajímavé jevy. Několik prvních námětů na zkoumání:

- nápisy na různých výrobcích, bankovky
- minerály, průhledné barevné krystaly, keramické povrchy, různobarevná skla, plasty

- různobarevné kapaliny a roztoky
- různé typy filtrů (tepelné, interferenční, barevné, ...)

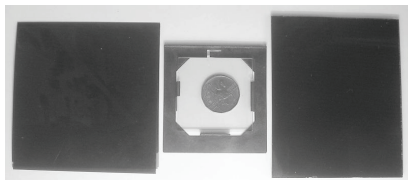
3) Vidíme pod povrch

Jde o variantu předchozího pokusu. Ukážeme, že skleněná deska s černým filtrem je pro světlo neprůhledná. Pokud nakreslíme měkkou tužkou něco na bílý papír a překryjeme černým filtrem, není kresba vidět. Podíváme-li se však na kameru, kresba vidět je. Efektivní je klasická černobílá fotografie. Překryjeme ji černým filtrem tak, že na světle není vidět (obr. 1). Černý filtr je pro IR záření propustný a fotografii na kameře uvidíme (obr. 2). Pokud je neprůhledný povrch věcí z materiálu propustného pro IR záření, můžeme se pod něj podívat.

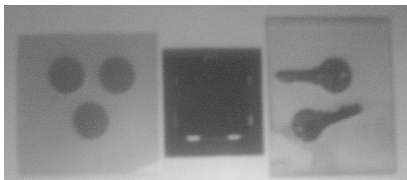


Obr. 1 (vlevo) je černobílá fotografie překrytá černým filtrem ve viditelném světle a na obr. 2 (vpravo) tatáž fotografie v infračerveném oboru záření. Černý filtr se jeví jen jako mírně šedý.

Na následujících obrázcích 3 a 4 jsou zleva doprava: tři mince zakryté trojicí na sobě položených barevných filtrů modrým, červeným a zeleným, pak jedna mince pod tepelným filtrem z diaprojektoru a nakonec dva klíče pod černým filtrem z lihového fixu.



Obr. 3. Fotografie ve světle



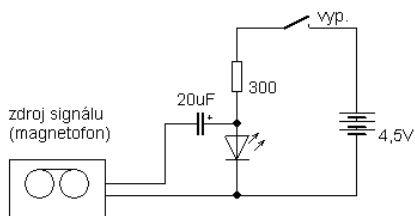
Obr. 4. Fotografie v IR záření

4) Přenos signálů IR zářením

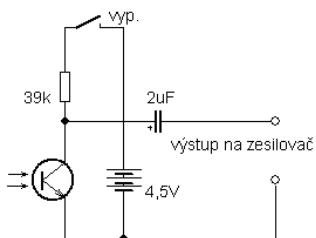
Nejprve je třeba vytvořit přenosovou soustavu. Zdrojem signálu může být cokoli, co má sluchátkový výstup, např. přehrávač. Vysílač tvoří IR LED připojená přes rezistor

asi $300\ \Omega$ k ploché baterii. Signál z přehrávače přivedeme přes kondenzátor o kapacitě asi $20\ \mu\text{F}$. Viz obr. 5,7.

Signál z přehrávače moduluje proud procházející diodou a tím i intenzitu IR signálu. Jako přijímač bude sloužit IR fototranzistor ve vhodné trubičce, připojený na vstup zesilovače. Můžeme použít i zvukovou kartu v PC. Ta má výhodu, že na mikrofonní vstup je již přivedeno napětí a stačí fototranzistor připojit přímo místo mikrofonu. Více v [3]. V případě běžného zesilovače je nutno zajistit napájení fototranzistoru. Viz obr. 6.



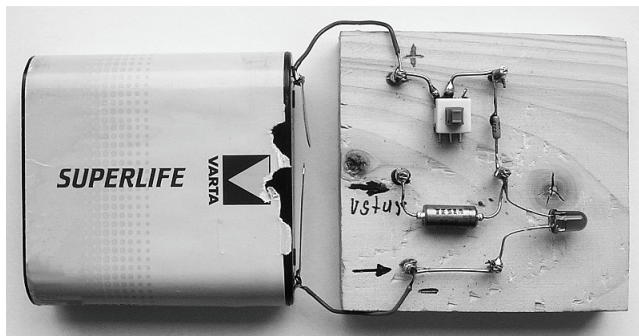
Obr. 5. Schéma zapojení vysílače s IR LED diodou



Obr. 6. Schéma zapojení detektoru přijímače IR záření

Pomocí soupravy vysílače-přijímače můžeme provést řadu jednoduchých pokusů.

Například zkoumat, které látky propouští IR záření a které ne, nebo jak které materiály záření odrážejí.



Obr. 7. Praktické provedení IR vysílače prkénkovou metodou pájení na hřebíčky

Literatura

- [1] Strumienský J.: Experimenty s infračerveným a ultrafialovým zářením, Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě MU, Brno 2009.
- [2] Hadrava J., Tvrdík J., Horodyská P.: Infračervená fotografie, projekt na Soustředění mladých fyziků a matematiků, Plasnice, srpen 2008.
- [3] Dvořák L.: Pokusy se zvukovou kartou. Dílny Heuréky 2005, s. 39-48.