Moderní technika ve vaší ruce

JITKA BROCKMEYEROVÁ - ZDENĚK DROZD
Matematicko–fyzikální fakulta UK, Praha

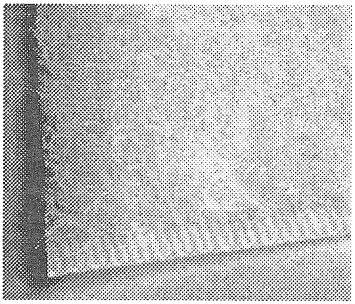
Díky mimořádnému rozvoji současné techniky (High Tech) zaujímá v životě dospělých i dětí samozřejmé místo stále více nových technických přístrojů a materiálů. V každé domácnosti jsou např. kompaktní disky (CD), ovladače televizorů nebo elektronické váhy. Bylo by vhodné, aby tyto a řada dalších přístrojů zaujaly místo také ve výuce fyziky. Mohly by doplnit školní pokusy prováděné speciálními pomůckami a přístroji které jsou bez výrazného vztahu k životu dětí.

Přinášíme několik možností školního využití technicky náročných přístrojů, které jsou však snadno dostupné a mládeži známé. Přitom nám nejde o úplný výklad těchto technických zařízení nebo o výuku techniky. Soustřeďujeme se vždy pouze na několik základních otázek a na využívání fyzikálních jevů a zákonů při odpovědích na tyto otázky. K příslušným pokusům lze použít buď přímo lehce ovladatelné moderní přístroje, nebo je lze snadno sestavit z běžných pomůcek. Některé pokusy mohou provádět žáci sami, ať už ve škole ve skupinách nebo doma. U pokusů jsme označili, od kterého stupně školy je lze provádět: základní škola (ZŠ), střední škola (SŠ).

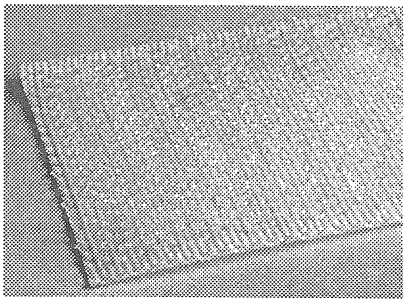
Podle zkušeností ze školy lze zařazením moderní techniky zvýšit zájem mládeže o fyziku, o pochopení významu fyziky pro život a práci v současném světě i jejich porozumění pro technické životní prostředí, případně předejít možnému strachu a negativním reakcím. Kromě toho skýtá využití moderní techniky ve výuce možnost používání vědomostí z různých oblastí fyziky, někdy i z různých předmětů výuky a často i úvahy o určitých životních situacích.

1. Lopuchová spona (suchý zip)
Mechanika: síly, tahová síla (ZŠ)
Potřeby
pevné tenké vlákno asi 40 cm dlouhé, např. rybářský vlasec, dvě hliníkové desky, asi 25 cm x 3 cm a 10 cm x 3 cm, menší deska má přesně uprostřed otvor o průměru asi dvojnásobném, než je průměr vlákna, oboustranná lepicí páska nebo vhodné lepidlo, podstavce, obě části lopuchové spony (v Čechách nazývána suchý zip), tlumící podložka pod dopadající závaží, vodováha

Jak pracuje lopuchový závěr, např. spona na botě nebo na bundě? Proč drží obě její části pohromadě? Podnětem pro výrobu takové spony byly plody některých rostlin, např. lopuchu, které se úporně drží třeba srsti zvířat. Části lopuchové spony, které se k sobě přikládají, mají různé vlastnosti. Jedna část závěru je měkká a poměrně jemná, někdy se také nazývá velurová. Vypadá trochu jako kůže pudla. Druhá část spony je drsná a je opatřena úponky, které se při sevření zachytí ve velurové části. Úponky mohou být dvojího druhu, buď jsou to malé háčky, často obrácené proti sobě, nebo kuličky, podobné malým houbám s kloboučky (obr.1, obr.2).



Obr. 1

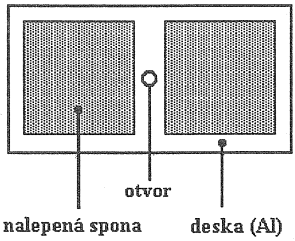


Obr. 2

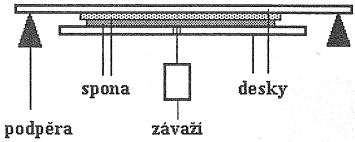
Jak lze změřit pevnost lopuchové spony? Připravte jednoduchý pokus s navrženými pomůckami. Na menší hliníkovou desku přilepte podle obr. 3 pevně dva kusy drsné části spony povrchem ven. Doprostřed větší desky přilepte symetricky o něco větší kusy látky s velurovým potahem. Otvorem v menší desce protáhněte oba konce vlákna tak, aby smyčka zůstala viset dolů. Volné konce vlákna posuňte kolem protilehlých stran desky a pod ní je pevně svažte. Potom stlačte obě desky s částmi spony k sobě, konce větší desky položte na dva stejně vysoké podstavce a na smyčku vlákna zavěste závaží (obr. 4). Přezkoušejte také, zda je horní deska vodorovná. Pak můžete spodní desku zatěžovat stále těžšími závažími, až dojde k jejímu odtržení. K tomu bude potřeba poměrně velké tahové síly, protože úponků v drsné části je na celé ploše velice mnoho.

Pokud budete zkoumat i vztah mezi velikostí plochy spony a hmotností závaží, při které dojde k odtržení, zjistíte, že závislost je lineární. V průměru může být 1 cm^2 plochy spony zatížen hmotností asi 125 g. Maximální zatížení běžně užívaných spon je však menší, protože většinou nejsou umístěny ve

vodorovné poloze. Pevnost lopuchové spony může být snížena plamenem svíčky nebo nečistotou ve velurové části, např. vatou, což můžete přezkoušet. Žáky je také možno motivovat otázkou: „Lze pomocí lopuchového zařízení jít po stropě hlavou dolů?"



Obr. 3



Obr. 4

2. Dálkový ovládač televizního přijímače

Elektřina, optika – infračervené záření (ZŠ, SŠ)

Potřeby

dálkový ovladač TV pracující v infračervené oblasti, odpovídající televizní přijímač, desky z různých materiálů (sklo, papír, látka, dřevo, kovy, umělé hmoty atd.),

Případně

přijímací dioda nebo fototranzistor, osciloskop, rezistor 4,7 kΩ, různé interferenční filtry, baterie 4,5 V

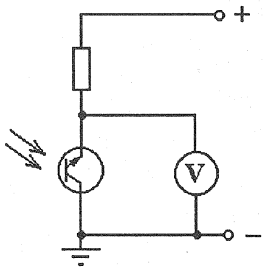
Jak dokáže ovladač zapojit na dálku chod televizoru? – Při stisknutí některého jeho tlačítka začne ovladač vysílat infračervené záření. Přesněji řečeno, začne pracovat jeho vysílací dioda, na niž jste stisknutím tlačítka zapojili jeden z možných elektrických oscilačních obvodů. Infračervené záření musí dopadnout na přijímací diodu, umístěnou v televizním přijímači, která v něm zapne okruh s určitou televizní stanicí, případně televizor vypne. Protože dálkovým ovládačem TV máme v ruce zdroj infračerveného záření, můžeme zkoumat jeho vlastnosti, např. odraz, absorpci, případně i vlnovou délku a intenzitu. Infračervené záření je elektromagnetické vlnění, které navazuje vlnovou délkou na viditelné světlo a je s ním zařazováno do oblasti optického záření.

Může dojít k odrazu infračerveného záření? – Nejprve zamíříte ovládačem přímo k televizoru a uvedete jej do chodu. Potom se pokuste televizor zapojit tak, že ovladačem zamíříte pod různými úhly na okolní stěny. Zapne se televizor? Došlo tedy k odrazu? K odrazu dojde pouze při některých úhlech, které můžete vymezit.

Dochází k absorpci (pohlcování) infračerveného záření některými látkami? – Mezi přijímač a vysílač dávejte desky z různých materiálů, např. normální okenní sklo (o tloušťce 3 mm), list papíru, vlněnou látku, kovovou desku, dřevěnou desku a další. Při práci, zvláště s kovem musíte zajistit, aby nedošlo k působení vícekrát odraženého paprsku. Proto je dobře, přidržovat desky těsně před ovládacím panelem přijímače. Při kvalitativním zkoušení zjistíte, že infračervené záření je propuštěno sklem, papírem a vlněnou látkou a že neprojde kovem, dřevem a umělými hmotami. Pokud budete ozařovat samostatnou přijímací diodu připojenou k osciloskopu, můžete zjistit, že sklo propouští asi 80% záření, list papíru asi 8 % a vlněná látka asi 6 %. Kov a dřevo nevykáží žádnou propustnost, přičemž kov záření odráží a dřevo, papír i další látky je zcela nebo částečně pohlcují.

Můžete určit vlnovou délku vysílaného záření? – Pomocí interferenčních filtrů známé vlnové délky, vkládaných mezi vysílač a přijímací diodu, lze stanovit vlnový rozsah, při němž vysílací dioda pracuje. Srovnávat lze s jejím signálem bez filtru (100 %). Maximum intenzity záření leží mezi 920 nm a 1000 nm. V zapojení podle obr. 5 lze měřit závislost intenzity záření (napětí měřené osciloskopem) na vzdálenosti ovládače od přijímače. Intenzita je přibližně nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti.

Pokusy mohou provádět i sami žáci, některé z nich jako domácí cvičení.



Obr. 5

3. Úsporná zářivka

Elektřina, optika, účinnost: světlo, osvětlení (ZŠ, SŠ)

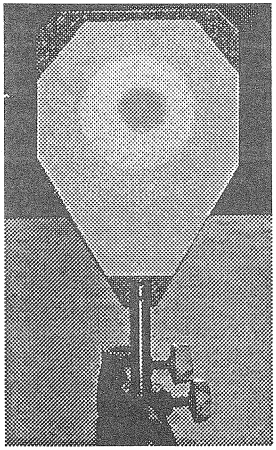
Potřeby

kompaktní zářivka, dva podstavce s objímkou a s kabelem, zdroj napětí pro lampy, alespoň 3 běžné žárovky různého příkonu, jedna má odpovídat údaji o úsporné žárovce, fotometr s tukovou skvrnou, zhotovený alespoň 1 – 2 hodiny před pokusem

Pozor! Při výměně žárovek je vhodné používat rukavice.

Jak pracuje běžná žárovka a jak úsporná zářivka? V žárovce protéká elektrický proud kovovým vláknem, které po zahřátí svítí a také vydává teplo. Většina dodávané energie se přemění na teplo, odváděné do prostoru. Zářivka je nízkotlaká výbojka, plněná rtuťovými parami a argonem, v níž probíhá doutnavý výboj. Tím vzniká ultrafialové záření, které se proměňuje na viditelné světlo při průchodu látkami, nanesenými na vnitřní straně trubice. Kompaktní se tato zářivka nazývá proto, že je v ní (na rozdíl od běžných zářivkových trubic) celý děj soustředěn na velice malý prostor. Její účinnost (podíl výkonu a příkonu) je podle údajů výrobců, výrazně větší než účinnost běžné žárovky.

Můžete nějak přezkoušet údaje výrobce, který např. tvrdí, že osvětlení jeho úspornou zářivkou o příkonu 15 W je stejné jako osvětlení běžnou žárovkou o příkonu 75 W? – Přezkoušení můžete provést jednoduchým pokusem. Do jednoho stojanu s kabelem zašroubujte úspornou zářivku a do druhého jednu ze žárovek tak, aby obě byly stejně vysoko nad stolem. Umístíte je pak do vzdálenosti 1 m a na stůl mezi ně dáte měřítko s nulou u zářivky. Mezi obě lampy dáte do stejné výšky fotometr a budete s ním pomalu pohybovat podél měřítka. Můžete jej držet v ruce, nebo jej umístit do dalšího stojanu, nebo použít optické lavice. V místnosti spusťte zatemnění.



Obr. 6

Při pohybu tukového fotometru mezi lampami se bude jeho tuková skvrna jevit tmavší nebo světlejší než papír kolem ní (obr. 6). Mezi těmito polohami najdete oblast dvou až tří centimetrů, kde skvrna zmizí., to znamená, že osvětlení z obou stran fotometru je stejné. Najděte přibližný střed této oblasti a změřte jeho vzdálenost od úsporné lampy. Pak vyměňte opatrně (horkou) žárovku za žárovku s jiným příkonem, pokus opakujte a výsledky zaneste do tabulky.

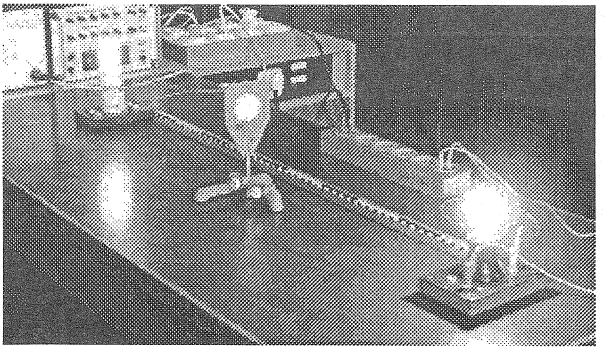
Tabulka 1 Výsledky experimentu se zářivkou OSRAM DULUX® EL (15 W –odpovídající žárovce 75 W). Žárovky Osram – provedení matt.

Příkon žárovky (W)	Vzdálenost fotometru od zářivky (cm)
100	48
75	51
60	57
40	63
25	72

Z tabulky je vidět, že při žárovkách o větším příkonu došlo k vyrovnání osvětlení blíže k úsporné zářivce a při žárovkách malého příkonu ve větší vzdálenosti od ní. Pouze u žárovky 75 W byla vzdálenost obou lamp přibližně stejná, intenzita osvětlení od obou lamp je stejná. Tím se údaje výrobce potvrdily.

Světelná účinnost běžné žárovky je asi 6 %. Když úsporná zářivka o příkonu 15 W odpovídá běžné žárovce s příkonem 75 W, je její účinnost asi 30 %. Úspornost kompaktní zářivky je zvýšena také tím, že její životnost je asi dvanáctkrát větší než životnost žárovky, tj. 12 000 hodin v provozu. Z příkonu obou lamp můžeme vypočítat i jejich provozní cenu a porovnat ji s cenou nákupní. Nákupní cena úsporných zářivek se ovšem bude s jejich rozšířením snižovat.

Pokus mohou provádět i žáci ve skupinách.



Obr. 7

4. Kompaktní disk (CD)
Optika: reflexní optická mřížka, interference (SŠ)

Potřeby
CD, žárovka 40 W, pravítko, stínítko s otvorem o průměru asi 1 cm, podstavce měřítko, různé druhy svítidel, podstavce s objímkami, případně laserové ukazovátko

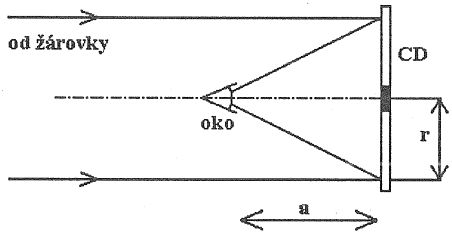
Pozor! Pokusy s laserem nejsou vhodné pro samostatnou činnost žáků. Při pozorování svítidel s velkým podílem ultrafialového záření je třeba použít filtru, nebo mít dostatečně velký odstup od lampy.

Jistě jste už někdy pozorovali světelné efekty na kompaktní desce (CD), na níž máte nahrána některá hudební díla, lidský hlas nebo počítačový program. Proč na CD dochází k odrazu a ohybu světla, jak vypadá povrch CD? – Informace je na povrchu CD uložena digitálně ve formě malých mikroskopických prohlubní v podobě téměř rovných zářezů (pits). Ty jsou např. 0,12 μm hluboké, 0,6 μm široké a různě dlouhé. Jejich délka je však vždy celočíselným násobkem hodnoty 0,3 μm a leží mezi 0,9 μm až 3,3 μm. Zářezy jsou na CD naneseny na soustředné spirále a délky mezer mezi nimi jsou také násobky 0,3 μm v intervalu 0,9 μm až 3,3 μm. Na zářezech v CD dochází k odrazu a rozkladu světla, které pak vytváří výrazný interferenční vzor.

CD tedy funguje jako optická mřížka. Můžete nějak změřit její mřížkovou konstantu, tj. vzdálenost dvou sousedních oblouků na desce, tzv. radiální vzdálenost dvou zářezů? Posaďte se zády před rozsvícenou žárovku, která je umístěna ve výši vašeho oka, do vzdálenosti asi 2 m. CD přidržte před svým okem tak, aby obraz žárovky zapadl do otvoru ve středu CD. Budete-li mít CD od oka ve vzdálenosti asi 10 cm, uvidíte na desce soustředné barevné kruhy ohybového spektra. Pak pomalu vzdalujte CD od sebe, až na okraji desky zbude pouze fialová část spektra. V té situaci by měl někdo jiný změřit vzdálenost a vašeho oka od CD a pak také vzdálenost r fialové kružnice o středu CD. Protože znáte i vlnovou délku fialového světla α, můžete mřížkovou konstantu vypočítat ze vztahu

$$d = \alpha\sqrt{1+\frac{a^2}{r^2}}\,.$$

Při $\alpha = 450$ nm, $a = 17$ cm a $r = 5{,}5$ cm, je $d = 1{,}5$ μm.



Obr. 8

Pro přesnější provedení tohoto pokusu s demonstrací je možno jako zdroj světla použít laser a lidské oko nahradit stínítkem s otvorem. Paprsek laseru, který otvorem prochází, musí dopadat pokud možno kolmo na tu část CD, na níž jsou zakódovány informace. Na stínítku se objeví interferenční obrazce 1. a 2. řádu. Na stínítko je také možné připevnit milimetrový papír s odpovídajícím otvorem a zakreslit maxima odraženého světla. Při hodnotách $\alpha = 632{,}8$ nm, $a = 20$ cm a $r = 8{,}8$ cm je radiální odstup dvou stop na CD $d = 1{,}57$ μm. Pokus ukazuje, že i neúplné stopy na spirále desky mohou způsobit interferenci, pokud je jejich radiální odstup konstantní.

CD můžete použít také jako spektrometr, např. k srovnávání různých svítidel. Na experimentální stůl postavte do řady svítidla různého druhu v objímkách a podstavcích, asi 10 cm od sebe. Žáci a žákyně, každý v ruce jednu kompaktní desku, se rozestaví ve vzdálenosti asi 1 m tak, aby měli přímý pohled na svítidla a současně stáli zády k oknu, které pak není nutno zatemnit. CD drží nejdříve ve vodorovné poloze, její funkční stranou nahoru. CD pak pomalu sklánějí směrem k lampám, až se na ní objeví spektra. Při postupném zhasínání nebo zaclánění lamp mohou světla svítidlům jednoznačně přiřadit a srovnávat je se světlem běžné žárovky. Např. na spektru úsporné kompaktní zářivky pozorují, že některé části spektra jsou výrazně světlejší a jiné tmavší než u žárovky. Ve spektru vysokotlaké rtuťové výbojky jsou na CD vidět pouze barvy oranžová, zelená a modrá. Ze spektra pak mohou žáci usuzovat na vznik světla a použití svítidel.

5. Fototropní brýle

Atomistika: absorpce (SŠ)

Potřeby

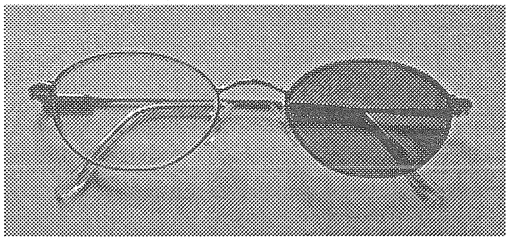
brýle s fototropními skly, různá svítidla, např. infračervené, ultrafialové, silná výbojka apod.

Jak pracují brýle s fototropními skly? – Vystavte je přímému slunečnímu záření tak, že jedno sklo přikryjete. Po krátké době vstupte do neozářené místnosti, odkryjte i druhé sklo a chvíli brýle pozorujte. Co vidíte? – Sklo ozářené na slunci výrazně ztmavlo, přikryté sklo zůstalo průhledné. Ve stínu se pak pomalu vyjasní i tmavé sklo. Za jakou dobu ozářené sklo ztmavlo a za jakou se opět vrátilo do původní, lehce zahnědlé barvy nebo zůstalo zcela průhledné?

Vratná reakce látky, kterou jste pozorovali, se nazývá fototropnost, a skla, v nichž k tomuto jevu dojde, skla fototropní. V anglické literatuře se někdy jmenují skla fotochromní. Fototropní skla jsou vyrobena ze skleněné směsi, z oxidu bóru, obohaceného asi 1 % stříbra, chrómu a bromu s nepatrným množstvím mědi. Stříbro a měď jsou přimíšeny ve formě dusičnanů nebo chloridů. Při výrobě se směs zahřeje na 1200°C a vznikne z ní tavenina podobná sirupu. Ochlazováním směsi se mimo jiné vytvářejí samostatné halogenové krystaly stříbra s malým množstvím mědi. Ty mají průměr asi 10 nm, a jsou tedy tak malé, že nemohou viditelné světlo ovlivňovat nebo absorbovat. Sklo zůstává téměř transparentní a bez barvy. Pokud je však ve světle výrazná složka ultrafialového záření, je tímto sklem absorbováno. Stříbro přitom přijímá od mědi elektrony a vytváří velice malá kovová zrnka, která dopadající záření pohlcují a sklo tmavne. Přestane-li ultrafialové světlo působit, dojde ke zpětnému pochodu, elektrony se vracejí od stříbra k iontům mědi a kovová zrníčka stříbra se rozpadají. Sklo bude opět průhledné.

Závislost absorpce světla fototropními skly na čase můžete měřit např. expozimetrem nebo fotodiodou zapojenou na ampérmetr.

Pokus lze provádět venku při slunečním osvětlení a opakovat jej v mlze nebo pod mrakem. I ve školní třídě můžete použít různá osvětlení. Při osvícení běžnou žárovkou, která má malý podíl ultrafialového záření, ke ztmavnutí brýlí nedojde. Ve světle žárovky je naopak velký podíl záření infračerveného, které fototropní sklo spíše zesvětluje. Značný podíl ultrafialového záření má např. vysokotlaká rtuťová výbojka, která dokáže ztmavit brýle i v místnosti, pokud je před ní podržíte. Změnu barvy brýlí můžete pozorovat také na stínítku, postaveném asi 50 cm od fototropního skla. Intenzitu záření lze měnit vzdáleností skla od výbojky. Pro kvantitativní měření je možné postavit za sklo nějaký fotometr a odečítat jeho výchylku asi po deseti sekundách.



Obr. 9

Při ozařování skel dalšími zářiči zjistíte pokaždé, že zabarvení fototropních skel záleží na podílu ultrafialového záření ve světle příslušných zdrojů. Při pokusech upozorněte žáky, že pozorují přímé důsledky změn v atomové struktuře.

Literatura

[1] *Brockmeyer, H.*: Physikalische Eigenschaften phototroper Gläser. Praxis der Naturwissenschaften – Physik, 1981, č. 7, str. 203.

[2] *Noeldeke, Ch.*: Beugung an einer Compact - Disc. Der mathematisch - naturwissenschaftliche Unterricht 1988, č. 8, str. 502.

[3] *Eckert, B., Stetzenbach, H., Jodl, J.*: Low Cost – High Tech., Aulis Verlag deubner, Köln 2000.