

Superjasné LED

JOSEF HUBEŇÁK

Univerzita Hradec Králové

V osmdesátých letech minulého století se v katalogu TESLA objevily první světelné diody československé výroby. První v řadě byla LQ 100, zářící červeným světlem. V katalogu najdeme údaje:

svítivost $0,8 \geq 0,2$ mcd

proud 20 mA

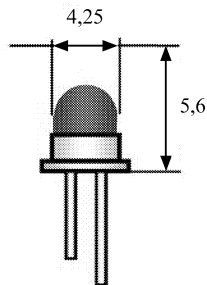
napětí $1,65 \leq 2$ V

vlnová délka $\lambda_{\max}$ 660 nm

Jen pamětníci si ještě vzpomenu na rubínově zbarvenou diodu se zlatavým kovovým pouzdem:

Přechod PN schopný emitovat fotony byl vytvořen v GaAs. Ačkoliv dioda svítí červeně, zdaleka nejde o monochromatické světlo. Pološířka spektrální charakteristiky byla 150 až 300 nm [1].

Galium fosfidové diody bez příměsí září zeleně s maximem na vlnové délce 565 nm a žlutého světla lze dosáhnout příměsí teluru, zinku a kyslíku. Modře svítící diody měly PN přechod vytvořen v karbidu křemíku a příměsí dusíku, hliníku a bóru posouvaly dominantní vlnovou délku od 458 nm do 620 nm [1]. Děj, při kterém vznikají fotony, je přechod elektronu z polovodiče N do P a zachycení děrou. Přebytek energie elektron odevzdá mřížce a vzniká teplo; pouze 1 až 10 elektronů ze sta vytvoří při tomto ději foton.



Obr. 1 LED TESLA LQ100

Více než třicet let vývoje elektroluminiscenčních diod LED podstatně změnilo parametry a dnes při stejném příkonu mají svítivosti hodnoty o čtyři řády vyšší. Několik příkladů z nabídky dodavatele OSHINO Lamps:

typ SUR 50010, InGaAlP

červená – $\lambda_{\max} = 641 \text{ nm}$, proud $I = 20 \text{ mA}$, napětí $U = 1,9 \text{ V}$, svítivost $7\,400 \text{ mcd}$

typ SUY 50010, InGaAlP

žlutá – $\lambda_{\max} = 590 \text{ nm}$, proud $I = 20 \text{ mA}$, napětí $U = 2,0 \text{ V}$, svítivost $6\,200 \text{ mcd}$

typ SPG 50020, GaN

zelená – $\lambda_{\max} = 523 \text{ nm}$, proud $I = 20 \text{ mA}$, napětí $U = 3,5 \text{ V}$, svítivost $7\,000 \text{ mcd}$

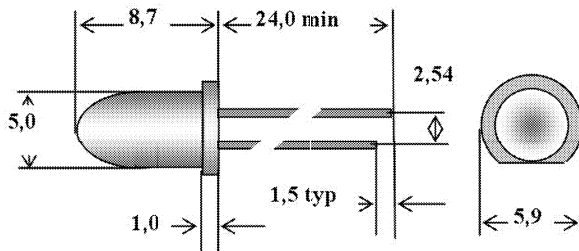
typ SUB 50010, GaN

modrá – $\lambda_{\max} = 470 \text{ nm}$, proud $I = 20 \text{ mA}$, napětí $U = 3,5 \text{ V}$, svítivost $2\,500 \text{ mcd}$

typ SUW 50010, GaN

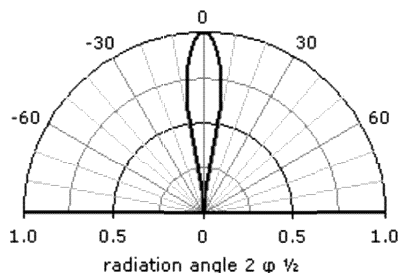
bílá – proud $I = 20 \text{ mA}$, napětí $U = 3,2 \text{ V}$, svítivost $20\,000 \text{ mcd}$, barevné souřadnice $x = 0,30$, $y = 0,30$

Konstrukčně jsou si uvedené typy zcela podobné.



Obr. 2 Pouzdro současné LED

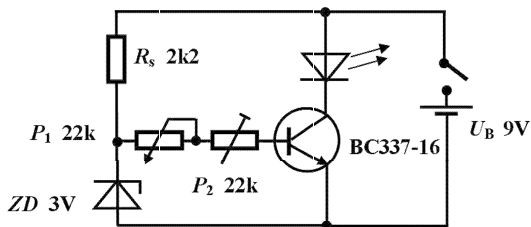
Na vysoké svítivosti se podílí soustředění světelného toku do malého vyzařovacího úhlu, což je dobře vidět na polárním grafu svítivosti:



Obr. 3 Polární graf svítivosti

Výše uvedené informace a grafy jsou převzaty z webové stránky [2].

Pro pokusy s těmito diodami je třeba znát jejich maximální příkon – není nijak velký a přehřátí vede nejprve ke snížení svítivosti a pak ke zničení. Výrobce udává pouze 100 mW. Při doporučeném proudu 20 mA nebezpečí přehřátí nehrozí. Pro napájení diod lze použít stejnosměrný zdroj a vhodný odpor do série. Jednoduché zapojení s tranzistorem umožní nastavit proud v určitém intervalu a napájet diodu z devítivoltové baterie:



Obr. 4 Zapojení zdroje pro LED

Napětí na Zenerově diodě je prakticky konstantní a potenciometrem P1 můžeme regulovat proud báze a tím také proud kolektoru. Trimr P2 slouží při nastavení zdroje na maximální proud LED. Mezní hodnotu nastavíme na 25 mA. Změny napětí baterie nemají na funkci zdroje velký vliv a úbytek napětí na LED není rozhodující. Zdroj je vestavěn do plastové krabičky, na čelní stěně je vypínač, zdířky pro připojení LED a knoflík potenciometru P1.

Barevné LED umožní ukázat skládání barev. Na obr. B1 (na zadní straně obálky) jsou tři diody s červeným, zeleným a modrým světlem

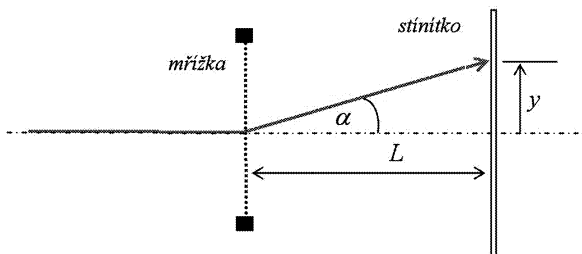
a v oblastech překrytí najdeme barvu žlutou a fialovou, přesněji řečeno purpurovou. Regulací proudu diod lze docílit vhodné poměry osvětlení a vytvořit i bílé světlo.

Světla barevných LED nejsou zdaleka monochromatická. Pro pozorování spektra byl použit objektiv ze starého zvětšovacího přístroje MAGNIFAX a vyrobena optická lavice s držákem pro sondy. Červený filtr patřící k vybavení zvětšovacího přístroje byl nahrazen průhledným cédékem, které zde slouží jako optická mřížka. Posuv objektivu a poloha sondy dávají možnost měnit velikost obrazu. Spektrum žluté LED je na obr. B2 na zadní straně obálky. Pro fotografování zůstala clona objektivu MAGNIFAXU maximálně otevřena. Při pozorování je vhodné naopak co nejvíce zaclonit objektiv.

Na snímku je viditelná červená i zelená složka světla, které subjektivně vnímáme jako žluté. Pozorování spekter lze doplnit i měřením vlnové délky. Laserový modul s vlnovou délkou 650 nm je zabudován do sondy podobné předchozím s LED a pro napájení byl sestaven 3 voltový zdroj ze dvou monočlánků.

Mřížkové spektrum 1. řádu pro paprsek laseru je vhodné nastavit tak, aby vzdálenost od nultého byla rovna 65 mm. Pak už stačí vyměnit sondu s laserem za sondu s LED, objektiv ponechat na místě a posouváním sondy nastavit ostrý obraz nultého maxima. Vzdálenost dané části spektra od středu nultého maxima v milimetrech stačí vynásobit deseti a máme vlnovou délku v nanometrech.

Odečítání vlnových délek není zcela přesné, jak ukáže jednoduchý rozbor systému (obr. 5):

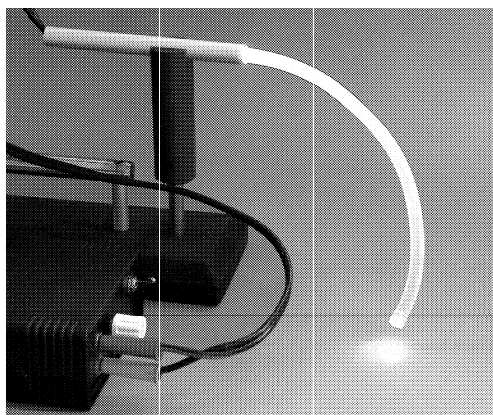


Obr. 5 Poloha prvního maxima

Z obrázku je zřejmé, že vzdálenost nultého a prvního maxima je $y = L \operatorname{tg} \alpha$. Pro vlnovou délku λ a mřížku s konstantou a platí podmínka

prvního maxima $a \sin \alpha = \lambda$. Z této podmínky je $\sin \alpha = \frac{\lambda}{a}$ a pokud jsou úhly malé (pod 5°), lze sinus a tangens vzájemně zaměnit. Pak pro výchylku platí $y = L \frac{\lambda}{a}$. V sestavě daného měření jde ale o úhel asi 25° a odchylka tangenty a sinu již není zanedbatelná. Kalkulátor ukáže číselné hodnoty: $\tan 25^\circ = 0,4663$, $\sin 25^\circ = 0,4226$. Hodnoty se liší o 10 % a stejná chyba vznikne při odečítání vlnové délky přímo ze stínítka. Pro informativní zjištění vlnové délky je taková chyba přípustná.

Bílá LED se svítivostí 20 cd umožnila sestavit model světlovodu (obr. 6). Hadička z průhledného plastu je naplněna silikonovým olejem, na vstupu je zalisována dioda a výstup je opatřen zátkou z průhledného epoxidu (zde byla použita LED o průměru 3 mm). Podmínka úplného odrazu není splněna pro všechny paprsky vyzařené diodou a na světlovodu je možné pozorovat ztráty. Hadičku lze narovnat i zakřivit a sledovat vliv zakřivení na intenzitu výstupního svazku.

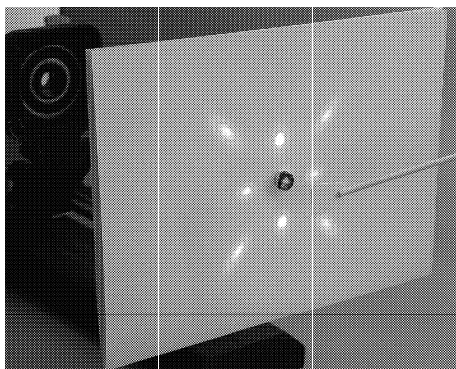


Obr. 6 Model světlovodu

Do skupiny experimentů s LED lze zařadit i pozorování luminiscence. Dnešní bezpečnostní předpisy požadují označení východů a únikových cest z objektů i pro případ, kdy není k dispozici elektrické osvětlení, a existují firmy, dodávající nápisy, značky a symboly vyrobené z moderních luminiscenčních materiálů s relativně vysokým jasnem a dlouhou dobou dosvitu (řádově desítky minut). Zde byl využit terčik o průměru 50 mm. Červená, zelená a modrá LED položené vedle terče (obr. B3 na zadní straně

obálky) ukáží zajímavý efekt: luminiscenční stopu vytvoří pouze dioda modrá. V nabídce LED jsou dnes i diody vyzařující ultrafialové světlo. Díky poměrně velkému intervalu vlnových délek takové LED září i ve viditelné oblasti spektra. Po zhasnutí ultrafialové LED se objeví intenzivní luminiscenční stopa.

Diody s vysokou svítivostí jsou snadno dostupné a experimenty s nimi jsou fyzikálně zajímavé, bezpečné a esteticky působivé. Sonda s laserovou diodou nabízí ještě další využití. Fyzika a optika se podílí i na efektních obalech některého zboží a následující snímek ukazuje odraz laserového paprsku od ústřížku krabičky z kosmetického zboží (obr. 7). Ústřížek vsazený do špejle vrací nulté maximum přímo na laserovou sondu a symetricky rozmístěná další maxima připomínají laueogramy. Tady jde patrně o dvě mřížky navzájem kolmé a vytvořené ve dvou vrstvách nad sebou. Po této ukázce je možné, že studenti s laserovým ukazovátkem budou studovat obaly kosmetického zboží.



Obr. 7 Odraz laserového paprsku

Všeobecná dostupnost digitálních fotoaparátů umožňuje studentům i žákům odnést si vlastní záznam experimentů a dále s nimi pracovat.

L i t e r a t u r a

- [1] *Svečnikov, S. V.*: Základy optoelektroniky, SNTL, Praha 1975.
- [2] <http://www.oshino-lamps.de/>

Vlny na mělké vodě

CTIBOR HENZL

Střední škola telekomunikační, Ostrava

Čtenářům je známo, že výuka fyziky na středních školách je hodně teoretická. Autor tuto skutečnost potvrzuje na základě rozhovorů se žáky i pedagogy a to nejen u nás, ale i v zahraničí. Je nesporný fakt, že studenti mají rádi i jednoduchý experiment, ochotně se podílejí na jeho přípravě a předvedené výsledky a závěry uchovávají v paměti mnohem déle, než pouhý verbální projev učitele.

V článku ukážeme možnost snadné demonstrace stojatého vlnění pomocí jednoduchých pomůcek. Nenáročným způsobem se studentům přibližují pojmy vlnová délka, vlnoplocha, fáze vlny a je vypočtena rychlost šíření vlny na mělké vodě. Dále je ukázána možnost výpočtu budící frekvence f pomocí vlnové délky λ . Vzhledem ke školním podmínkám jde pouze o kvalitativní výpočet.

Pomůcky a pracoviště

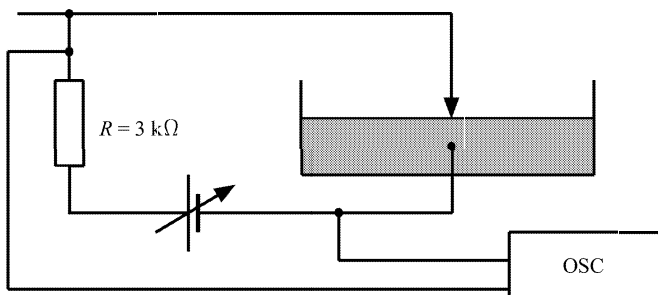
Pracovištěm může být jakákoliv učebna, tedy ne nutně učebna fyziky nebo dokonce laboratoř. Pomůcky jsou jednoduché: Petriho miska, voda, sůl, plátek listu zahradnické pilky, na jehož konec připevníme hrot tvořený šroubkem. Dále potřebujeme několik součástí ze stavebnice Merkur, diaprojektor, osciloskop, popř. počítač s měřicí kartou, spojovací materiál a stejnosměrný zdroj. Pracoviště je na obr. 1 a schéma zapojení ukazuje obr. 2. Odpor $R = 3 \text{ k}\Omega$ volíme přibližně stejný jako odpor osolené vody v nádobce. Použité napětí je 10 V. Digitální osciloskop umožňuje zaznamenat časový snímek kmitů. Bohužel se nepodařilo získat průběh kmitů ve formě souboru dat. Pro účely publikace posloužila fotografie detailu obrazovky, z níž odhadneme tři kmity za 0,2 s, takže frekvence $f \approx 15 \text{ Hz}$.

Demonstrace a výpočet rychlosti vlny na mělké vodě

Petriho misku umístíme na plochu diaprojektoru a plátek pilky rozkmitáme vlastními kmity. Vlnění na hladině promítáme diaprojektorem na stěnu. Děj trvá natolik dlouho, že žáci jsou schopni odhadnout počet vln na hladině. Poloměr Petriho misky $r \approx 4,75 \text{ cm} = 4,75 \cdot 10^{-2} \text{ m}$, takže



Obr. 1 Pracoviště



Obr. 2 Schéma zapojení

vlnová délka stojatého vlnění $\lambda = 4,75 \cdot 10^{-2} / 3 = 1,58 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ a rychlost vlnění $v = \lambda f \approx 1,58 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 15 \text{ s}^{-1} = 0,24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Výpočet budicí frekvence z vlnové délky

V literatuře [2] je uveden pro vlnění na mělké vodě vztah

$$\omega^2 = \left(gk + \sigma \frac{k^3}{\varrho} \right) \tanh(kh) \quad (1)$$

kde g je tíhové zrychlení, σ je povrchové napětí vody, ϱ je hustota vody, h je výška vodní hladiny. Veličina $k = 2\pi/\lambda$ je vlnčet. Provedeme výpočet

dosazením hodnot $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, $\sigma = 0,073 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, $\lambda = 1,58 \cdot 10^{-2} \text{ m}$, $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $h = 0,007 \text{ m}$. Nejprve určíme vlnočet

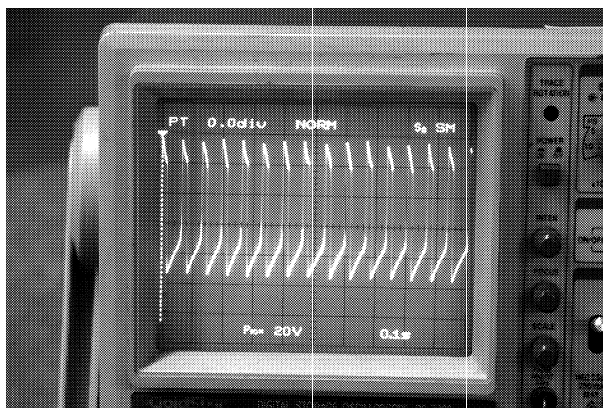
$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{1,58 \cdot 10^{-2}} = 398 \text{ m}^{-1}$$

a po dosazení do vztahu (1) dostaneme

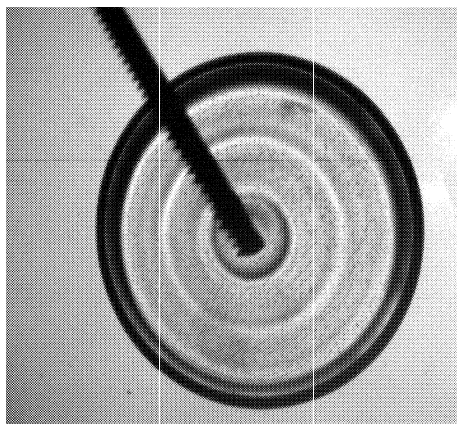
$$\{\omega^2\} = \left(9,81 \cdot 398 + 0,073 \frac{398^3}{1000} \right) \tanh(398 \cdot 0,007) \approx 8,14 \cdot 10^3,$$

takže $\omega \approx 91 \text{ s}^{-1}$ a frekvence $f = \omega/2\pi \approx 14 \text{ Hz}$.

Z obrazovky jsme odečetli budicí frekvenci $f = 15 \text{ Hz}$ (viz obr. 3). Výpočtem z vlnové délky $\lambda = 1,58 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ se dostane $f = 14 \text{ Hz}$, což je překvapivě dobrá shoda obou údajů.

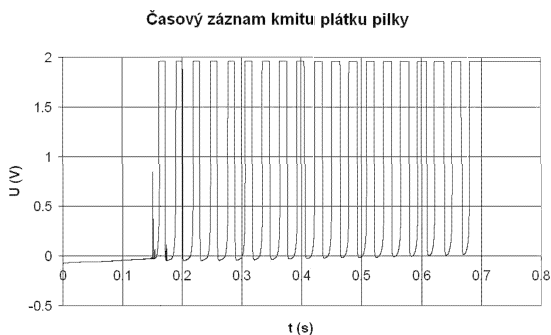


Obr. 3 Detail obrazovky osciloskopu

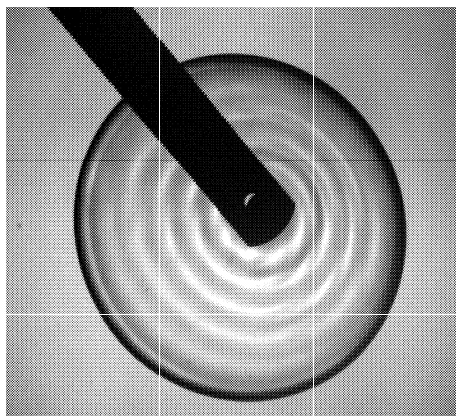


Obr. 4 Stojaté vlnění, počet vln $n = 3$

Výpočet byl opakován s jiným plátkem, s jinou frekvencí a na jiném pracovišti. Tentokrát se podařilo získat záznam průběhu v digitálním tvaru (obr. 5). Z časového záznamu mezi 0,3 s až 0,5 s se odhadne 7 kmitů na 0,2 s $\Rightarrow f = 35$ Hz. Obdobným výpočtem získáme hodnoty: $\lambda = 4,75 \cdot 10^{-2} / 5 \text{ m} = 0,95 \cdot 10^{-2} \text{ m}$, $v = \lambda f = 0,95 \cdot 10^{-2} \cdot 35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 0,33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $\omega \approx 207 \text{ s}^{-1}$, $f \approx 33 \text{ Hz}$. Vypočtená hodnota je opět v dobrém souladu s naměřenou hodnotou frekvence buzení kmitů $f = 35 \text{ Hz}$. Současně experiment potvrzuje poznatek uvedený v [2], že rychlost vln s kratší vlnovou délkou je větší.



Obr. 5 Časový záznam průběhu kmitů



Obr. 6 Stojaté vlnění, počet vln $n = 5$

Závěr

Jednoduchými prostředky jsme schopni demonstrovat stojaté vlnění na mělké vodní hladině a ukázat žákům možnost zjištění frekvence plátku pilky (což je v podstatě pružná deska). Ze vstupních údajů odhadneme délku vlny a vypočteme rychlost šíření. Je ověřen vztah mezi budicí frekvencí a délkou buzené vlny.

Literatura

- [1] Lepil O., Bednařík M., Hýblová R.: Fyzika II pro střední školy, Prometheus, Praha 2000.
- [2] Main I. G.: Kmity a vlny ve fyzice, Praha 2000.

Meranie Boltzmannovej konštanty grafickou metódou

DANIELA HORVÁTHOVÁ – MÁRIA RAKOVSKÁ

Fakulta prírodných vied Univerzity Konštantína Filozofa, Nitra, Slovensko

1 Úvod

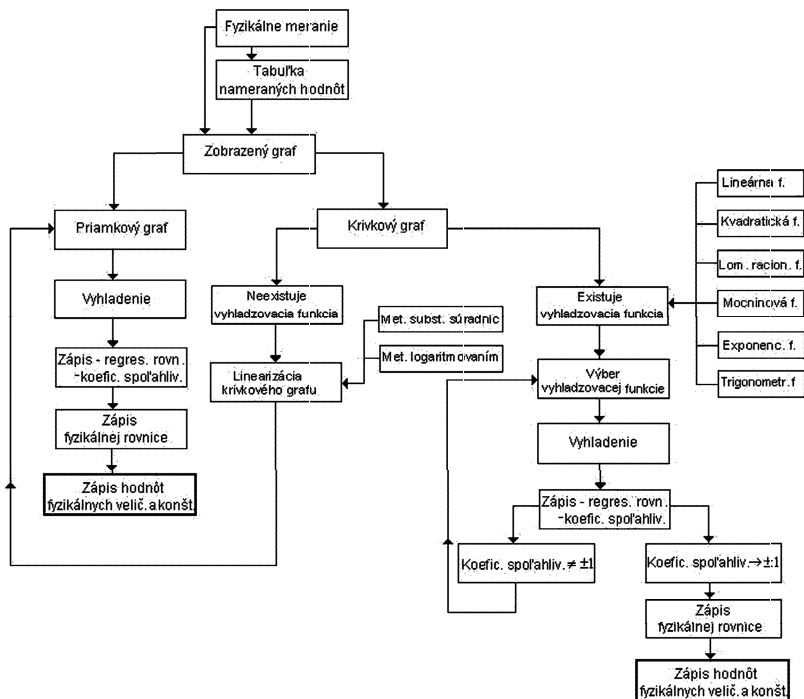
Jednou z hlavných požiadaviek moderných prírodovedných vzdelávacích systémov v súčasnosti je rozvoj takých schopností osobnosti, ktoré budú mať trvalú hodnotu a budú všestranne použiteľné. K takýmto prírodovedným schopnostiam osobnosti nepochybne patrí porozumenie príčinným vzťahom a ich matematickému opisu napr. formou funkcií a ich grafov. Graf funkcie poskytuje množstvo informácií, ktoré navyše môže sprostredkovať počítač. Metódy, ktoré umožňujú matematicky vyjadriť rôzne príčinné vzťahy a následné zmeny, sú trvalé hodnoty, ktoré môže mladý človek použiť v rôznych povolaniach.

Grafickú metódu v spojení s počítačom si možno osvojiť pri spracovaní laboratórnych úloh, napr. v príspevku ide o meranie Boltzmannovej konštanty, keď meraním a grafickou metódou sa dospeje k dobrej zhode s tabuľkovou hodnotou.

2 Didaktická sústava vyšetrovania fyzikálnej závislostí grafickou metódou pomocou počítača

V súčasnosti sú vo fyzikálnom laboratóriu mnohé experimenty podporované počítačom a výstupy takýchto experimentov bývajú väčšinou grafy znázorňujúce vzájomné závislosti fyzikálnych veličín. Grafické zobrazenia sú buď priamkové alebo krivkové a študenti z nich môžu buď priamo alebo po určitých matematických úpravách čítať rôzne fyzikálne informácie. Pri vyšetrovaní fyzikálnych závislostí zobrazených počítačom si treba uvedomiť dôležitosť postupnosti krokov. Na Katedre fyziky FPV UKF v Nitre sme sa zaoberali metodikou vyšetrovania fyzikálnych závislostí nasnímaných resp. zobrazených počítačom. V ďalšej časti príspevku prezentujeme blokovú schému a metodiku vyšetrovania fyzikálnej závislosti grafickou metódou pomocou programu MS Excel.

Didaktická sústava vyšetovania fyzikálnej závislosti grafickou metódou pomocou počítača [2] vedie študenta matematickou cestou pri spracovávaní výsledkov fyzikálneho merania k vyjadreniu fyzikálnej závislosti a stanoveniu hodnôt fyzikálnych veličín a konštánt (obr. 1).



Obr. 1 Didaktická sústava vyšetovania fyzikálnej závislosti grafickou metódou

Metodika vyšetovania fyzikálnej závislosti grafickou metódou pomocou programu MS Excel

1. Z nameraných hodnôt fyzikálnych veličín v programe MS Excel vytvorte vhodnú tabuľku.
2. Z vytvorenej tabuľky pomocou príkazu *Vložiť/Graf* v pravouhlej súradnicovej sústave zostrojíte graf závislosti kolektorového prúdu I_k od napätia UEB tranzistora NPN.
3. Zo známych dôvodov je potrebné zobrazenú fyzikálnu závislosť vyhľadiť (fitovať). Lineárnu aj nelineárnu závislosť (typu kvadratickej funkcie, lo-

menej racionálnej funkcie, mocninovej funkcie, exponenciálnej funkcie a pod.) vyhladte (fitujte) nasledovne. Kliknite pravým tlačidlom myšky na vybraný bod zobrazenej závislosti a použitím príkazu **Pridať trendovú čiaru**, vyberte niektorú z už preddefinovaných vyhladzovacích (fitovacích) funkcií. Funkciu vyberte na základe poznatkov získaných z návodu na laboratórnu úlohu, resp. z odbornej literatúry v danej oblasti fyziky.

4. V tomto dialógovom okne ešte vyberte príkaz **Možnosti**, označte **Zobrazenie rovnice regresie** a **Zobrazenie koeficienta spoľahlivosti**. Kliknite na **OK** a program zobrazí Vyhladenú (fitovanú) závislosť, vypíše analytické vyjadrenie rovnice regresie aj s koeficientom spoľahlivosti. Ak sa hodnota koeficienta spoľahlivosti blíži k hodnote +1 alebo -1 (napr. 0,98) považujte výber fitovacej funkcie za správny.
5. Z rovnice regresie zapíšte všeobecnú fyzikálnu rovnicu a z nej priamo odčítajte hodnotu konštanty B . Napíšte, čo konštanta B predstavuje, a vysvetlite, ako z nej určíme hodnotu Boltzmannovej konštanty k a určte ju.

3 Úloha: Meranie Boltzmannovej konštanty, spracovaná grafickou metódou

(Praktické overenie platnosti Boltzmannovho zákona rozdelenia energie)

Prezentovaná laboratórna úloha sa štandardne vykonáva na Katedre fyziky FPV UKF v učiteľskom štúdiu fyziky v rámci predmetu Fyzikálne praktikum IV. Postupuje sa podľa návodu [3], ktorý bol pre potreby vyšetrovania fyzikálnej závislosti grafickou metódou upravený.

Boltzmannova konštanta sa stanovuje z voltampérovej charakteristiky PN priechodu. Pri zapojení tranzistora so spoločnou bázou určujú Wayneho nosiče náboja, ktoré prešli difúziou cez kolektorový priechod, vo vhodne zvolenom intervale napätia U_{EB} medzi emitorom a bázou, skratovaný kolektorový prúd I_k . V tomto prípade závisí kolektorový prúd I_k od napätia U_{EB} medzi emitorom a bázou tak, ako difúzny prúd I_d medzi emitorom a bázou. Závislosť kolektorového prúdu od vstupného napätia vyjadruje vzťah

$$I_k = I_0 \exp \left[\frac{eU_{EB}}{kT} \right], \quad (1)$$

kde I_0 je prúd závislý od polovodičového materiálu a od podmienok merania, e je elementárny elektrický náboj, U_{EB} je vstupné napätie medzi

emitorom a bázou, k je Boltzmannová konštanta, T – absolútna teplota polovodiča.

Na meranie Boltzmannovej konštanty sú vhodné kremíkové tranzistory typu NPN. Experimentálne meranie spočíva v určení závislosti kolektorového prúdu I_k od napätia U_{EB} medzi emitorom a bázou, pri konštantnej teplote T . Preto je potrebné zabezpečiť počas merania stálu teplotu tranzistora.

Experimentálna časť

Úlohy

1. Merajte voltampérovu charakteristiku PN priechodu kremíkového tranzistora NPN.
2. Meranie vykonajte pri rôznych teplotách tranzistora.
3. Graficky znázorníte závislosť kolektorového prúdu I_k tranzistora typu NPN od napätia U_{EB} medzi emitorom a bázou pre každú teplotu.
4. Boltzmannovú konštantu stanovte grafickou metódou vyšetrovania fyzikálnej závislosti (viď Metodika ...) a výsledky porovnajte s číselnou hodnotou Boltzmannovej konštanty uvedenej v MFCH tabuľkách.

Pomôcky a prístroje

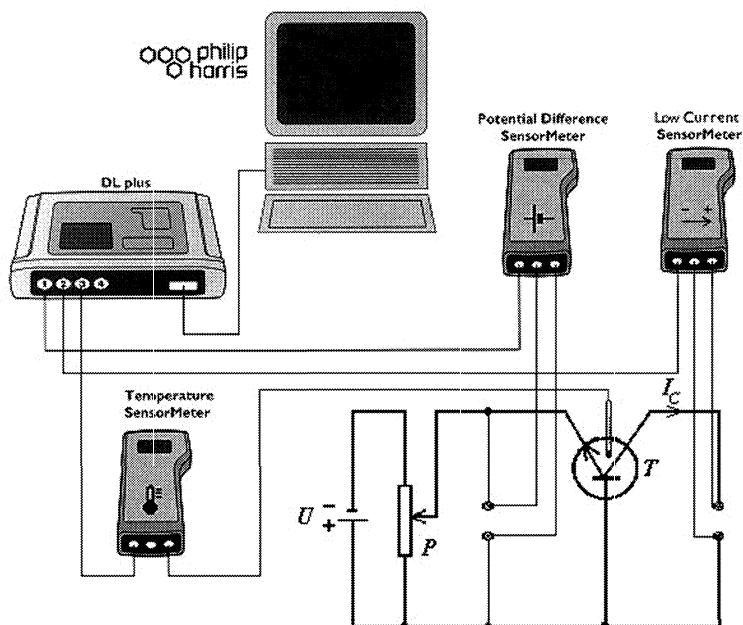
Merací systém Philip Harris (senzory na snímanie veľkosti elektrického prúdu, elektrického napätia a teploty), počítač s potrebným softvérovým vybavením, monočlánok 1,5 V, potenciometer 1 k Ω , termoska s kremíkovým tranzistorom typu NPN KD 139

Postup práce bol navrhnutý pre laboratórnu úlohu podporovanú počítačom (merací a vyhodnocovací systém Philip Harris). Meranie Boltzmannovej konštanty vykonávame podľa zapojenia na obr. 2. Laboratórnu úlohu možno úspešne realizovať aj klasickým spôsobom bez podpory počítača.

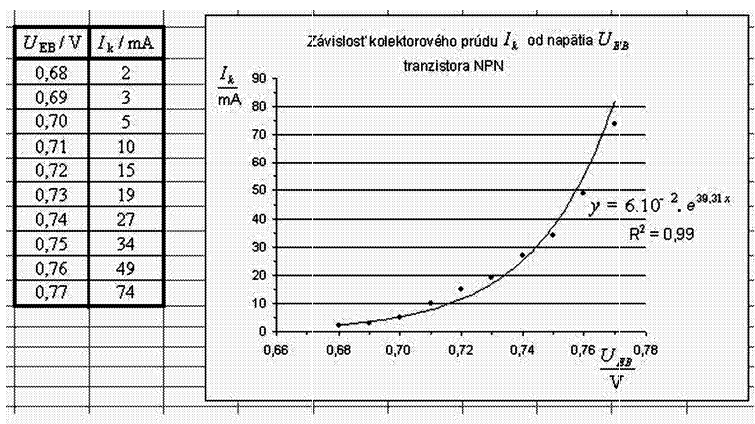
Spracovanie nameraných hodnôt

V priebehu fyzikálneho merania získame tabuľku nameraných hodnôt (obr. 3) a ak postupujeme v súlade s blokovou schémou a podľa prezentovanej Metodiky ..., dopracujeme sa k stanoveniu hodnoty Boltzmannovej konštanty grafickou metódou.

- o Zobrazená krivková závislosť na obr. 3 je podobná funkcii exponenciálneho typu.
- o Závislosť vyhladáme (fitujeme) exponenciálnou funkciou, dáme si zobraziť rovnicu regresie a koeficient spoľahlivosti.



Obr. 2 Zostavenie pracoviska



Obr. 3 K vyhodnoteniu laboratórnej úlohy grafickou metódou

- o Program MS Excel zobrazí vyhladenú (fitovanú) závislosť, vypíše rovnicu regresie v tvare

$$y = A e^{Bx}, \quad y = 6 \cdot 10^{-12} e^{39,31x} \quad (2)$$

a koeficient spoľahlivosti $R^2 = 0,99$. Výber fitovacej funkcie možno považovať za správny ak $R^2 \rightarrow \pm 1$ (viď Blokovú schému a Metodiku vyšetrovania ...).

- o Z regresnej rovnice (2) zapíšeme fyzikálnu rovnicu

$$I_k = I_0 e^{BU_{EB}} \Rightarrow I_k = 6 \cdot 10^{-12} e^{39,31 U_{EB}}. \quad (3)$$

Z návodu na laboratórnu úlohu vyplýva, že konštanta $B = \frac{e}{kT}$, kde e je veľkosť elementárneho elektrického náboja a T je absolútna teplota, pri ktorej meranie uskutočňujeme. V regresnej rovnici (2) koeficient $A(6 \cdot 10^{-12})$ predstavuje vo fyzikálnej rovnici (3) hodnotu prúdu I_0 .

- o Stanovenie hodnoty Boltzmannovej konštanty:

$$k = \frac{e}{BT} = \frac{1,602 \cdot 10^{-19}}{39,31 \cdot 291,5} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$k = 1,40 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}.$$

Číselná hodnota Boltzmannovej konštanty uvedená v MFCH tabuľkách je $k = 1,380\,658 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$.

4 Záver

Prezentovaná laboratórna úloha je zo súboru ôsmich laboratórnych úloh, ktorých výsledky sa spracovávajú grafickou metódou a ktoré študenti učiteľského štúdia fyziky v rámci Fyzikálnych praktík I, II, III a IV na Katedre fyziky Fakulty prírodných vied absolvujú. Osvojenie si grafickej metódy ako jednej z poznávacích metód pri spracovaní výsledkov fyzikálnych meraní pomocou počítača možno hodnotiť veľmi pozitívne. Vyšetrovanie fyzikálnych závislostí a spracovanie výsledkov laboratórnych meraní podľa navrhutej metodiky a podľa prezentovanej blokovej schémy sa osvedčilo. Prejavilo sa to najmä v podobe správne vyhodnotených protokolov laboratórnych meraní.

Literatúra

- [1] *Horváthová, D.*: Úloha grafu v laboratórnom meraní v príprave budúcich učiteľov: In: Didfyz 2000. Nitra: UKF, 2001, str. 109 – 119. ISBN 80-8050-387-7
- [2] *Zelenický, L., Horváthová, D., Rakovská, M.*: Graf funkcie vo fyzikálnom vzdelávaní. Nitra: FPV UKF, 2005. ISBN 80-8050-826-7
- [3] *Kecskés, A., Malinarič, S., Vozár, L.*: Fyzikálne praktikum. Elektrina, magnetizmus a atomová fyzika. Nitra: FPV, 1994.
- [4] *Kecskés, A., Morvay, L.*: Modernizácia obsahu fyzikálnych praktík a skvalitnenie vstupných didaktických testov. Záverečná správa tematickej úlohy. KF PF Nitra: 1977. s. 2 – 8.

Z HISTORIE

Proč uvnitř kovové klece nebylo „nic“?

„Přeměň magnetismus v elektřinu!“ Tato slova si někdy kolem roku 1822 zapsal do zápisníku mladý muž pocházející ze zcela chudobné londýnské rodiny, který svou vědeckou dráhu začal umýváním laboratorních zkumavek. Ano, život a dílo geniálního anglického fyzika a chemika *Michaela Faradaye* (1791 – 1867) jsou neobvykle zajímavé od počátku až do konce – a není proto náhodou, že stále vzbuzují zájem nejen odborné veřejnosti. Měl fenomenální intuici a své výzkumy prováděl výhradně experimentálně. Protože mu chybělo jakékoliv matematické vzdělání, nikdy nepoužíval matematiku a vyjadřoval se pouze verbálně.

Svoje celoživotní poznatky uložil do proslulého díla „Experimentální výzkumy

o elektřině“, které vyšlo v roce 1855. Je to vlastně Faradayův pracovní deník, obsahující 3 362 odstavců, z nichž každý je detailním popisem učencem prováděného pokusu či objevu. Když po deseti letech tvrdé práce objevil v roce 1831 elektromagnetickou indukci, zaměřil se jeho hloubavý duch stále více na studium elektrických a magnetických jevů.

Ve svém deníku popisuje kupříkladu pokus v roce 1836, kdy z měděného drátu a tenkého zinkového plechu zhotovil krychli o straně tři metrů. Nabil ji a poté pomocí malé kovové kuličky na hedvábném vlákně měřil okolní rozdělení náboje. Když však do kovové krychle vstoupil, ke svému úžasu zjistil, že uvnitř není „nic“, že veškerý elektrický náboj je vně tělesa.

Faraday tak vytvořil první elektrostaticky stíněný prostor, který později dostal název Faradayova klec. Plechové nebo drátěné klece se dodnes používají k odstranění rušivých elektrických a magnetických polí, například při zkoušení a měření v různé přístrojové technice.

Bohumil Tesařík