Obsah

1 Úvod ... 2

2 Organizácia výučby a osnovy ... 5

2.1 Slovenská republika ... 5

2.2 Nemecká spolková republika ... 6

2.3 Veľká Británia ... 8

3 Porovnanie slovenských a zahraničných učebníc ... 12

4 Materiály pre učiteľov fyziky na Slovensku ... 18

5 Ciele ... 19

6 Hypotézy ... 20

7 Zvolené metódy práce ... 20

8 Výsledky ... 21

9 Literatúra a ostatné zdroje požité v tejto práci ... 24

10 Prílohy ... 26

10.1 Žiaci pri práci ... 26

10.2 Pokusy ... 27

10.3 Ukážka stránky ... 29

10.4 Ukážka laboratórnej práce ... 32

1 Úvod

Na začiatok jedna myšlienka o pokusoch:

„Pokusy sú neoddeliteľnou zložkou vyučovacích hodín fyziky. Všetci dobre vieme, že nie najjednoduchšou. Málo času, nedostatok pomôcok, málo peňazí – to je len niekoľko dôvodov, pre ktoré sa na niektorých školách robí pokusov menej ako by sa hádam malo.“[1]

Ale je tu jeden problém alebo nezodpovedaná otázka: Najviac jednoduchšie realizovateľných pokusov je z jedinej oblasti fyziky na štvorročných gymnáziách a tou je mechanika. Aj k elektrine a magnetizme na štvorročnom gymnáziu nájdeme celkom slušný súbor pokusov, ale väčšinou sú to pokusy zamerané na elektrostatiku, magnetostatiku či ampérovú silu. Kde však zostali elektrické obvody, ktoré sú veľmi dôležitou súčasťou elektriny a magnetizmu?

Odpoveď na túto otázku si asi položil aj M. Rojko, keď spolu so svojím kolektívom písal svoje učebnice fyziky pre základnú školu [2, 3], v ktorých sú "*hrania sa so súčiastkami*". Nájdeme tam napríklad jednoduché vybíjanie kondenzátora alebo tranzistorový jav. Rovnako ako v týchto knihách, aj pokusy v tejto práci obsahujú navrhnuté alebo upravené jednoduché elektrické obvody (obsahujúce svetelné diódy a žiarovky), spôsob ich zapojenia a sú doplnené o spôsob použitia na hodine. Pokusy sú ale navrhnuté tak, aby sa dali použiť na štvorročných gymnáziách, na vysvetlenie fyzikálnych javov na báze porovnávania jasu svetelných diód alebo žiaroviek bez použitia meracích prístrojov.

Zrak je totiž veľmi dôležitý zmysel a svetlo ľudí odpradávna fascinovalo a zaujímalo (obr. 1). Preto sú pokusy zamerané na elektrické obvody, v ktorých ako detektor prúdu alebo napätia slúži jas svetelnej diódy LED alebo žiarovky. Výhodami LED–diódy oproti žiarovke sú: menšia cena (viac ako päťnásobne), určenie smeru prúdu a napätia (žiaci to pochopia aj bez vysvetlenia diódového javu), väčšia citlivosť (stačí jej až desaťkrát menší prúd) a menšia spotreba (menej ovplyvní obvod). Používame však obidva typy obvodov, lebo citlivosť a malá spotreba LED–diódy sú jej veľkými výhodami, ale pri niektorých obvodoch sú aj zbytočné (Ohmov zákon v uzavretom obvode) a v týchto prípadoch sú vhodnejšie obvody so žiarovkami.

Obr. 1.: Vonkajšie osvetlenie a svetelná reťaz na vianočnom stromčeku

Vystane tu však ďalšia otázka: Je vôbec potrebné prehlbovať učivo o elektrických obvodoch a ak áno, kam tieto pokusy zaradiť? Na túto otázku máme najmenej dve odpovede:

1. Aplikácie elektroniky stále viac prenikajú do každodenného života a s nimi aj potreba mať aspoň základné predstavy o zákonitostiach, ktorými sa riadia ich stavebné prvky – elektrické obvody.

2. Vhodne zostavené jednoduché žiacke pokusy s obvodmi elektrického prúdu majú značný motivačný účinok. Z vlastnej pedagogickej skúsenosti vieme, že žiaci sú ochotní venovať hodne času, aby sa zaoberali „*interaktívnou hračkou*“, ktorú im predložíme ako elektrický obvod. Žiaci sledujú ako obvod svieti a bliká, mení svoje správanie podľa toho ako meníme jeho štruktúru a tým sa učia poznať zákony, ktorými sa riadi.

Uvedené skutočnosti si zrejme už dlhší čas uvedomujú autori osnov a učebníc v štátoch, v ktorých sa vyučuje podľa vzdelávacích programov považovaných za vyspelé a moderné. Porovnanie častí niektorých zahraničných osnov, zameraných na vyučovanie elektriny a magnetizmu u nás a v zahraničí je v druhej kapitole tejto práce.

Osnovy nás spravidla neinformujú dostatočne presne o sprostredkovanom obsahu. Preto v tretej kapitole práce uvádzame stručné porovnanie týchto zahraničných dokumentov s našimi učebnicami.

V štvrtej kapitole je prehľad dostupnej literatúry, ktorú by mohli učitelia používať pri príprave svojich vyučovacích postupov pri sprostredkovaní poznatkov o elektrickým obvodoch.

Experimenty (pokusy) môžu mať vo vyučovacom procese veľmi rozmanitú podobu a poslanie. Učiteľov demonštračný experiment vždy žiakov upúta. Nenahraditeľné sú však žiacke experimenty, ktoré aktivizujú psychomotorické centrá žiaka a tak prispievajú ku kvalite a trvácnosti poznania.

Jednoduchosť obvodov, ktorými sa táto práca zaoberá, umožňuje zostaviť dostatočný počet súprav tak, aby mohli na vyučovacej hodine pracovať všetci žiaci, najčastejšie v skupinkách. Tak možno robiť priamo na vyučovacej hodine kvalitatívne žiacke heuristické a verifikačné experimenty. Diódy a žiarovky, ktoré sa v obvodoch používajú ako indikátory prúdu neumožňujú vykonávať kvantitatívne merania.

Experimenty, ktorými sa v práci zaoberáme, majú prispieť k aktívnemu žiackemu poznávaniu. Ich didaktickým cieľom je viesť študentov k tomu, aby prejavili o obvody záujem a aby ich skúmali. Prostriedkom poznávania je sledovane jasu LED–diód a žiaroviek v obvodoch, ktoré im doteraz neboli známe. Z výsledkov vlastnej experimentálnej činnosti – z následkov zmien parametrov – majú vytvárať vlastné hypotézy, ktoré si potom v spolupráci s učiteľom overujú a spresňujú tak, aby mohli formulovať zákony, ktorými sa obvody riadia.

V piatej, šiestej a siedmej kapitole sú rozpracované ciele, hypotézy a zvolené metódy tejto práce. Ďalej nasleduje ôsma kapitola, ktorá obsahuje výsledky. A na konci tejto práce sú prílohy obsahujúce fotografie žiakov pri práci, fotografie pokusov, ukážku internetovej stránky a jednu z laboratórnych prác, ktoré žiaci vypracovali na vyučovacích hodinách.

2 Organizácia výučby a osnovy

Pre utvorenie predstavy o súčasnom stave vyučovania elektrických obvodov u nás a v zahraničí je dôležitá aj organizácia a obsah vyučovania fyziky v jednotlivých krajinách. Preto nasleduje prehľad organizácie vyučovania fyziky a osnov Veľkej Británie [4], Nemeckej spolkovej republiky [5] a Slovenskej republiky [6].

2.1 Slovenská republika

Na Slovensku sa žiaci po štvrtom ročníku základnej školy môžu rozhodnúť medzi základnou školou (po ukončení deviateho ročníka môžu ďalej pokračovať v štúdiu na štvorročnom gymnáziu alebo inej forme stredoškolského vzdelávania) alebo osemročným gymnáziom.

Pre celú republiku sú platné jedny osnovy. Vzhľadom na veľké množstvo učiva a menšie množstvo hodín sa vo veľkej miere preberie len povinná časť osnov. Osnovy fyziky na osemročnom gymnáziu sú mierne upravené osnovy základnej školy a štvorročného gymnázia. Preto ich nie je potreba uvádzať. Na štvorročných gymnáziách sa z elektrických obvodov podľa osnov preberajú tieto témy:

Druhý ročník: (3 hodiny týždenne, z toho 1 hodina cvičenia)

- elektrické napätie, kapacita vodiča, kondenzátor, spájanie kondenzátorov
- elektrický prúd (jav, fyzikálna veličina), zdroje elektrického napätia, elektromotorické a svorkové napätie zdroja, Ohmov zákon, elektrický odpor vodiča, voltampérová charakteristika rezistora, odpor kovov ako funkcia teploty, Ohmov zákon pre uzavretý obvod, Kirchhoffove zákony, práca a výkon elektrického prúdu, účinnosť elektrických zariadení, termistor, polovodičová dióda, technické využitie elektrolýzy, obrazovka, zásady bezpečnosti práce s elektrickými prístrojmi a zariadeniami
- <u>laboratórne práce</u>: meranie prúdu a napätia, meranie odporu rezistora, meranie vnútorného odporu a elektromotorického napätia zdroja

Tretí ročník: (2 hodiny týždenne, z toho 1 hodina s delenou triedou)

- magnetické pole vodiča s prúdom (priamy vodič, cievka), pôsobenie magnetického poľa na vodič s prúdom, vzájomné silové pôsobenie medzi vodičmi s prúdom
- elektromagnetická indukcia, Faradayov zákon elektromagnetickej indukcie, Lenzov zákon, vlastná indukcia (samoindukované napätie), indukčnosť, energia magnetického poľa cievky
- vznik striedavého napätia a prúdu, obvod striedavého prúdu s R, L, C, usmerňovač s polovodičovou diódou, výkon striedavého prúdu, efektívne hodnoty striedavého napätia a prúdu, generátor striedavého prúdu, trojfázová sústava striedavých napätí, transformátor, prenosová sústava energetiky, elektráreň
- elektromagnetický oscilátor, vlastné a nútené kmitanie oscilátora, rezonancia, rezonančné javy v praxi
- laboratórne práce: určenie indukčnosti cievky striedavým prúdom, meranie výkonu striedavého prúdu, overenie činnosti polovodičového usmerňovača

Štvrtý ročník: (2 hodiny týždenne, z toho 1 hodina s delenou triedou)

- elektromagnetický dipól
- fotoelektrický jav (vonkajší a vnútorný)

2.2 Nemecká spolková republika

Hoci si v Nemeckej spolkovej republike jednotlivé spolkové republiky riadia školstvo samy, ich jednotlivé štruktúry a obsah vzdelávania sú veľmi podobné. V Stuttgarde prvé štyri roky navštevujú žiaci základnú školu (prvý stupeň). Po štvrtom ročníku sa rodičia rozhodujú pre ďalšiu školu, kde si môžu vybrať medzi štyrmi typmi škôl, ktoré sa začínajú piatym ročníkom:

- druhý stupeň základnej školy (hauptschule)
- reálna škola (realschule)
- osemročné gymnázium
- deväťročné gymnázium

Po ich skončení môžu žiaci využiť rôzne nadstavbové formy štúdia.

V rámci štúdia na prvom stupni základnej školy sa s predmetom fyzika nestretnú. Ten sa prvýkrát vyskytuje v rámci štúdia na gymnáziu, druhom stupni základnej školy alebo na reálnej škole. V piatom a šiestom ročníku je fyzikálne učivo obsiahnuté v predmete prírodné javy.

Na deväťročnom gymnáziu sa medzi desiatym a trinástym ročníkom z elektrických obvodov podľa osnov preberajú tieto témy:

10. ročník:

zameranie na matematiku a prírodné vedy:

- elektrické napätie (galvanické články a akumulátory), elektrická práca a výkon (dáta elektrických zariadení pre úspornejšie narábanie s elektrickou energiou), závislosť medzi prúdom a napätím, elektrický odpor, sériové a paralelné zapojenie odporov, jednoduché pokusy s indukciou, prehľad o elektromotore, generátore a transformátore (nebezpečenstvo narábania s vysokým napätím)

- elektrónka, solárny článok, dióda ako usmerňovací odpor, tranzistor ako spínač, tranzistor ako riadený odpor

zameranie na jazyky:

- elektrické napätie (galvanické články a akumulátory), elektrická práca a výkon (dáta elektrických zariadení pre úspornejšie narábanie s elektrickou energiou), závislosť medzi prúdom a napätím, elektrický odpor

- elektrónka

12. a 13. ročník:

základný kurz:

- kondenzátor, kapacita (kapacita platňového kondenzátora, energia elektrického poľa nabitého kondenzátora), silové účinky na vodič s prúdom v magnetickom poli

- zákon elektromagnetickej indukcie, Lenzov zákon, samoindukcia, indukčnosť, energia magnetického poľa v cievke s prúdom, tvorba sínusového striedavého napätia, efektívna hodnota (vzťah medzi efektívnou a absolútnou hodnotou), kondenzátor a cievka v obvode so striedavým prúdom, kapacitancia a induktancia, sériové zapojenie rezistancie, induktancie a kapacitancie, transformátor, rozvodná sieť

- elektromagnetický oscilátor, porovnanie mechanického a elektromagnetického oscilátora, netlmené elektromagnetické kmity pomocou spätnej väzby, vysokofrekvenčné elektromagnetické kmity

rozšírený kurz:

- elektrické napätie, kondenzátor, kapacita (kapacita platňového kondenzátora), zapojenia s kondenzátormi, energia elektrického poľa nabitého kondenzátora
- silové pôsobenie na vodič s prúdom v magnetickom poli, homogénne magnetické pole v dlhej cievke
- indukcia pri pohybe vodiča v magnetickom poli, indukcia pri zmene magnetického indukčného toku, zákon elektromagnetickej indukcie, Lenzov zákon a zákon zachovania energie, samoindukcia, indukčnosť, indukčnosť dlhej cievky, tvorba sínusového striedavého napätia, efektívna hodnota, vzťah maximálnej a efektívnej hodnoty pri sínusovom a obdĺžnikovom priebehu napätia (používajú integrály), prúd, fázový posun a výkon pri odporovej, kapacitnej a indukčnej záťaži, pri ich sériových zapojeniach, impedancia, transformátor, rozvodná sieť
- elektromagnetický oscilátor (porovnanie, perióda, priebeh prúdu a napätia), tlmené elektromagnetické kmity, budené kmity, rezonancia, netlmené kmity pomocou spätnej väzby, vysokofrekvenčné elektromagnetické kmity
- <u>praktiká</u>: nabíjanie a vybíjanie kondenzátora, meranie pomocou Hallovej sondy, striedavý prúd (impedancia), pokusy s polovodičmi

2.3 Veľká Británia

Vo Veľkej Británii nie je samostatný predmet fyzika, ale poznatky z tejto oblasti sú obsiahnuté v predmete veda. Vzdelávanie sa v prvých jedenástich ročníkoch (žiaci končia jedenásty ročník obvykle v šestnástich rokoch) delí do štyroch kľúčových stupňov:

prvý kľúčový stupeň	=	prvý a druhý ročník
druhý kľúčový stupeň	=	tretí až šiesty ročník
tretí kľúčový stupeň	=	siedmy až deviaty ročník
štvrtý kľúčový stupeň	=	desiaty a jedenásty ročník

Pre vzdelávanie v prvých jedenástich ročníkoch je vypracované národné kurikulum, ale učitelia majú vysokú voľnosť vo výbere tém a hlavne možnosť širokého výberu

učebníc. Podstatné je, aby žiaci ovládali témy potrebné na postup do ďalšieho kľúčového stupňa. Štvrtý kľúčový stupeň je podľa zvolenej obtiažnosti rozdelený na dve úrovne:

– jednoduchá veda

– dvojnásobná veda

Ďalšie vzdelávanie je veľmi rôznorodé a vo veľkej miere závisí od ďalšieho smerovania žiakov.

V štvrtom kľúčovom stupni predmetu veda sa podľa národného kurikula preberajú tieto témy súvisiace s elektrickými obvodmi:

jednoduchá veda:

- rezistory sa zohrievajú, ak nimi tečie prúd
- vplyv zmeny odporu na prúd tečúci obvodom – kvalitatívne
- vzťah medzi odporom, napätím a prúdom – kvalitatívne
- zmena prúdu v závislosti od napätia v rozsahu zariadenia (napríklad rezistorov, žiaroviek, diód, fotoodporov a termistorov)
- rozdiel medzi jednosmerným a striedavým prúdom
- funkcia živého (fázového), neutrálneho a uzemňovacieho vodiča v domácich rozvodoch, použitie izolácie, uzemnenia, poistiek a ističov pre ochranu používateľov elektrických zariadení
- použitie elektrického zohrievania v domácnosti
- použitie merania prenesenej energie na výpočet ceny spotrebovanej elektrickej energie v domácnosti
- funkcia jednoduchého generátora striedavého prúdu
- prenos energie z elektrární ku spotrebiteľovi

dvojnásobná veda:

- rezistory sa zohrievajú, ak nimi tečie prúd
- vplyv zmeny odporu na prúd tečúci obvodom – kvalitatívne
- vzťah medzi odporom, napätím a prúdom – kvalitatívne

- zmena prúdu v závislosti od napätia v rozsahu zariadenia (napríklad rezistorov, žiaroviek, diód, fotoodporov a termistorov)
- napätie je energia prenesená jednotkou náboja
- vzťah medzi výkonom, napätím a prúdom – kvalitatívne
- rozdiel medzi jednosmerným a striedavým prúdom
- funkcia živého (fázového), neutrálneho a uzemňovacieho vodiča v domácich rozvodoch, použitie izolácie, uzemnenia, poistiek a ističov pre ochranu používateľov elektrických zariadení
- použitie elektrického zohrievania v domácnosti
- použitie merania prenesenej energie na výpočet ceny spotrebovanej elektrickej energie v domácnosti
- vzťah medzi stálym prúdom, nábojom a časom – kvalitatívne
- elektrický prúd ako tok náboja prenášaného voľnými elektrónmi v kovoch alebo iónov v elektrolytoch, sila pôsobiaca na vodič s prúdom v magnetickom poli a jej využitie v jednoduchých elektrických motoroch
- indukované napätie pri pohybe vodiča v magnetickom poli a pri zmene magnetického poľa v závite (cievke)
- funkcia jednoduchého generátora striedavého prúdu
- vzťah medzi napätiami na cievkach transformátora a počtami ich závitov – kvalitatívne
- prenos energie z elektrární ku spotrebiteľovi

Rozšírenie kurikula je v cieľových požiadavkách. Toto sú vybrané cieľové požiadavky z dvojnásobnej vedy, ktoré presnejšie určujú čo treba žiakov učiť [7] :

energia a napätie v obvode:

- ako merať prúd v obvodoch s rezistormi zapojenými sériovo a paralelne
- že sa energia prenáša z batérií a iných zdrojov do iných prvkov elektrických obvodov
- že sa rezistory zahrievajú, keď cez ne prechádza elektrický prúd
- kvalitatívny vplyv zmeny odporu na prúd v obvode

- ako jednoducho merať napätie
- ako závisí prúd od napätia pri rôznych elektrických prvkoch v obvode, ako sú napríklad: odpory, žiarovky, diódy, fotoodpory a termistory

elektrické spotrebiče, elektrina v domácnosti:

- aký je rozdiel medzi jednosmernými a striedavými prúdom
- aká je úloha živého, nulového a uzemneného vodiča v domácich spotrebičoch, o význame izolácie, uzemnenia, poistky a ističa pri ochrane užívateľa elektrického zariadenia
- že ohrievanie elektrickým prúdom sa využíva v domácnosti rôznymi spôsobmi
- ako sa počíta cena za používanie elektrických spotrebičov v domácnosti z merania spotrebovanej elektrickej energie

elektromagnetické sily:

- že na vodič s prúdom v magnetickom poli pôsobí sila a o aplikáciách tohoto javu v jednoduchých elektrických motoroch

elektromagnetická indukcia:

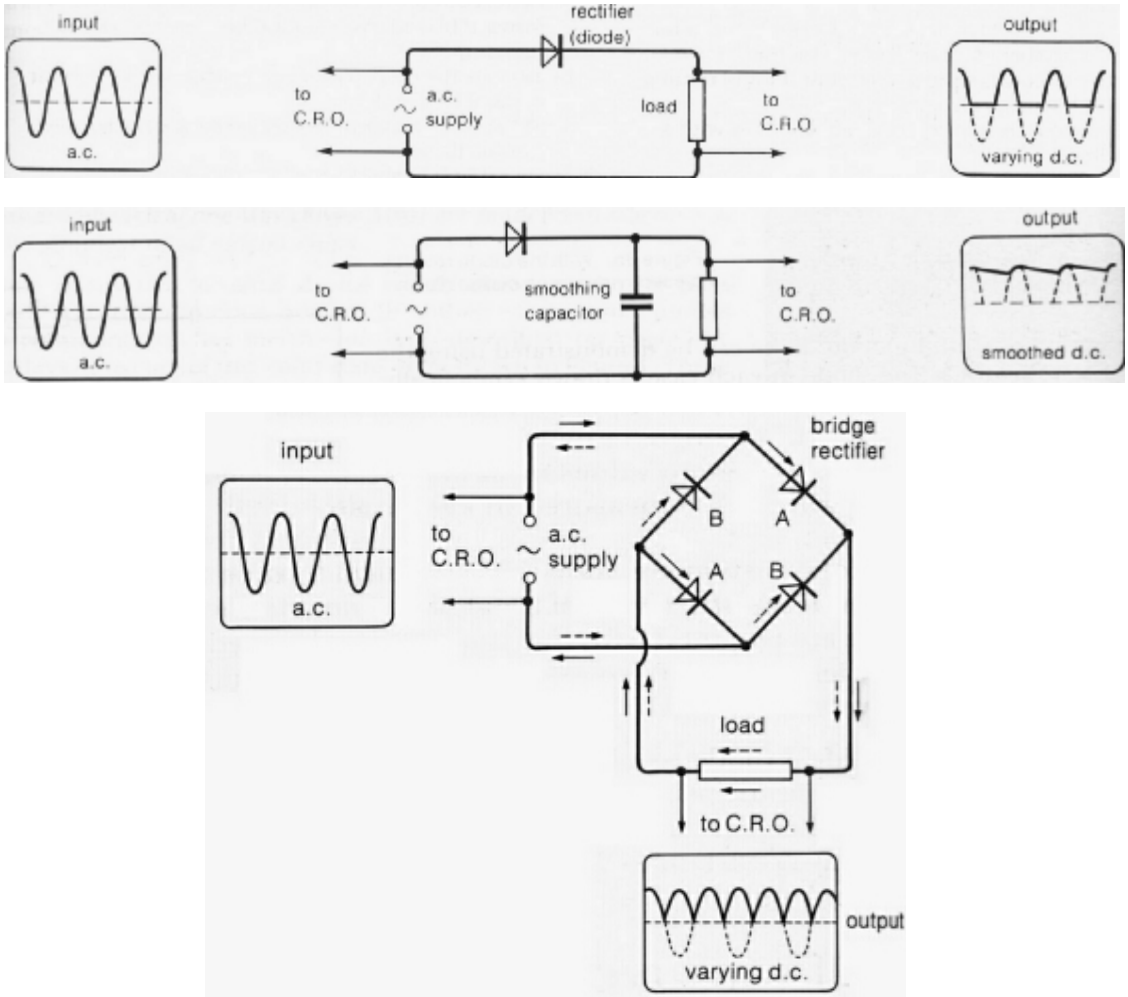
- že sa napätie indukuje vo vodiči, ktorý sa pohybuje v magnetickom poli, ale aj v cievke, ktorá sa nachádza v premennom magnetickom poli
- ako fungujú jednoduché generátory striedavého napätia a transformátory
- kvantitatívny vzťah medzi transformovaným napätím a počtom závitov v primárnej a sekundárnej cievke
- ako sa vyrába a prenáša el. energia

3 Porovnanie slovenských a zahraničných učebníc

Z porovnávacej štúdie nemeckej a českej stredoškolskej fyziky [8], v ktorej bola analýza nemeckých učebníc, vyplýva, že nemecká fyzika na gymnáziu obsahuje ešte viac matematiky (používa sa integračný a derivačný počet) ako česká a teda aj naša učebnica. Slovenské a české učebnice sú z hľadiska obtiažnosti dosť podobné. To, že sa v nemeckých učebniciach fyzika vysvetľuje zložitejšie ako u nás, platí hlavne vo vyšších ročníkoch. V nižších ročníkoch je učivo týkajúce sa elektrických obvodov približne porovnateľné s naším, ale zameraním na praktické použitie sa skôr blíži k anglickému spôsobu.

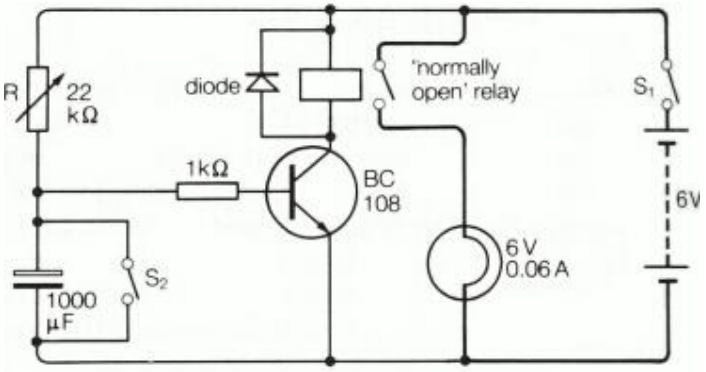
Jednoduchší prístup pri vysvetľovaní fyziky je v anglických učebniciach vydaných v Oxforde [9, 10]. Tieto učebnice sú určené žiakom anglických stredných škôl do 16 rokov. Jednotlivé pojmy a javy, týkajúce sa elektrických obvodov, sú len minimálne doplnené vzorcami, ale vždy sú doplnené reálnymi aplikáciami (praktickými zapojeniami) a testovými otázkami pre samokontrolu. Rozdielnosť našej gymnaziálnej učebnice [11] a týchto učebníc [9, 10] si môžeme ukázať pri vysvetlení diódového javu.

Vysvetlenie diódového javu je aj v samotných anglických učebniciach navzájom odlišné. V učebnici Explaining Physics GCSE Edition [9] nájdeme v kapitole o elektrických súčiastkach termistor a LED–diódu so stručným popisom činnosti. Hneď nato nasleduje kapitola o diódach, kde je len veľmi stručne vysvetlená nevlastná vodivosť polovodičov a výroba nevlastných polovodičov. Táto učebnica sa vôbec nezaoberá vznikom PN prechodu z hľadiska fyziky pevných látok, ale vysvetľuje len jeho vonkajšie správanie sa po pripojení diódy do obvodu. Potom nasleduje VA–charakteristika diódy a praktické aplikácie diódy – usmerňovače (obr. 2). Ale nezabúda sa ani na iné použitie. Napríklad dióda ako ochrana tranzistora pred prúdovými skokmi v cievke relé v nasledujúcej kapitole o tranzistoroch (obr. 3).



Obr. 2: Obrázky z učebnice Explaining Physics GCSE Edition [9] objasňujúce činnosť jednocestného a dvojcestného usmerňovača

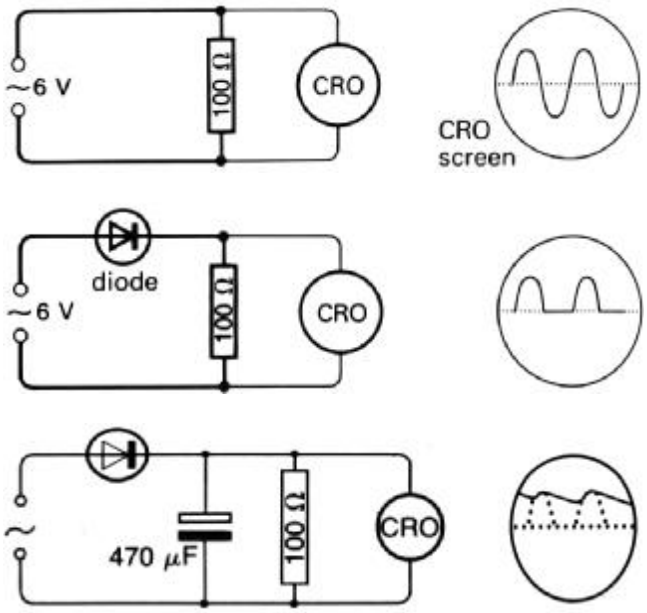
Usmerňovače sú vo veľkom množstve elektronických zariadení okolo nás a sú z jednou z najjasnejších a najjednoduchších aplikácií diód a teda aj diódového javu. Preto je veľmi potrebné činnosť usmerňovačov vysvetliť (obr. 2) už pri vysvetľovaní diód.



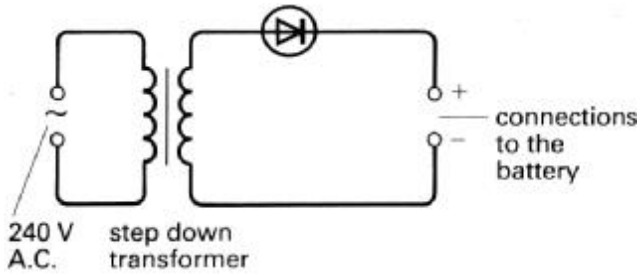
Obr. 3: Obrázok z učebnice Explaining Physics GCSE Edition [9] objasňujúci činnosť časového spínača

Možno by sme mohli uvažovať o dôležitosti diódy v zapojení časového spínača (obr. 3). A pritom sú tu hneď dva dôvody, prečo je dióda v tomto obvode pre žiakov dôležitá. Prvý je naučiť žiakov, že aj samotné prvky v obvode nie sú nezničiteľné a treba ich chrániť (ochrana tranzistora pri jeho zatvorení). Druhým je použitie poznatkov o diódovom jave a indukovanom napätí pri zmenách prúdu tečúceho cievkou, ktoré žiaci poznajú. Táto kombinácia, ktorá je pre žiakov neštandardná, by sa dala použiť aj ako problémová úloha.

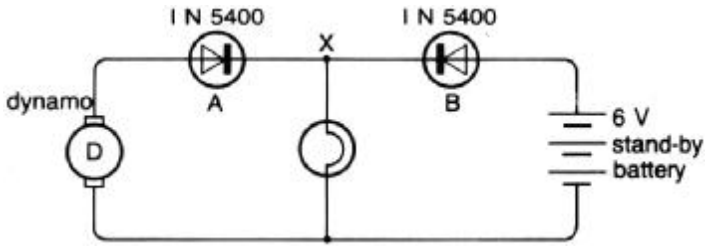
V učebnici GCSE Steps in Physics [10] sa v kapitole o rezistoroch stretneme aj s termistorom a fotorezistorom. Vysvetlenie polovodičov je až v kapitole o diódach, kde je veľmi stručne vysvetlená nevlastná vodivosť polovodičov a výroba nevlastných polovodičov. Ani táto učebnica sa nezaoberá vznikom PN prechodu a vysvetľuje len jeho správanie sa po pripojení diódy do obvodu. Potom nasleduje praktická aplikácia diódy – usmerňovač (obr. 4). Na rozdiel od predchádzajúcej učebnice tu nie je VA–charakteristika diódy a dvojcestný usmerňovač. Ale sú tu naviac iné praktické aplikácie diódy – zdroje: na dobíjanie autobatérie v aute počas jazdy (obr. 5), elektronické napäťové zdroje a prepínanie zdroja pre osvetlenie bicykla (obr. 6). Kapitola je ukončená stručným popisom činnosti LED–diódy (obr. 7). Ani v tejto knihe sa nezabúda na použitie diódy ako ochrany tranzistora pred prúdovými skokmi v cievke relé, ktoré je v kapitole o tranzistoroch (obr. 8).



Obr. 4: Obrázky z učebnice GCSE Steps in Physics [10] objasňujúce činnosť jednocestného usmerňovača

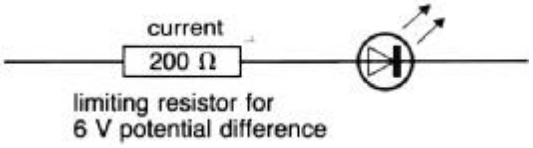


Obr. 5: Obrázok z učebnice GCSE Steps in Physics [10] objasňujúci dobíjanie autobatérie v aute počas jazdy



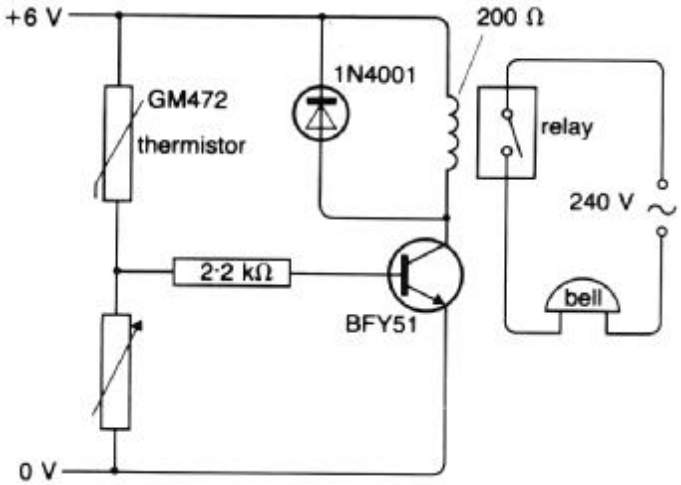
Obr. 6: Obrázok z učebnice GCSE Steps in Physics [10] objasňujúci prepínanie zdroja pre osvetlenie bicykla

Dopravné prostriedky sú dôležitou súčasťou nášho života. Preto sú dobré praktické príklady použitia diódy v automobile (obr. 5) a bicykli (obr. 6). V automobile sa používa dióda ako klasický jednocestný usmerňovač pri dobíjaní autobatérie počas jazdy. V bicykli sa používa na prepínanie zdroja osvetlenia bicykla a tento obvod sa môže použiť aj ako problémová úloha, lebo diódy tu slúžia ako bariéry zabraňujúce vzájomnému prepojeniu batérie a dynama.



Obr. 7: Obrázok z učebnice GCSE Steps in Physics [10] upozorňujúci na nutnosť ochranného rezistora pri zapojení LED–diódy

LED–dióda patrí k najčastejším signalizačným prvkom v elektronických prístrojoch. Jej vysoká citlivosť a nízka spotreba ju robia zraniteľnou proti preťaženiu a preto je žiakov potrebné upozorniť na nutnosť LED–diódu chrániť pomocou predradeného odporu (obr. 7).



Obr. 8: Obrázok z učebnice GCSE Steps in Physics [10] objasňujúci činnosť požiarneho alarmu

Požiarny alarm sa nám bežne zdá takmer nepotrebný. Až pri požiari oceníme jeho dôležitosť a to zvyšuje aj dôležitosť diódy ako jedného z prvkov tohto obvodu (obr. 8). Použitie diódy v tomto zariadení je rovnaké ako pri časovom spínači (obr. 3). Obvod obsahuje okrem diódy a tranzistora ešte jeden polovodičový prvok – termistor.

Autori učebníc Explaining Physics GCSE Edition [9] a GCSE Steps in Physics [10] nepovažovali pre všeobecné vzdelávanie žiakov do 16 rokov za dôležité hlbšie teoretické poznatky z fyziky pevných látok týkajúce sa PN prechodu. Potrebný je len jeho vonkajší prejav – diódový jav a jeho priame aplikácie - usmerňovače.

Za prílišné zjednodušovanie môžeme považovať, že autori GCSE Steps in Physics [10] nepoužili grafické znázornenie závislosti fyzikálnych veličín napätie a prúd a z praktických aplikácií vynechali dvojcestný usmerňovač. Kompenzovali to pridaním ďalších aplikácií.

V slovenskej (československej) učebnici pre druhý ročník gymnázia [11] sa k vysvetleniu činnosti diódy dostaneme po vysvetlení termistora (teplotná závislosť elektrického odporu polovodiča), vlastnej a nevlastnej vodivosti polovodičov a vzniku PN prechodu pomocou difúzie. Potom je už vysvetlená činnosť polovodičovej diódy po pripojení do jednoduchého elektrického obvodu, jej VA–charakteristika a spôsob výroby. Praktickú ukážku použitia diódy však v tejto učebnici nenájdeme (poznámku o použití diód v elektrických lokomotívach bez schémy a stručného opisu nemôžeme počítať). Usmerňovače sú učivom tretieho ročníka [12, 13] a tak je vysvetlenie činnosti od praktickej aplikácie diódy oddelené takmer ročným učivom.

Malé množstvo praktických aplikácií a ich oddelenie od teoretickej časti učiva sú možno dôvody prečo si žiaci a niektorí učitelia našich gymnázií kladú otázku, či sú diódový jav a aj celkovo elektrické obvody potrebné pre všeobecné vzdelanie.

4 Materiály pre učiteľov fyziky na Slovensku

U nás vo fyzike na štvorročných gymnáziách nájdeme elektrické obvody viac-menej len v druhom a treťom ročníku. V starších učebniciach fyziky pre gymnáziá [11, 12], ktoré sú stále vo veľkej miere chápané ako spracované osnovy, sú elektrické obvody vysvetľované až príliš do hĺbky z teoretického hľadiska a takmer vôbec z praktického hľadiska (v nových učebniciach to autori riešia experimentmi a zredukovaním teoretických odvodzovaní [13]).

V týchto starších československých učebniciach sa učivo väčšinou začína množstvom teoretických poznatkov a až dodatočne a nedostatočne vysvetľuje dôvod prečo ich treba poznať. Je to preto, že v dobe, keď tieto učebnice vznikli, bola príliš preferovaná systematizácia poznatkov (vedeckosť získavaných poznatkov) a to na úkor poznania javov a ich aplikácií. Jednotlivé aplikácie boli hlavne z polytechniky. Príkladom je vysvetlenie diódového javu, kde je podľa učebnice pre druhý ročník [11] najskôr potrebné vysvetliť, ako vedú prúd polovodiče, potom ako vzniká PN prechod z hľadiska fyziky pevných látok a až nakoniec stručne vysvetliť činnosť polovodičovej diódy. Praktická aplikácia (usmerňovač) je uvedená až v učebnici pre tretí ročník [12].

Okrem učebníc sa u nás dajú použiť aj zbierky demonštračných pokusov k rôznym demonštračným súpravám, ktoré obsahujú pokusy s elektrickými obvodmi [14], alebo sú priamo zamerané iba na elektrické obvody [15]. Pri použití týchto zbierok často narážame na nutnosť použitia špeciálnych a starších pomôcok, ktoré sa nedajú zohnať, nikto ich už neopravuje alebo sú príliš drahé.

Preto sa učitelia, ktorí chcú na hodinách experimentovať, orientujú na pokusy s jednoduchými pomôckami [16], ktoré značne zvyšujú záujem žiakov o fyziku. Tieto experimenty sa v drvivej miere orientujú na elektrostatiku, magnetostatiku, silové účinky magnetického poľa na vodič s prúdom a elektromagnetickú indukciu.

Akosi sa zabúda na elektrické obvody, ktoré tvoria podstatnú časť elektriny a magnetizmu. Preto sa ako pomôcky pri elektrine a magnetizme dajú namiesto učebníc použiť aj publikácie populárnej elektroniky [17, 18, 19, 20, 21, 22], v ktorých sa autori orientovali hlavne na prakticky použiteľné poznatky pre čitateľa. Ďalšími pomôckami sú

metodické texty k elektronickým stavebniciam [23], v ktorých sú navrhnuté jednoduché, praktické a zábavné zapojenia.

V poslednom čase sa ako neobmedzený zdroj potrebných informácií [4, 5, 6, 24] stále viac presadzuje Internet, ktorý je medzi žiakmi veľmi obľúbený a nachádza si obľubu aj u učiteľov. Rastúci význam využitia výpočtovej techniky a Internetu vo vyučovacom procese sa prejavil aj v príprave budúcich učiteľov fyziky na našich vysokých školách.

Zmeny musia prebehnúť už na základných školách. Príkladom, že sa dajú elektrické obvody už na základnej škole vysvetliť zaujímavo a s množstvom jednoduchých experimentov, sú české učebnice, ktoré sú dostupné aj u nás [2, 3].

Stále väčší význam začína mať kontextuálne vyučovanie. Môžeme sa s ním stretnúť najmä v zahraničnej literatúre ako napríklad Advanced Physics [25], kde je pekná téma o elektrickom odpore, ktorá je zameraná na využitie elektrického odporu v archeológii.

5 Ciele

Pri stanovení svojich cieľov som vychádzal z toho, že sa elektrické obvody vo fyzike na gymnáziu zanedbávajú, hoci sú dosť dôležité. Vo veľkej miere za to môže nedostatočné vybavenie gymnázií vhodnými pomôckami (tento stav môžem potvrdiť na oboch gymnáziách, kde som doteraz učil). Vybavenie škôl zmeniť nemôžem, ale pokúsil som sa aspoň pomocou jednoduchých a lacných pokusov s LED–diódami a žiarovkami umožniť používanie elektrických obvodov na hodinách fyziky aj na takýchto školách.

C1) Návrh obvodov s LED–diódami alebo žiarovkami, ich vysvetlenie a zaradenie do vyučovacieho procesu.

C2) Overenie na gymnáziu.

C3) Prezentácia pokusov na rôznych akciách venovaných didaktike fyziky a pomocou Internetu.

6 Hypotézy

H1) Pokusy s obvodmi obsahujúcimi LED–diódy a žiarovky sú dostatočne jednoduché, aby žiaci pochopili a vedeli vysvetliť ich činnosť

H2) Žiaci dokážu navrhnuté obvody obsahujúce LED–diódy a žiarovky správne priradiť k poznatkom v učive fyziky na štvorročnom gymnáziu

7 Zvolené metódy práce

Koncom roka 2002, som použil materiály z konferencie DIDFYZ 2002 a z konferencie Šoltésove dni 2002, na ktorých som prezentoval aj elektrické obvody a vytvoril som stránku www.ddp.fmph.uniba.sk/~ciganik/prva.htm [24]. Zaregistroval som ju vo www.naj.sk [26], kde doteraz získavam štatistiku návštevnosti stránky. Pre lepšie vyhľadanie som ju zaregistroval aj na www.zoznam.sk [27]. Zvolil som nasledujúcu štruktúru stránky (ukážka jedného pokusu zo stránky je v prílohe 10.3):

- *Téma v učebnici*

  Názvy tém v učebnici, s ktorými pokus súvisí. Témy súčasne fungujú aj ako názov pokusu.

- *Jav alebo pojem*

  Presnejšie definovaný jav alebo pojem, ktorý chceme demonštrovať.

- *Pomôcky*

  Zoznam pomôcok potrebných na zostavenie obvodov v tomto pokuse.

- *Činnosť*

  Schémy zapojenia, vysvetlenie ich činnosti z hľadiska gymnaziálnej fyziky. Schémy sú zobrazené zmenšené pre lepšie zobrazovanie stránky a kliknutím sa dajú zväčšiť do pôvodnej veľkosti.

V prípade potreby je táto štruktúra doplnená ešte o poznámku alebo doplnkovú úlohu, kde je predostretý iný spôsob použitia, alebo dôležitá informácia pre zapojenie.

Vo februári 2003 som si odskúšal pokusy s usmerňovačmi pomocou LED–diód na gymnáziu na Novohradskej ulici u kolegu P. Demkanina (obr. 10 v prílohe 10.1).

Medzi septembrom a decembrom 2003 som na gymnáziu na Hánnovej ulici so žiakmi preberal učivo o elektrine a súčasťou výuky boli aj jednotlivé pokusy s elektrickými obvodmi. V decembri 2003 som im zadal laboratórnu prácu, ktorej úlohou bolo, aby žiaci počas vyučovacej hodiny preskúmali obvody, ktoré dostali, jednoducho popísali ich činnosť a priradili ich k učivu, ktoré už preberali (obr. 9 v prílohe 10.1 a príloha 10.4). Ich práce som analyzoval a pomocou tejto analýzy som overoval svoje hypotézy.

V decembri 2003 som pokusy prezentoval spolu s kolegyňou M. Pallovou na konferencii Šoltésove dni 2003.

8 Výsledky

Stránka http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~ciganik/elektronika/prva.htm [24] mala v roku 2003 na www.naj.sk [26] takúto štatistiku:

Počet prvých návštev stránky za rok 2003:	621
Počet všetkých návštev stránky za rok 2003:	961

Počty návštev nie sú veľmi smerodajné, lebo zahŕňajú aj náhodných návštevníkov

Reakcií na stránku pomocou elektronickej pošty bolo málo a týkali sa technických problémov: Jedna z reakcií obsahovala informáciu o problémoch pri zobrazovaní znaku Ω pod inými prehliadačmi ako je Explorer. Tieto problémy som za pomoci kolegov vyriešil. Ďalšia reakcia sa týkala konštrukcií stabilizovaných zdrojov. Tieto reakcie sa netýkajú priamo pokusov, ale ukazujú, že stránku si návštevníci aj prezerajú a nejde len o náhodné otvorenie stránky pri surfovaní po Internete.

V decembri 2003 mi autori novej stránky www.best-top.sk [28], zaoberajúcej sa štatistikami stránok, ponúkli zaradenie mojej stránky do ich zoznamu a žiadali banner

(obrázok reprezentujúci stránku). To potvrdzuje, že na stránku je dobrý prístup (dá sa ľahko nájsť).

Vhodnejšie reakcie na stránku boli pri osobnom kontakte. Žiaci gymnázia Hánnova [29], ktorých učím, si z vlastnej iniciatívy vyhľadali moju stránku. Títo žiaci vyjadrili názor, že tieto pokusy sú motivačné, lebo je možné sa s nimi „*pohrať*“ a nielen namerať hodnoty. Pravdivosť ich slov som overoval na vyučovacích hodinách, kde som sledoval ich reakcie a záujem pri narábaní s týmito elektrickými obvodmi. Pri analyzovaní priebehu a výsledkov laboratórnej práce, ktorú som im zadal v decembri 2003, som zistil, že 86,7 % žiakov obvody zaujali a zapájali sa do potrebných činností súvisiacich s laboratórnou prácou.

Kladné boli aj reakcie žiakov [30] na hodine P. Demkanina. Uvediem jeden príklad: Po odskúšaní pokusov s usmerňovačmi z LED–diód žiakmi napojil P. Demkanin jeden dvojcestný usmerňovač z LED–diód na zdroj striedavého napätia a ukázal ho žiakom. Po skončení ukážky sa jedna zo žiačok vrátila na miesto a pre vlastné overenie si pokus v lavici ešte raz zopakovala (namiesto zdroja striedavého napätia mali žiaci k dispozícii 9 V batériu, ktorú striedavo zapájali do obvodu).

Prvé ohlasy na pokusy od učiteľov som získal od účastníkov konferencie DIDFYZ 2002. Elektrické obvody boli zapojené na polystyréne a spolu s batériami a popismi ich funkcie pripnuté na nástenke s mojím príspevkom [31]. Účastníci využívali možnosť vyskúšať si obvody a kladne hodnotili metódu spájania súčiastok do obvodu pomocou špendlíkov a polystyrénu [32]. Ďalšie ohlasy som získal na Šoltésových dňoch 2003, keď niektorí účastníci po skončení bloku určeného pre KZDF (do ktorého sme boli M. Pallovou zaradení) s nami diskutovali o skúsenostiach s používaním pokusoch s elektrickými obvodmi na stredných školách a zaujímali sa aj o adresu internetovej stránky [33].

Pokusy našli pozitívny ohlas aj niektorých mojich kolegov – učiteľov. P. Demkanin si vypýtal niekoľko zapojení usmerňovačov na používanie [34]. M. Pallovú zaujal spôsob pripájania súčiastok na polystyréne [35]. Vytvorila si svoj vlastný spôsob zapojenia súčiastok a navrhla si vlastné zapojenia, ktoré teraz používa v nižších ročníkoch osemročného gymnázia.

Motivácia žiakov týmito pokusmi je dôležitá, ale oveľa dôležitejšie je, aby umožnili žiakom lepšie chápanie preberaného učiva o elektrických obvodoch. Preto som v decembri 2003 žiakom gymnázia Hánnova zadal laboratórnu prácu, v ktorej mali žiaci (v jedno, dvoj

a trojčlenných skupinách) pokusy vysvetliť a zaradiť do učiva. Výsledkom sú žiacke vysvetlenia pokusov:

- LED–dióda ako ampérmeter a voltmeter
- nabíjanie, vybíjanie a výsledná kapacita kombinácie kondenzátorov pomocou LED–diód
- Kirchhoffove zákony pomocou LED–diód
- tranzistorový jav pomocou LED–diód
- Ohmov zákon pre uzavretý obvod pomocou žiarovky
- sériová a paralelná kombinácia odporu ľudského tela pomocou zvukovej skúšačky elektrického odporu

Z analýzy týchto prác a pozorovania žiakov na hodine vyplýva, že takmer 60 % žiakov svoju úlohu zvládlo správne, 26,7 % úlohu zvládlo, ale pri vysvetlení v práci malo chybu, 13,3 % javilo menší záujem o prácu a málo ovplyvnili výsledok práce svojej skupiny. Môžem teda tvrdiť, že v rámci tejto triedy sa moje hypotézy potvrdili. Ukážka jednej takej práce je v prílohe 10.4, v prílohe 10.1 sú fotografie z vyučovania na gymnáziách na Hánnovej a Novohradskej ulici a v prílohe 10.2 sú obrázky troch vybraných pokusov.

V navrhovaní pokusov, ich overovaní na gymnáziu a uverejňovaní na Internete budem naďalej pokračovať. Pre lepšie overenie, tieto pokusy zaradím do svojej dizertačnej práce, ktorá sa zaoberá elektrickými a magnetickými javmi v obsahu fyziky na gymnáziách.

9 Literatúra a ostatné zdroje požité v tejto práci

[1.] Beluš, M.: Jednoduchý fyzikálny experiment, zborník Šoltésove dni ´96, Bratislava, MCMB 1997

[2.] Rojko, M.: Fyzika kolem nás 1, Praha, SCIENTIA 1995

[3.] Rojko, M.: Fyzika kolem nás 3, Praha, SCIENTIA 1997

[4.] http://www.nc.uk.net/accessible/Sc.html

[5.] http://www.leu.bw.schule.de/allg/lp/index.htm

[6.] http://www.infovek.sk/predmety/fyzika/dokumenty.html

[7.] Chalupková, A. a kol.: Porovnávacia štúdia: Školské systémy v zahraničí, čiastková úloha projektu KEGA 3/115803

[8.] Hubeňák, J.: K učebnicím fyziky v SRN, Hradec Králové, GAUDEAMUS 1998

[9.] Pople, S.: Explaining Physics GCSE Edition, Oxford, Oxford University Press 1991

[10.] Byron, J.: GCSE Steps in Physics, Oxford, Oxford University Press 1988

[11.] Svoboda, E. a kol.: Fyzika pre 2. Ročník gymnázia, Bratislava, SPN 1995

[12.] Lepil, O., Houdek, V., Pecho, A.: Fyzika pre 3. ročník gymnázia, Bratislava, SPN 1986

[13.] Koubek, V., Lepil, O.: Fyzika pre 3. ročník gymnázia, Bratislava, SPN 2003

[14.] Koubek, V. a kol.: Školské pokusy z fyziky, Bratislava, SPN 1992

[15.] Dibelka, J.: Pokusy s demonštračnou súpravou z elektriny, Banská Bystrica, Učebné pomôcky 1987

[16.] Kostič, Ž., K.: Medzi hrou a fyzikou, Bratislava, ALFA 1971

[17.] Limann, O., Pelka, H.: Elektronika bez balastu, Bratislava, ALFA 1990

[18.] Schommers, A.: Elektronika tajemství zbavená: Kniha 1, Ostrava, HEL 1998

[19.] Schommers, A.: Elektronika tajemství zbavená: Kniha 2, Ostrava, HEL 1998

[20.] Malina, V.: Poznávame elektroniku I., České Budějovice, Kopp 1995

[21.] Malina, V.: Poznávame elektroniku II., České Budějovice, Kopp 1995

[22.] Malina, V.: Poznávame elektroniku: Elektronika v domácnosti, České Budějovice, Kopp 1999

[23.] ŠROL, M.: Elektronická experimentálna súprava. Banská Bystrica, Učebné pomôcky 1990

[24.] http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~ciganik/elektronika/prva.htm

[25.] Horner, S.: Advanced Physics, York, Heinemann 2000

[26.] http://www.naj.sk

[27.] http://www.zoznam.sk

[28.] http://www.best-top.sk

[29.] žiaci gymnázia na Hánnovej ulici: osobné rozhovory, september až december 2003

[30.] žiaci gymnázia na Novohradskej ulici: reakcie na vyučovacej hodine, február 2003

[31.] Cigánik, V.: Postavenie elektriny a magnetizmu v obsahu všeobecného vzdelávania, Zborník referátov z 13. medzinárodnej konferencie DIDFYZ 2002, Inovácia obsahu fyzikálneho vzdelávania, Nitra, JSMF 2003

[32.] účastníci konferencie DIDFYZ 2002: osobné rozhovory, Račkova dolina, október 2002

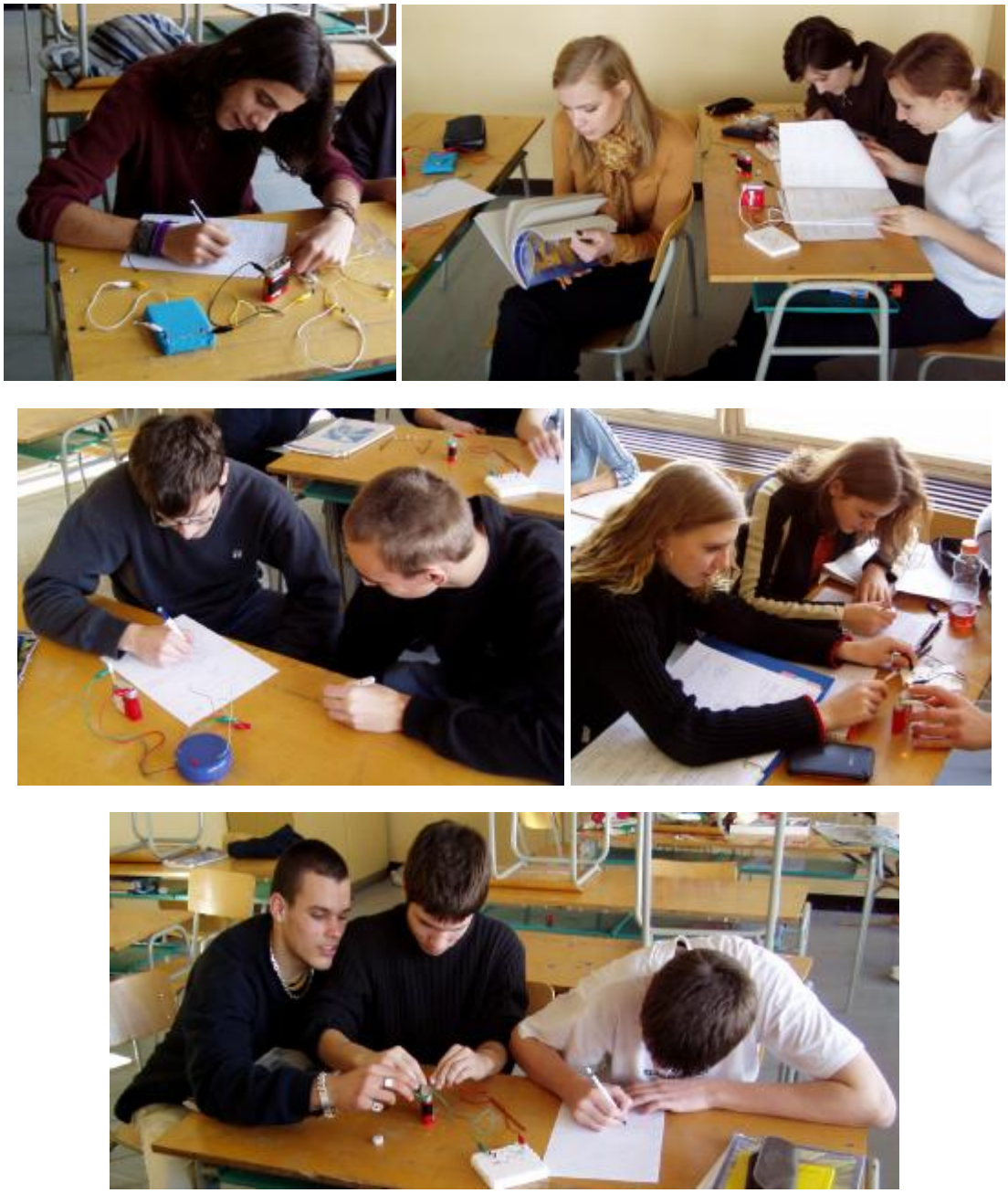
[33.] účastníci konferencie Šoltésove dni 2003: osobné rozhovory, Bratislava, december 2003

[34.] Demkanin, P.: osobný rozhovor, február 2003

[35.] Pallová, M.: osobný rozhovor, december 2002

10 Prílohy

10.1 Žiaci pri práci



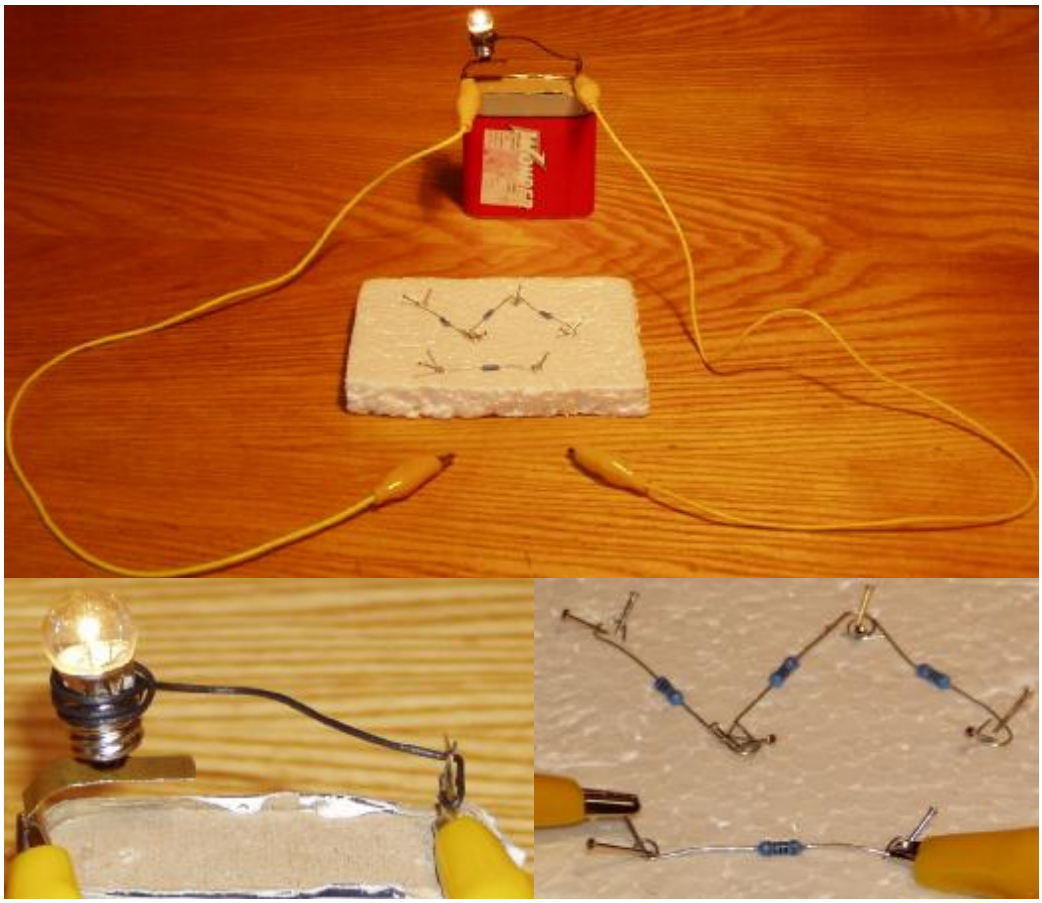
Obr. 9: Žiaci pri laboratórnej práci

(gymnázium na Hánnovej ulici, december 2003)

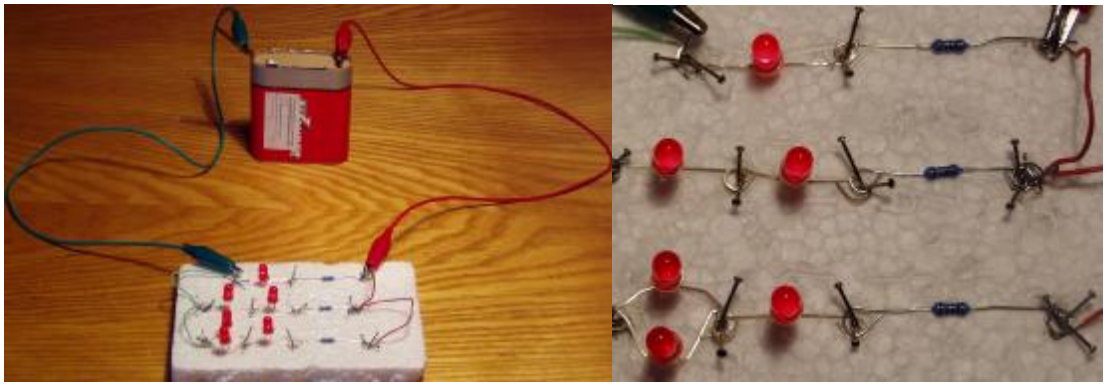
Obr. 10: Žiaci pri skúšaní obvodov

(gymnázium na Novohradskej ulici, február 2003, foto P. Demkanin)

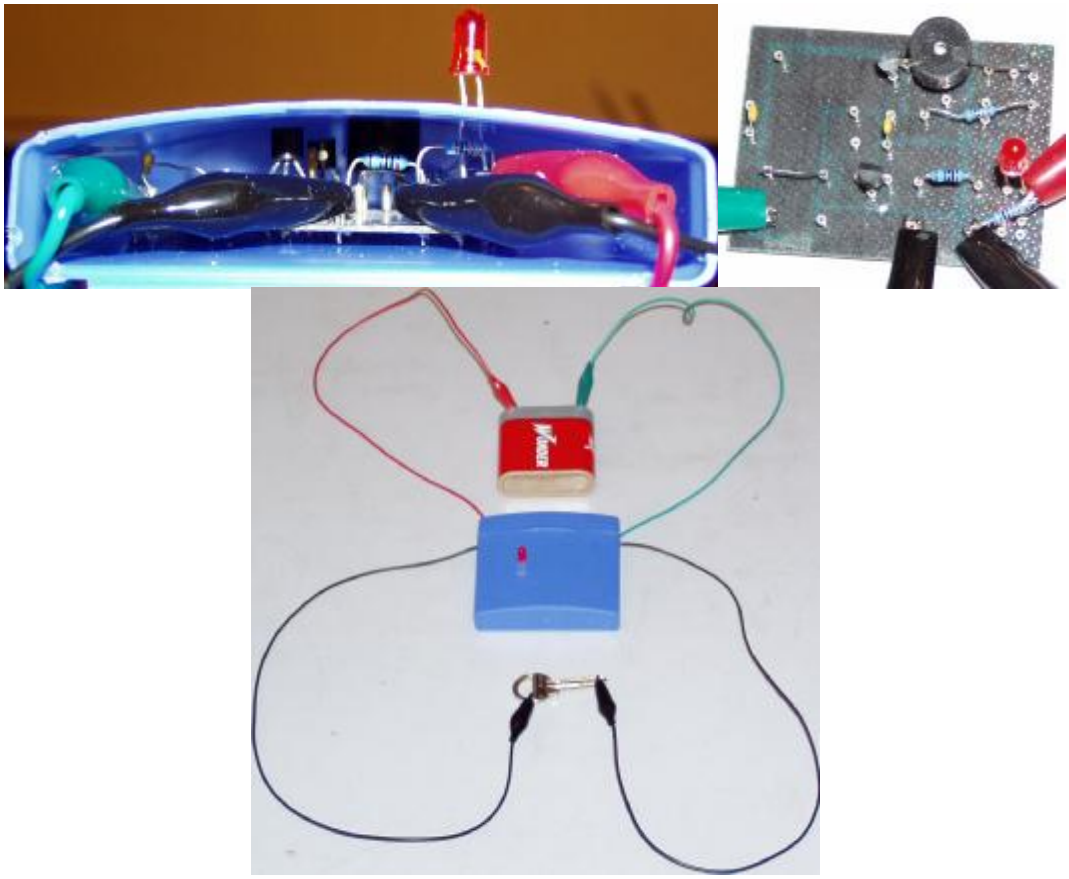
10.2 Pokusy



Obr. 11: Obvod so žiarovkou – Ohmov zákon pre uzavretý obvod



Obr. 12: Obvod s LED–diódou – Kirchhoffove zákony



Obr. 13: Zložitejší obvod s diódou a reproduktorom – Zvuková skúšačka odporu

10.3 Ukážka stránky

Téma v učebnici:

Tranzistorový jav a jeho technické využitie

Jav alebo pojem:

tranzistorový jav

Pomôcky:

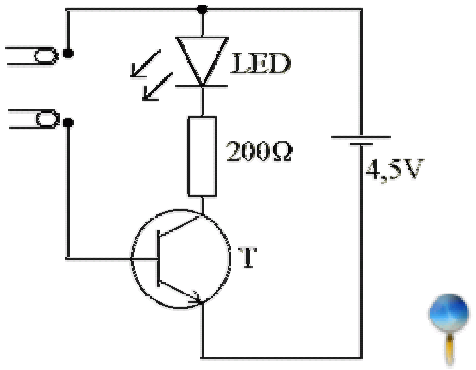
špendlíky, polystyrén, 4,5V batéria, tranzistor, dve LED, rezistory: 200Ω, 1kΩ, 10kΩ, 100kΩ, 1MΩ, 10MΩ, vodiče

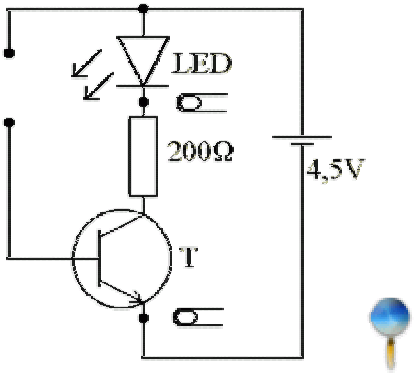
Činnosť:

Pri tomto pokuse ukážeme súčasne tranzistor ako spínač aj zosilňovač.

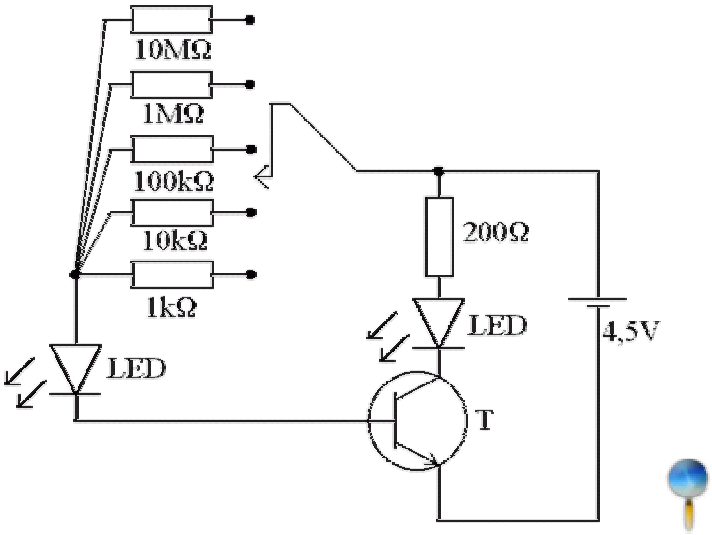
Zapojíme batériu, tranzistor, LED a 200Ω rezistor podľa schémy. Potom spojíme prstami bázu tranzistora a kladný pól batérie. Dióda bude svietiť. Ak spojíme prstami anódu so záporným pólom batérie, dióda svietiť nebude, lebo odpor nášho tela sú rádovo stovky kΩ. Po pripojení k batérii našim telom prechádza malý prúd, ktorý nestačí na rozsvietenie diódy, ale stačí na to aby otvoril tranzistor. Pri

otvorenom tranzistore diódou prechádza dostatočný prúd. Pretože na rozsvietenie diódy je treba väčší prúd, ako je prúd potrebný na otvorenie tranzistora, prejavil sa zosilňovací účinok tranzistora. Dióda sa rozsvieti, až keď sa otvorí tranzistor. Teda tranzistor slúži ako elektronický spínač.





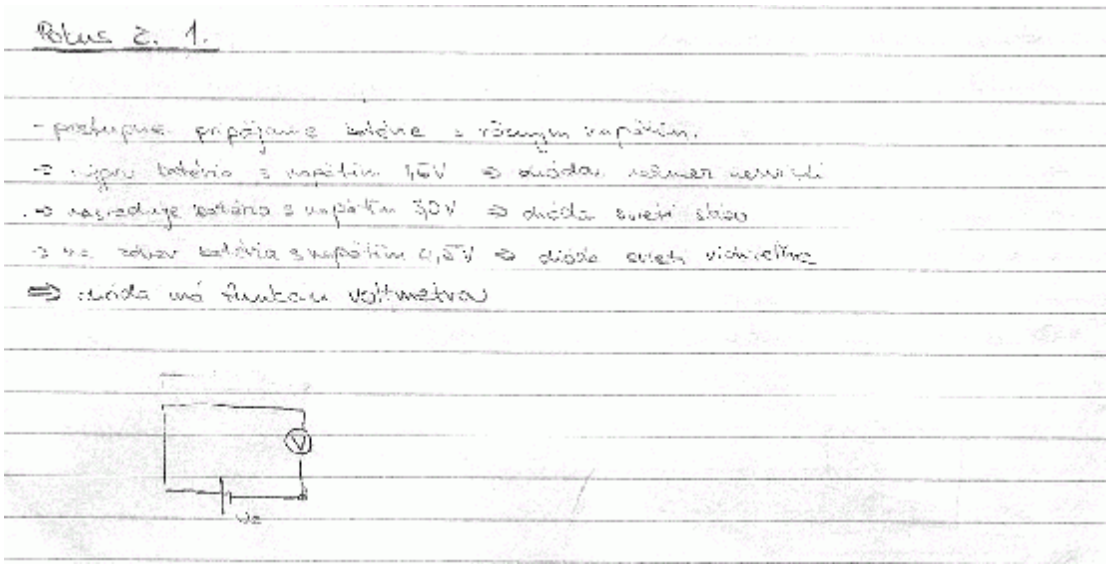
Pre lepšiu demonštráciu zosilnenia môžeme medzi bázu a kladný pól batérie pripojiť LED s 1kΩ rezistorom. Bázová LED slabo svieti a kolektorová svieti jasne. Teda cez kolektor prechádza väčší prúd. Namiesto 1kΩ rezistora postupne pripojíme 10kΩ, 100kΩ, 1MΩ a 10MΩ rezistor. Bázová dióda nesvieti už pri 100kΩ (pri 10kΩ ešte slabučko svieti). Pri 10MΩ kolektorová LED ešte stále slabo svieti (pri 1MΩ ešte svieti jasne). Kolektorový prúd je teda oveľa väčší ako bázový a bázovým prúdom riadime kolektorový prúd.



Pre lepšie prehliadanie stránky a lepšie zobrazenie schém (hlavne pri väčších schémach) sú na stránke schémy zobrazené zmenšene. Originálne veľkosti sa zobrazia v novej stránke po poklepaní na zmenšenú schému alebo lupu.

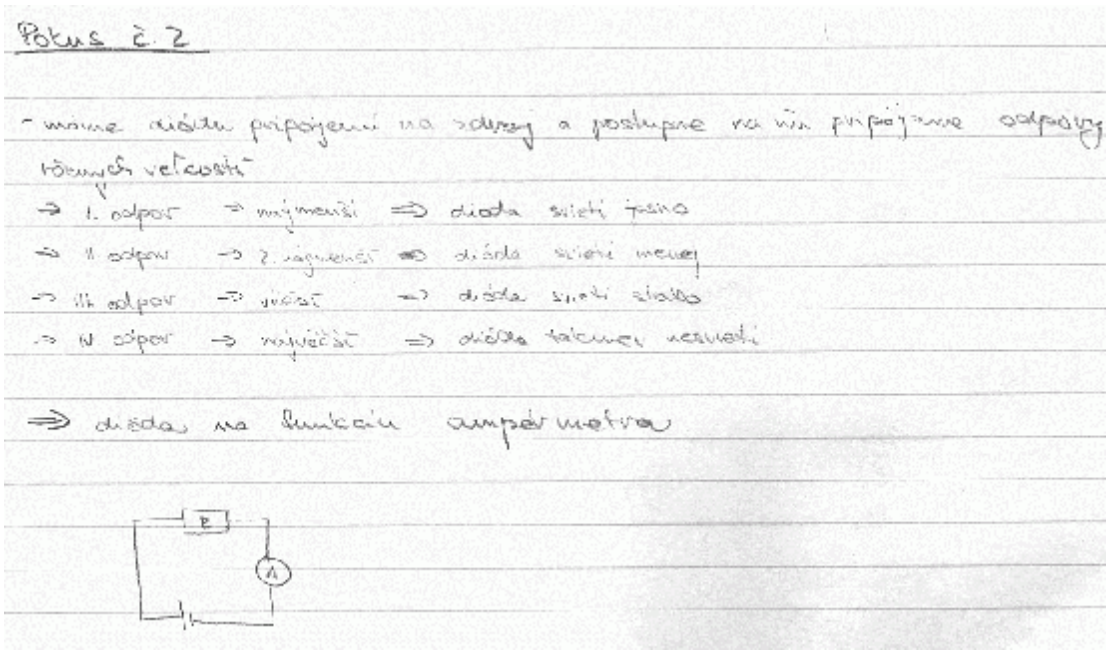
10.4 Ukážka laboratórnej práce

Táto laboratórna práca týkajúca sa pokusov LED–dióda ako ampérmeter a voltmeter bola vypracovaná žiačkou gymnázia na Hánnovej ulici v decembri 2003.



Pokus č. 1.

- postupne pripájame batérie s rôznym napätím.
→ ak je batéria s napätím 1,5V → dióda svieti veľmi
→ nasleduje batéria s napätím 3,0V → dióda svieti slabo
→ na záver batéria s napätím 4,5V → dióda svieti viditeľne
⇒ dióda má funkciu voltmetra



Pokus č. 2

- máme diódu pripojenú na zdroj a postupne na ňu pripájame odpory rôznych veľkostí
→ I. odpor → najmenší ⇒ dióda svieti jasno
→ II. odpor → 2. najmenší ⇒ dióda svieti menej
→ III. odpor → väčší → dióda svieti slabo
→ IV. odpor → najväčší ⇒ dióda takmer nesvieti
⇒ dióda má funkciu ampérmetra