

Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Josef Hylský

Netradiční laboratorní práce ve výuce fyziky na gymnáziu

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce : RNDr. Zdeněk Drozd, Ph.D.

Studijní program : Fyzika, Fyzika zaměřená na vzdělávání

2007

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce a jejím zveřejňováním.

V Praze dne

Josef Hylský

Obsah :

1. Metodický text k laboratorní práci Proměření vnitřního odporu a životnosti elektrických monočlánků	6
1.1. Vybíjení článku přes spotřebič s konstantním odporem	6
1.2. Vybíjení článku konstantním vybíjecím proudem	7
2. Teorie k laboratorní práci Proměření vnitřního odporu a životnosti elektrických monočlánků	10
2.1. Primární (nenabíjecí) elektrické články	10
2.2. Sekundární (nabíjecí) elektrické články	13
3. Pracovní list k laboratorní práci Proměření vnitřního odporu a životnosti elektrických monočlánků	14
4. Metodický text k laboratorní práci Měření rychlosti střel kuličkové pistole	18
4.1. Balistické kyvadlo	18
4.2. Vozík a vzduchová dráha	20
4.3. Přestřelování pásků a ISES	21
5. Pracovní listy k laboratorní práci Měření rychlosti střel kuličkové pistole	23
5.1. Pracovní list - Měření rychlosti střel kuličkové pistole pomocí balistického kyvadla	23
5.2. Pracovní list – Měření rychlosti střel kuličkové pistole pomocí přestřelování pásků	26
6. Metodický text k laboratorní práci Měření indexu lomu kapalin	28
7. Pracovní list k laboratorní práci Měření indexu lomu kapalin	31

Název práce: Netradiční laboratorní práce ve výuce fyziky na gymnáziu

Autor: Josef Hylský

Katedra (ústav): Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Zdeněk Drozd, Ph.D.

E-mail vedoucího: zdenek.drozd@mff.cuni.cz

Abstrakt:

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout či vymyslet několik námětů na netradiční laboratorní práce z různých oblastí fyziky. Tyto náměty bylo třeba odzkoušet a zpracovat tak, aby je bylo možné využít při výuce na gymnáziích. Dalším úkolem u každé z nich bylo sepsat metodický text, který by byl určen primárně pro učitele a který by popsal průběh měření, jeho výhody a rezervy či výchovný přínos. Dále byl ke každé práci zpracován pracovní list. Pokud bylo třeba, byl sestaven i teoretický text určený jak pro učitele, tak pro jejich žáky.

Tyto laboratorní práce by měly být zajímavou a netradiční alternativou těch prací, které jsou popsány v učebnicích a na které se učitelé často omezují. Práce by měly kromě kompetencí odborných rozvíjet i kompetence pro řešení problémů, pracovní či sociální.

V bakalářské práci jsou popsány laboratorní práce z oblasti mechaniky (Měření rychlosti střel kulčkové pistole), elektřiny (Měření vnitřního odporu a životnosti elektrických monočlánků) a optiky (Měření indexu lomu kapalin).

Klíčová slova:

laboratorní práce, elektrický monočlánek, index lomu, balistické kyvadlo

Title: Unusual practicum in teaching at the grammar school

Author: Josef Hylský

Department: Department of Physics Education

Supervisor: RNDr. Zdeněk Drozd, Ph.D.

Supervisor's e-mail address: zdenek.drozd@mff.cuni.cz

Abstract:

The main aim of this bachelor's thesis was to suggest several unusual themes for practicum from different areas of physics. These themes had to be tested and put together so they would be able to be applied by teaching on grammar school. The associated task was to compile the methodical text for each theme, which would be primarily appointed for teachers and which would describe the procedure of the survey, its advantages and disadvantages and educational contribution. For each theme was elaborated working paper. Where needed, the theoretical text appointed for both teachers and students was compiled.

These laboratory practices should be interesting and unusual alternative to practices, which are described in schoolbooks and to which teachers are mostly oriented. Except a professional competence the practices should develop a competence for problem solving, working and social competence.

In bachelor's thesis are described the practicums from mechanics (measurement of projectile speed shot from ball pistol), electricity (measurement of inner resistance and lifetime of electric cell) and optics (measurement of index of refraction in liquids).

Keywords:

laboratory practices, electric cell, index of refraction, ballistic pendulum

Úvod

Nedílnou součástí výuky fyziky na středních školách a gymnáziích je praktická činnost. Kromě frontálních demonstračních experimentů, které předvádí sám učitel, by neměly chybět ani lehčí laboratorní práce, při nichž se studenti učí pracovat s pomůckami, které nejednou využijí i v budoucím životě, učí se vyhodnocovat výsledky své práce či spolupracovat s ostatními lidmi ze svého okolí. Laboratorní práce mohou být zpracovávány buď jedním, nebo skupinkou studentů. Každá z těchto možností má své výhody i nevýhody. Při skupinové práci můžeme v žácích kromě odborných kompetencí rozvíjet jejich sociální stránku osobnosti. Studenti se učí spolupracovat, diskutovat a obhajovat své názory před ostatními či respektovat názory druhých a hledat v nich nějaké poučení. Samostatné laboratorní práce (řešené jednotlivcem) mohou naopak rozvíjet kompetence k řešení problémů či kompetence pracovní.

Učitelé na gymnáziích se často upínají pouze na několik tradičních prací, které jsou popsány přímo v učebnicích. Domnívám se, že jedním z hlavních důvodů, proč tomu tak je, je malé množství literatury, ve které by byly další laboratorní práce popsány a zpracovány tak, aby byly hned použitelné. Proto jsem se rozhodl pracovat na této problematice, neboť skýtá mnoho prostoru pro vlastní seberealizaci. Je zapotřebí vytvořit a zpracovat soubor námětů na zajímavé a netradiční laboratorní práce, které by byly učitelům ihned k dispozici, a mohli tak oživit praktické hodiny výuky fyziky. Tyto práce by měly být pro studenty zajímavé a netradiční. Měly by žáky rozvíjet jak ve znalostech fyzikálních zákonů, tak ve schopnosti orientovat se v dnešním světě. Studenti by si měli navyknout řešit jednoduché problémy, pracovat s nabitými informacemi a hodnotit je, sumarizovat a prezentovat je. Dále by měli získat i určitou manuální zručnost (práce s měřicími přístroji, práce nebo výroba pomůcek k pokusu, atd.).

Všechny výše popsané argumenty mne inspirovaly k tomu, abych svou bakalářskou práci zaměřil na vybrání či vymyšlení několika námětů na netradiční laboratorní práce a zpracoval je tak, aby bylo možné je použít při výuce fyziky na těchto typech škol.

Cíl bakalářské práce

Cílem mé bakalářské práce je zpracování několika nápadů na netradiční laboratorní práce z různých oborů fyziky tak, aby bylo možné je využít při výuce na gymnáziu. K těmto pracím je třeba vyrobit nebo jinak zajistit potřebné pomůcky. Poté všechny laboratorní práce odzkoušet a odladit, aby byl zajištěn jejich bezproblémový průběh a ověřit zdali je takové měření vůbec reálně možné (s dostatečně malou chybou měření). Dále je třeba sepsat ke každé práci metodický text, který bude určen primárně pro učitele. V něm popíši průběh celé práce, její výhody a nevýhody, výchovný přínos, výsledky mého kontrolního měření, případně její fotodokumentaci. Ke každé z prací bude vytvořen pracovní list. Pokud bude třeba, bude sestaven i teoretický text určený jak pro učitele, tak pro jejich žáky. Veškerou dokumentaci k dané laboratorní práci umístím na internet (na stránky Fyzwebu), aby tak byla dostupná učitelům, kterým je určena primárně.

Kapitola 1

Metodický text k laboratorní práci Proměření vnitřního odporu a životnosti elektrických monočlánků

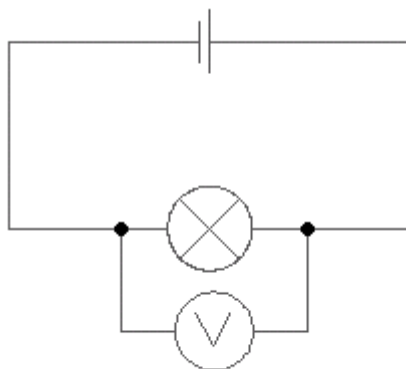
Každý z nás již někdy držel v ruce monočlánek, viděl reklamu na jeho různé značky či v obchodě přemýšlel, zda má koupit levnější či dražší článek, který zná z televize. Proto jsem se rozhodl zpracovat malý testík k proměření životnosti elektrických monočlánků, který by bylo možné provést i v hodinách fyziky na střední škole. Cílem této laboratorní práce je kromě samotného praktického zjištění, jaký druh monočlánku je pro jaký druh použití vhodný, také osvěžit si zapojování elektrických obvodů, zapojení měřících přístrojů do obvodu, připomenout si práci a princip tranzistoru. Cílem z hlediska RVP je přimět studenty sumarizovat získané výsledky, umět je zhodnotit a najít skutečně praktické využití fyziky i v životě „nefyzika“.

Tuto laboratorní práci je možné zpracovat dvěma způsoby, které jsou popsány v následujících podkapitolách.

1.1 Vybíjení článku přes spotřebič s konstantním odporem

Prvním způsobem měření je vybíjení článku přes spotřebič s konstantním odporem, což simuluje „opravdový“ odběr proudu spotřebičem (např. žárovkou – rozdíl odporu vlákna při změnách proudu považuji za malé). Tato úloha je méně náročná na prvky obvodu (je potřeba pouze žárovka, voltmetr a několik vodičů).

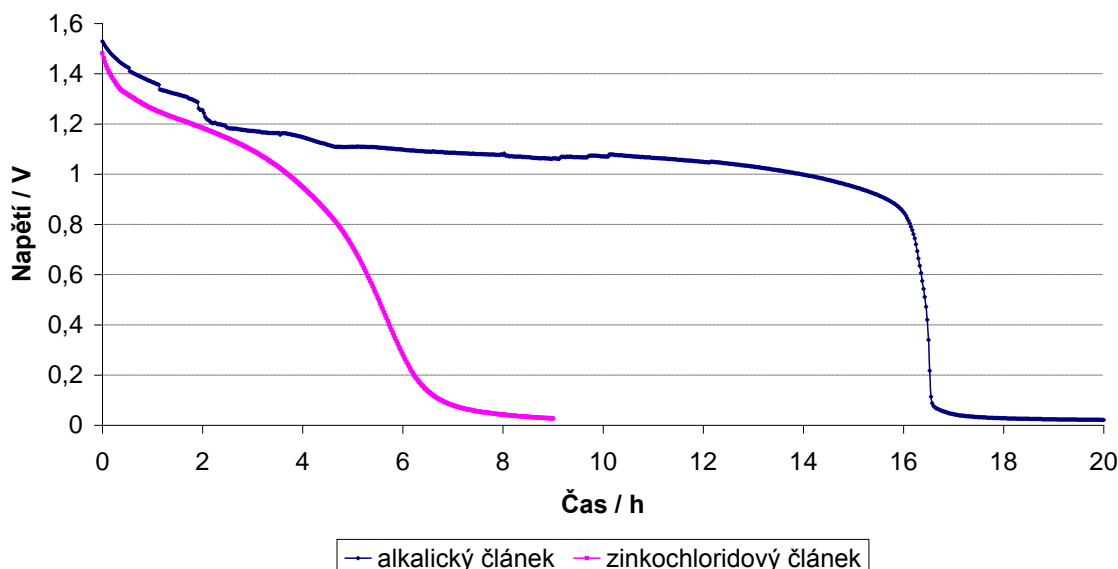
Výhodou tohoto měření je dle mého názoru věrnější simulace opravdového spotřebiče (např. svítilny), jednoduché zapojení obvodu a nenáročnost na součástky. Nevýhodou naopak je dlouhá doba vybíjení pro velký odpor, který žárovka má. Abychom tuto dobu zkrátili na jednu laboratorní hodinu (tzn. 90min.), musíme použít např. kousek odporového drátu o odporu mezi $0,5 - 1\Omega$.



Obr. 1.1 – Schéma elektrického obvodu pro vybíjení článku přes spotřebič s konstantním odporem

Výsledky kontrolního měření jsou znázorněné v grafu 1.1:

Graf 1.1: Závislost napětí článků na čase při vybíjení přes žárovku

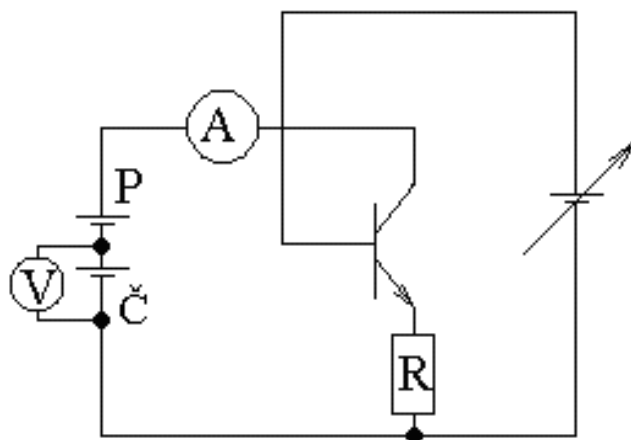


Jak je vidět z grafu 1.1, vybíjení monočlánků trvá dlouho, a proto je vhodné využít měřicí přístroj, který odečítá hodnoty přímo do grafu na počítači (při kontrolním měření byl použit digitální multimetr Metex ME-22T s programem ScopeView). Tuto laboratorní práci by bylo možné z důvodu dlouhé doby měření zadávat jako domácí práci. Samozřejmě je možné zaznamenávat data po jistém časovém intervalu ručně na papír, ale využití počítače mi připadá vhodnější.

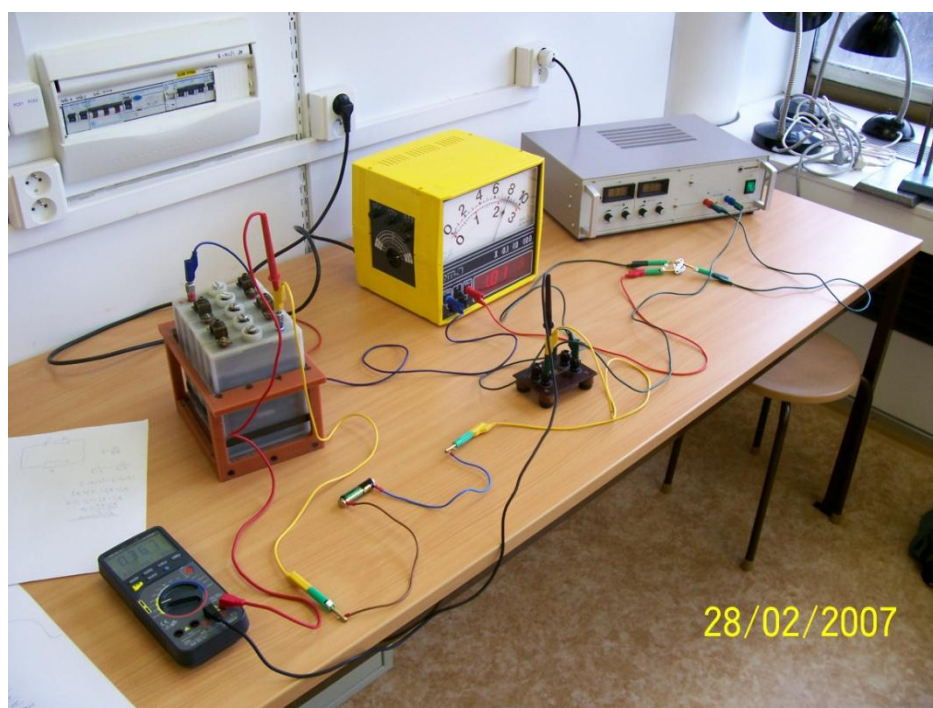
1.2 Vybíjení článku konstantním vybíjecím proudem

Druhou možností je měření vybíjení článků konstantním vybíjecím proudem, přičemž je možné ověřovat uvedenou kapacitu monočlánku. Tuto metodu bych doporučoval pro střední školy a vyšší stupeň gymnázií, protože se používá složitější obvod a tranzistor, který většinou mladší děti neznají. Ni-Cd akumulátor (na Obr. 1.2 označen P) je v obvodu zařazen pro zvýšení napětí na tranzistoru. Při nízkém napětí totiž dochází k proražení přechodu B – C.

Výhodou tohoto měření je dle mého názoru práce s tranzistorem, jehož použití a princip studenti často nechápou, dále potom kratší čas měření (pro proud 1A je standardní doba měření přibližně 20 - 40min., pro menší proud se čas vybíjení prodlužuje) a složitější zapojení obvodu. Nevýhodou vidím především v množství prvků obvodu pro jednu pracovní skupinu (voltmetr, ampérmetr, Ni-Cd akumulátor, výkonový tranzistor, proměnný zdroj proudu, odpor a baterie). Celou úlohu je možné zpracovat bez odečítání hodnot počítačem, hodnoty lze zapisovat ručně do tabulky a poté graficky zpracovat (vhodné je odečítat čas, po kterém klesne napětí vždy o pět setin voltu)



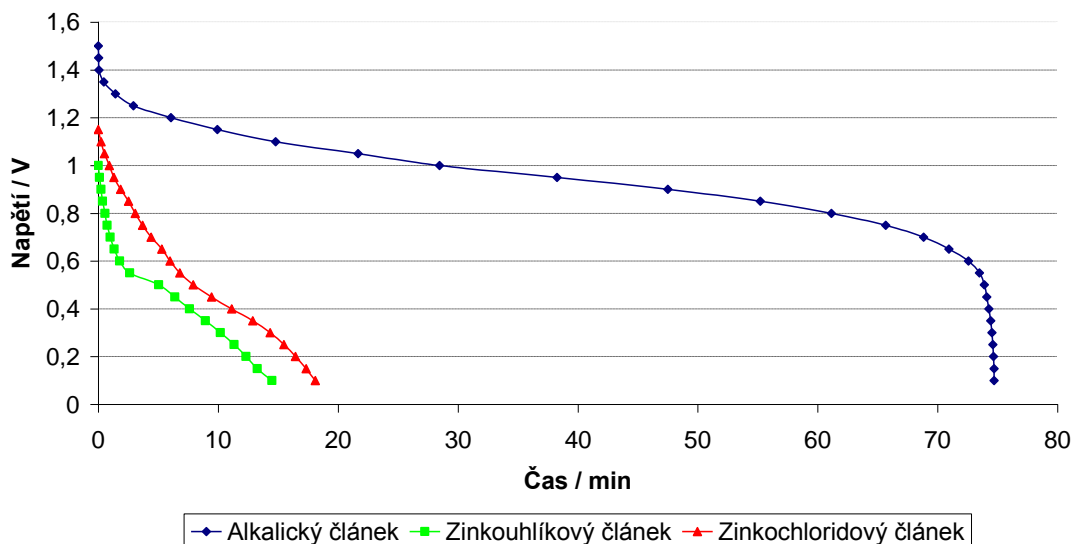
Obr. 1.2 – Schéma elektrického obvodu pro vybíjení článku konstantním vybíjecím proudem



Obr. 1.3 – Reálné zapojení obvodu z obrázku 1.2

Výsledky kontrolního měření znázorněné v grafu 1.2 :

Graf 1.2 : Závislost napětí článků na čase při vybíjení konstantním vybíjecím proudem 1A



Navíc je součástí této laboratorní úlohy i proměření vnitřního odporu jednotlivých monočlánků, které se provádí pomocí měření proudů na dvou rezistorech s různými odpory. Toto měření lze zařadit buď na začátek práce, nebo je jej možné naměřit v průběhu vybíjení jiné baterie ve chvíli, kdy intervaly mezi poklesem napětí jsou velké.

Pozn. : Příložený pracovní list je zpracován pro měření životnosti monočlánků prvním způsobem (tedy přes konstantní odpor), avšak jeho přepracování do druhé podoby není nijak složité.

Kapitola 2

Teorie k laboratorní práci Proměření vnitřního odporu a životnosti elektrických monočlánků

2.1 Primární (nenabíjecí) články

Primárními články nazýváme zdroje elektrické energie, které nelze po vybití znovu nabíjet. Pro náš pokus použijeme AA tužkové monočlánky, jejichž jmenovité napětí je 1,5V. Primární elektrické články dělíme na několik skupin podle chemického složení, a to na alkalické, niklozinkové, zinkochloridové, zinkouhlíkové a lithiové.

Niklozinkové a alkalické články se většinou používají pro náročnější zařízení a pro přístroje s požadovanou dlouhou dobou životnosti – např. fotoaparáty, svítilny, discmany ... Jejich výhodami jsou především velká výkonnost při vysokých odběrech proudu, dlouhá skladovatelnost (NiZn 3roky, alkalické až 7 let). Nevýhodou je především vyšší cena (alkalické cca 16Kč, NiZn okolo 30Kč).

Zinkochloridové monočlánky se používají pro přístroje s požadovaným středním až nízkým odběrem proudu – jako jsou hodiny, dálkové ovladače, kalkulačky. Jejich výhodou je hlavně nízká cena (okolo 5Kč), avšak jejich životnost je kratší.

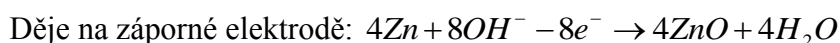
Zinkouhlíkové články nachází využití v přístrojích s velmi nízkým odběrem proudu, a to v ovladačích, hodinách či hračkách. Jejich výhodou je nízká cena (obdobně jako ZnCl články).

A jak články fungují?

Elektrické články fungují na základě elektrochemických dějů, jejichž chemické rovnice jsou pro jednotlivé typy článků popsány dále.

U **zinkochloridových** monočlánků plní funkci záporné elektrody (ozn. -) zinková nádobka. Do této nádoby je vloženo dýnko a svitek separačního papíru. Do svitku je nalisována směs burelu (oxid manganičitý) a sazí (uhlík). Jako kladné elektrody (ozn. +) je použito uhlíkové „tyčinky“ s nalisovanou kovovou čepičkou. Funkci elektrolytu zde zastává roztok chloridu zinečnatého. Celá sestava - směs, uhlík, separátor je zalita hmotou (ceresin, asfalt), aby bylo zabráněno přístupu vzduchu. Celý článek je poté opatřen vnějším obalem, ať již folií, papírem nebo kovem. Směs kladné elektrody je použita o poměrně vysoké vlhkosti. Ta navlhčí separační papír a reaguje se zápornou zinkovou elektrodou. V průběhu vybíjení se spotřebovává vlhkost, takže na konci vybíjení je vnitřek článku suchý. Proto je nutné u nových článků zajištění dokonalé hermetičnosti - pokud by došlo k porušení hermetičnosti, článek by vyschl a k reakci by nemohlo dojít.

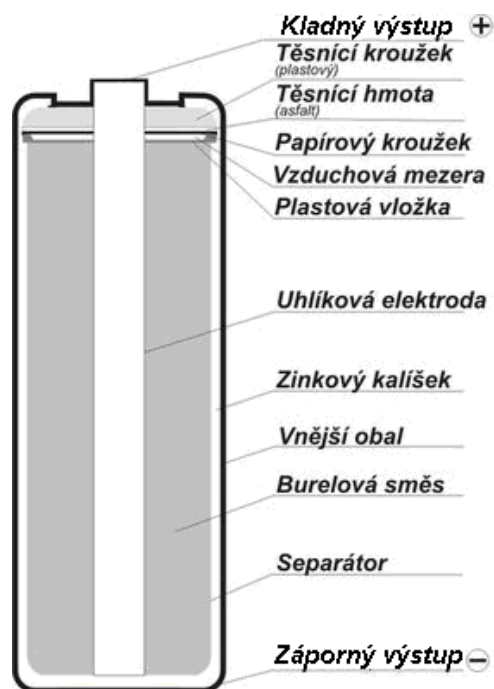
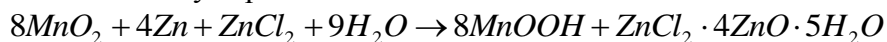
Příslušné chemické reakce probíhající v zinkochloridových člancích:



na anodě oxiduje zinek na oxid zinečnatý, při této reakci ze záporné elektrody vychází elektrony

Děje na kladné elektrodě: $8MnO_2 + 8e^- + 8H_2O \rightarrow 8MnOOH + 8OH^-$
na kladné elektrodě dochází k redukci oxidu manganičitého na oxid manganitý, přičemž elektrony na elektrodu vstupují, tzn. elektrický proud jde z kladného pólu na záporný a elektrony jdou ze záporného pólu na kladný

Celkový zápis chemické reakce:

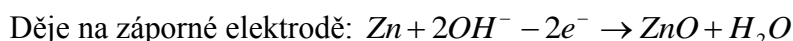


Obr. 2.1 – Schéma zinkochloridového článku

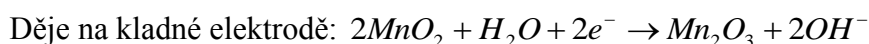
U **alkalických** článků zastává funkci kladného pólu ocelová nádoba (tedy opačně než u zinkochloridového článku). Jako elektrody slouží uhlík a zinek v elektrolytu hydroxidu draselného (louhu). Uhlíková elektroda je obklopena oxidem manganičitým, ten podléhá elektrochemickému ději obdobně jako zinek. Do záporné elektrody je zaražena jehla (obvykle mosazná) jako záporný sběrač a vývod. Proto je u alkalických článků - na rozdíl od zinkochloridových - odizolovaný výstup záporného pólu.

Funkce je založena na stejném principu jako u zinkochloridových článků, tj. reakci zinku a uhlíku. Na rozdíl od běžných článků zde reakce probíhá za přítomnosti alkalického elektrolytu – louhu (KOH), používají se suroviny s vyšší elektrickou vodivostí (saze) a je v nich podstatně vyšší podíl elektrolytického burelu (ZnO). Díky použití zinkového prachu jako záporné elektrody je zde větší reakční plocha. Tím je dáno, že alkalické články mají vyšší kapacitu a jejich zatěžovací proudy jsou vyšší než u klasických článků.

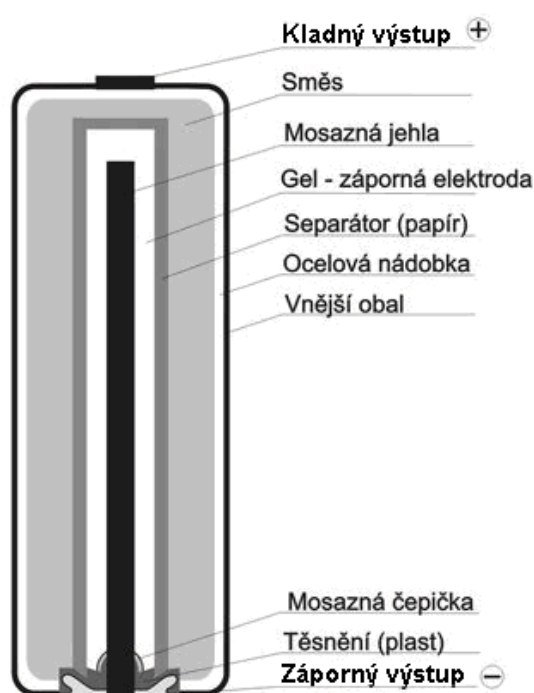
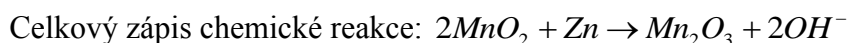
Příslušné chemické reakce, které probíhají v alkalických článcích:



zjednodušeně se dá říci, že na záporné elektrodě dochází k oxidaci zinku na oxid zinečnatý, přičemž vznikají dva volné elektrony, které z elektrody vychází



na kladné elektrodě dochází k redukci oxidu manganičitého na oxid manganitý, elektrony na elektrodu vstupují, tzn. že elektrický proud jde z kladného pólu na záporný, a tedy elektrony jdou ze záporného pólu na kladný



Obr. 2.2 – Schéma alkalického článku

Jak si vyrobit jednoduchý elektrický článek?

Použitím dvou pásků a citrónu (případně několika dalších kyselých druhů ovoce a zeleniny) můžeme získat elektrický zdroj. Nejdostupnější kombinací kovů je měď a zinek. Velice dobře fungují také kousky pozinkovaného plechu. Kovové pásky zasuneme do citrónu a připojíme na ně drátky. Když pak jejich konce připojíme na ampérmetr, měl by jím procházet dostatečný proud na to, aby ho bylo možné detekovat. Ten totiž vzniká při chemické reakci mezi kyselinou citrónovou a zinkem. Kladně nabitý vodík v kyselině způsobí oxidaci zinku, ze kterého se pak uvolňují elektrony do kyseliny. Během této chemické reakce se část vodíku přemění na vodík v plynné podobě.

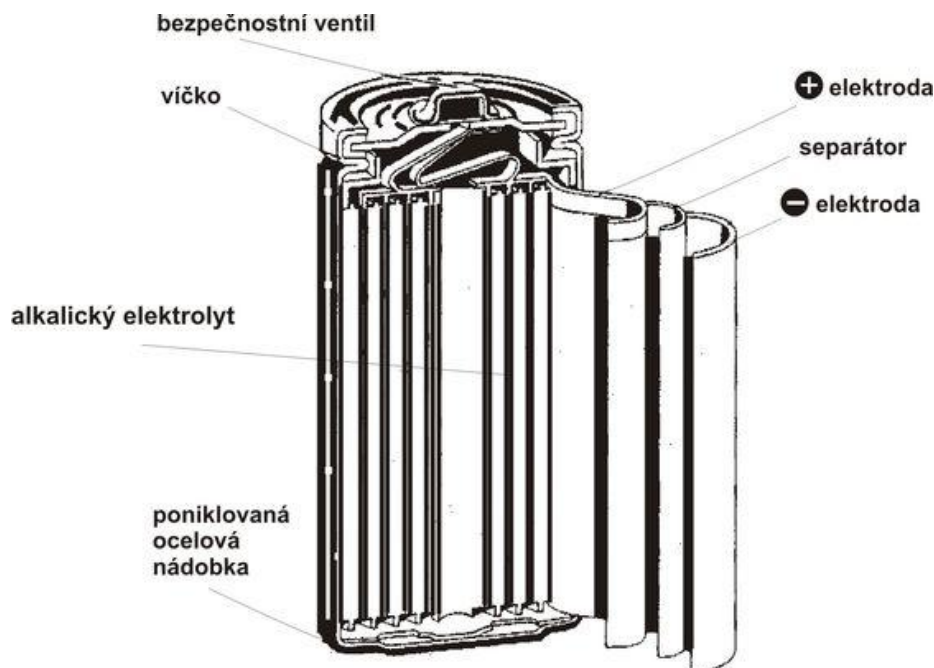
2.2 Sekundární (nabíjecí) články

Mezi nejmasověji využívané nabíjecí baterie patří NiMH (niklometalhydridové) a NiCd (niklokadmiové) články. Aby článek poskytl energii, musí se před použitím nabít. Cyklus nabíjení a vybíjení lze opakovat mnohonásobně (až 1000x). Typické napětí jednoho monočlánku je 1,2 V. Energetická kapacita se udává v miliampérhodinách (mAh). Ještě před několika lety měly hlavní postavení na trhu články NiCd. Z důvodu nízké kapacity a obsahu nebezpečného kadmia se výroba i používání NiCd monočlánků postupně ukončuje. Oba typy však mají hodně společného: rozměry, tvar, plně nabitě poskytují až 1,4V, jejich jmenovité napětí je shodně 1,2 V, díky nízkému vnitřnímu odporu jsou schopné poskytovat velké vybíjecí proudy. Používáním nabíjecích NiMH článků snižujeme množství odpadu a chráníme tak životní prostředí.

Niklometalhydridové články se v dnešní době nejčastěji používají v digitálních fotoaparátech, CD či MP3 – přehrávačích nebo v holicích strojcích. Jejich velkou výhodou je vysoká kapacita, šetrnost k životnímu prostředí či schopnost rychlého vybíjení. Jejich nevýhodou je vyšší pořizovací cena (která se však již po několika cyklech vrací).

Niklokadmiové články se využívají velmi podobně jako druhý typ sekundárních monočlánků. Jejich výhodou je dlouhá životnost a nižší pořizovací cena, nevýhodou však je nízká kapacita a přítomnost nebezpečného kadmia.

V dnešní době se také často používají lithiumpolymerové (LiPol) či lithiumpolymerové (LiPol) články, které nachází své využití v mobilních telefonech, notebookách či leteckém modelářství.



Obr. 2.3 – Schéma niklometalhydridového článku

Pozn. : všechny obrázky byly převzaty z internetového portálu firmy Bateria Slaný

Kapitola 3

Pracovní list pro laboratorní práci Proměření vnitřního odporu a životnosti elektrických monočlánků

Pracovní úkol

1. Pomocí měření na třech různých rezistorech určete vnitřní odpor námi použitého elektrického zdroje
2. Proměřte vybíjecí charakteristiku daného monočlánku pro konstantní vybíjecí odpor
3. Porovnejte své výsledky s ostatními pracovními skupinami (vezměte v úvahu i pořizovací cenu článku, dobu vybíjení a velikost vybíjecího proudu)

Teorie

Primárními elektrickými články nazýváme zdroje elektrické energie, které lze / nelze znovu nabít. Dělíme je na několik druhů podle chemického složení. Baterie fungují na základě vedení proudu v, což jsou roztoky , které vedou / nevedou elektrický proud. V tomto případě se nosiče proudu nazývají

Tyto roztoky také dávají jméno jednotlivým druhům monočlánků, jako například Funkci záporné elektrody v monočláncích plní většinou nádobka ze zinku / mědi, která bývá označována + / -. Funkci kladné elektrody zastává tyčinka, kterou označujeme + / -.

Pro měření vnitřního odporu baterie využíváme rovnost elektromotorického napětí zdroje a změnu proudu při zapojení dvou rezistorů s různými odpory.

Tzn. :

$$U_{e_1} = U_{e_2}$$
$$I_1 \cdot (R_1 + R_i) = I_2 \cdot (R_2 + R_i) \quad \text{tento výraz upravte a vyjádřete } R_i$$

$$R_i = \dots\dots\dots$$

Měření

1. Pro měření vnitřního odporu zdroje jsem použil(-a) obvod, jehož schéma je následující :

Výsledek měření :

Odpor R / Ω	Proud I / A
$R_1 = \dots\dots\dots \Omega$	$I_1 = \dots\dots\dots A$
$R_2 = \dots\dots\dots \Omega$	$I_2 = \dots\dots\dots A$

Pomocí vztahu, který jsem si odvodil(-a) v teorii : $R_i = \dots\dots\dots \Omega$

2. Pro měření vybíjecí charakteristiky baterie jsme použili zapojení podle obrázku níže. Pro měření napětí voltmetrem je třeba zapojit měřicí přístroj *paralelně / sériově* k rezistoru, na němž napětí měříme.

Schéma elektrického obvodu :

Typ článku, jehož vybíjecí charakteristiku jsem proměřoval(-a) :

.....

Odpor rezistoru, na němž jsem napětí měřil(-a) : $R = \dots\dots\dots \Omega$

Pořizovací cena mého monočlánku :

Tabulka (v případě měření bez pomoci počítače) a graf s charakteristikou je přílohou tohoto pracovního listu.

Napětí na rezistoru kleslo pod 0,1V v čase $t = \dots\dots\dots$

Výsledky ostatních pracovních skupin :

Typ měřeného monočlánku	Čas, po kterém napětí kleslo pod 0,1V	Odpor vybíjecího rezistoru	Pořizovací cena monočlánku

Diskuse

Porovnejte své výsledky s ostatními pracovními skupinami (vezměte v úvahu pořizovací cenu článku, dobu vybíjení i velikost vybíjecího proudu) a posuďte vhodnost použití různých druhů článků pro různé spotřebiče (hodiny, svítidla, discman, atd.).

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Závěr

1. Vypočetl(-a) jsem hodnotu vnitřního odporu zdroje : $R_i = \dots\dots\dots \Omega$
2. Proměřil(-a) jsem vybíjecí charakteristiku primárního $\dots\dots\dots$ článku při měření na rezistoru o odporu $R = \dots\dots\dots \Omega$. Napětí kleslo pod 0,1V po čase $t = \dots\dots\dots$
3. Porovnání jsem provedl(-a) v diskusi.

Kapitola 4

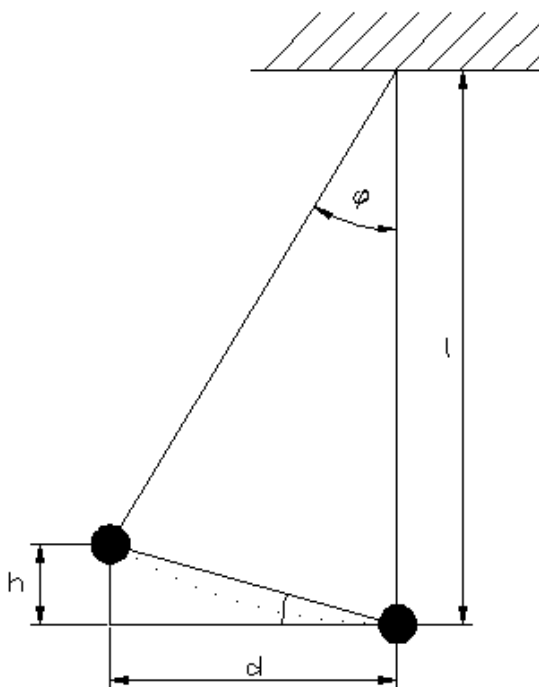
Metodický text k laboratorní práci Měření rychlosti střel kuličkové pistole

V dnešní době se často setkáváme se studenty, jejichž zálibou je hraní tzv. airsoftu. Jde o střílení z pistole, jejíž náboje jsou malé umělohmotné kuličky. I proto může být měření rychlosti takovéto vystřelené kuličky pro mnohé žáky zajímavé. Cílem laboratorní práce je využití zákona zachování mechanické energie a zákona zachování hybnosti v praxi, použití měřicích přístrojů i návyk základům bezpečnosti při zacházení s těmito zbraněmi jak ve školním měření, tak i při opravdové hře. V průběhu měření je možné v žácích probouzet vynalézavého ducha při hledání možností, jak nejlépe naměřit některou z potřebných veličin, a tak každý student může realizovat vlastní podobu laboratorní práce.

Získat rychlost střely je možné za použití různých metod měření, které jsou popsány v následujících podkapitolách.

4.1 Balistické kyvadlo

Při této metodě využíváme obou fyzikálních zákonů zmíněných výše. Kulička vystřelená z pistole se zarazí do balistického kyvadla, dochází tak k nepružné srážce. Kyvadlo získá kinetickou energii, kterou poté přemění na energii potenciální. Pomocí vhodných měřitelných veličin je možné spočítat výšku, do které kyvadlo vystoupí. Po dosažení do rovnic popisujících výše zmíněné zákony je možné určit rychlost střely.



Obr. 4.1 – Balistické kyvadlo a geometrické veličiny

- Střela předá hybnost kyvadlu

$$m_s \cdot v_s = (m_s + m_k) \cdot v_{s+k}$$

kde m_s je hmotnost střely, v_s je rychlost střely, m_k je hmotnost kyvadla a v_{s+k} je rychlost střely a kyvadla po srážce

- Kyvadlo přemění kinetickou energii na energii potenciální

$$\frac{1}{2} \cdot (m_s + m_k) \cdot v_{s+k}^2 = (m_s + m_k) \cdot g \cdot h$$

kde g je gravitační zrychlení a h výška „zdvihu“

- Po úpravách získáváme rovnici pro hledanou rychlost střely

$$v_s = \frac{m_s + m_k}{m_s} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Naměření obou hmotností na školních vahách i délky závěsu je snadné, ale problém nastává u zjišťování výšky „zdvihu“ h . Hledání metod určení tohoto parametru bych ponechal na vynalézavosti studentů. Zde je nastíněno několika možnostmi :

- posun ve vodorovném směru (ozn. d) je možné měřit pomocí posunutí lehké zarážky (např. přehnutý papír či polystyrenová krychlička) balistickým kyvadlem nebo pomocí posunu stínu při osvětlení kyvadla shora. Při druhém způsobu je třeba dát osvětlení dostatečně vysoko, aby dopadající paprsky byly přibližně kolimované.

Z geometrické situace (viz obr. 4.1) je poté možné spočítat výšku h :

$$l^2 - d^2 = (l - h)^2$$

$$h = l - \sqrt{l^2 - d^2}$$

Výsledky kontrolního měření :

při posunutí zarážky: $v_s = 64 \text{ m/s}$

při odečtu posunu stínu: $v_s = 65 \text{ m/s}$

- úhel, který svírá kyvadlo v krajní poloze se svislým směrem (ozn. φ) je možné měřit za pomoci kotouče, který se otáčí okolo pevně ukotvené tyče, na které je připevněno balistické kyvadlo. Je třeba zajistit malé tření, aby se kotouč po otočení z výchozí polohy o hledaný úhel nevracel zpět. Otočení kotouče můžeme zajistit pomocí malého výstupku (např. kousek párátko připevněný kolmo na něj) umístěného od středu tak, aby moment síly byl co nejmenší. Po vystřelení odečteme úhel, o který se kotouč pootočí.

Z geometrické situace (viz obr. 4.1) je možné spočítat výšku h :

$$d = l \cdot \cos \varphi$$

$$h = l \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \sin^2 \varphi}\right)$$

Výsledek kontrolního měření: $v_s = 55 \text{ m/s}$

Velkou výhodou této metody měření rychlosti střely je dle mého názoru velká flexibilita určování parametru h , při které mohou studenti využít vlastní fantazii a rozvíjet tak schopnost řešení problémů. Sami mohou vymýšlet, jak je možné rychlost změřit co nejpřesněji, a tak si osvojit práci s chybami fyzikálních měření. Dalšími

výhodami jsou nenáročnost na materiálové zajištění pokusu a také praktické použití dvou důležitých fyzikálních zákonů. Mezi výhody bych zařadil i relativně velkou přesnost měření.

Z praktického hlediska je vhodné použít jako fyzické kyvadlo kuličku z modelovací hmoty připevněnou na dvojitém závěsu (do písmene V), abychom se tak vyvarovali nežádoucích torzních kmitů. Ideální délka závěsu kyvadla je 0,5 – 1m.

4.2 Vozík a vzduchová dráha

Při této metodě využíváme pouze zákon zachování hybnosti. Střela vystřelená z pistole se zarazí do modelovací hmoty připevněné na lehkém vozíku. Tak mu předá hybnost a ten se začne pohybovat rovnoměrně přímočaře po této dráze. Nyní pomocí stopky měříme čas, za který soustava s modelovací hmotou urazí námi určenou vzdálenost.

- Střela předá hybnost soustavě:

$$v_s \cdot m_s = v_m \cdot (m_s + m_m)$$

kde v_m je rychlost vozíku s modelovací hmotou a zaraženou kuličkou a m_m je hmotnost tohoto vozíku, ostatní značení zůstává stejné jako u minulé podkapitoly

- Rychlost vozíku v_m určíme pomocí vztahu :

$$v_m = \frac{s}{t}$$

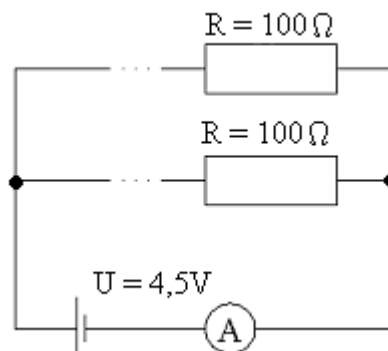
kde s je dráha, na které měříme čas t

Výsledek kontrolního měření : $v_s = 55 \text{ m/s}$

Výhodou této metody měření je snazší teorie, rezervy naopak vidím v nepřesnosti výsledku měření. Vozík, do kterého se zarazí kulička, musí být velmi lehký a musí se pohybovat po hladkém povrchu, abychom eliminovali vliv tření. Aby bylo měření co nejpřesnější, je třeba zvolit krátkou vzdálenost, a tedy i malý čas. Při měření stopkami však narůstá chyba daná reakční dobou člověka, a tak je celý výsledek zatížen velkou chybou. Abychom vliv třecí síly minimalizovali, můžeme nechat vozík jet po mírně nakloněné rovině (řádově několik stupňů), avšak chyba, které se tak dopouštíme, je okolo deseti procent. Řešením by se mohlo zdát použití vzduchové dráhy, na které tření téměř není. Vozík, do kterého se kulička zarazila byl ale velmi těžký, a tak se začal pohybovat malou rychlostí. Ta byla natolik malá, že nebylo možné odstranit velký vliv naklonění této dráhy, přestože jsme se o to několikrát pokoušeli. Prakticky jsme tedy zjistili, že výsledek měření pomocí vzduchové dráhy je natolik nepřesný, že určení rychlosti touto metodou je prakticky nemožné.

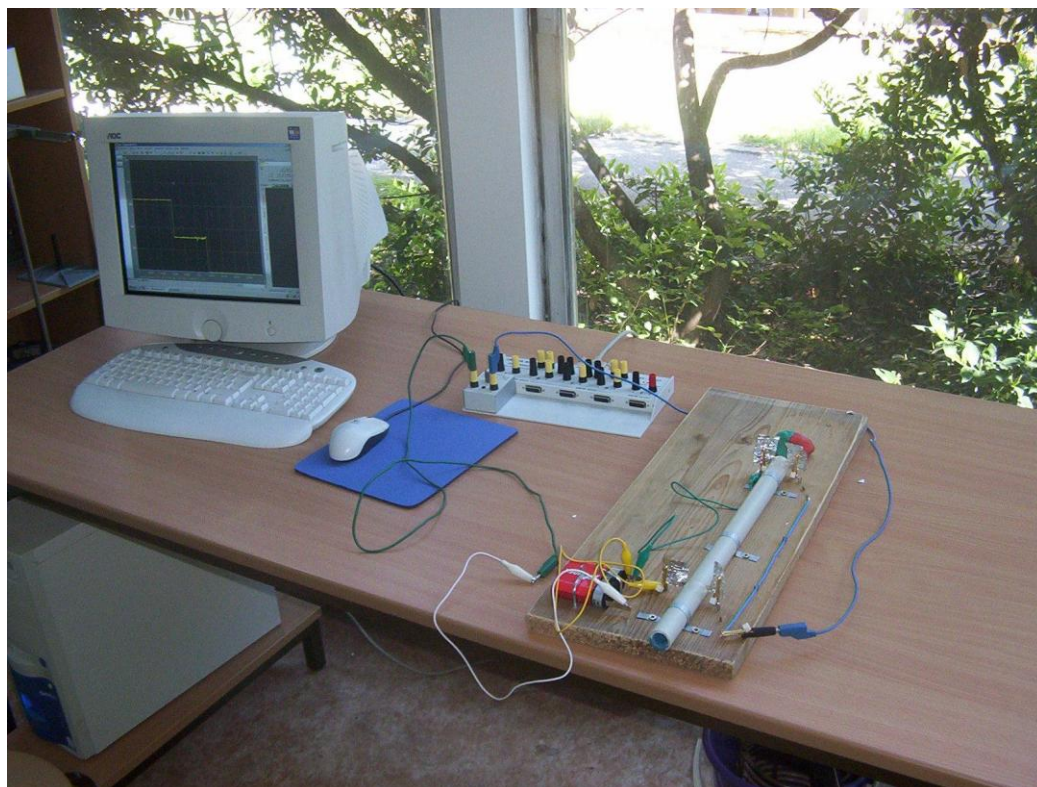
4.3 Přestřelování pásků

Další možností, jak určit rychlost střely kulčkové pistole, je přímé měření, tzn. měříme čas, za který kulčička urazí předem určenou vzdálenost. K jeho měření je možné využít změnu proudů ve vhodném elektrickém obvodu, které zaznameneáme ampérmetrem.



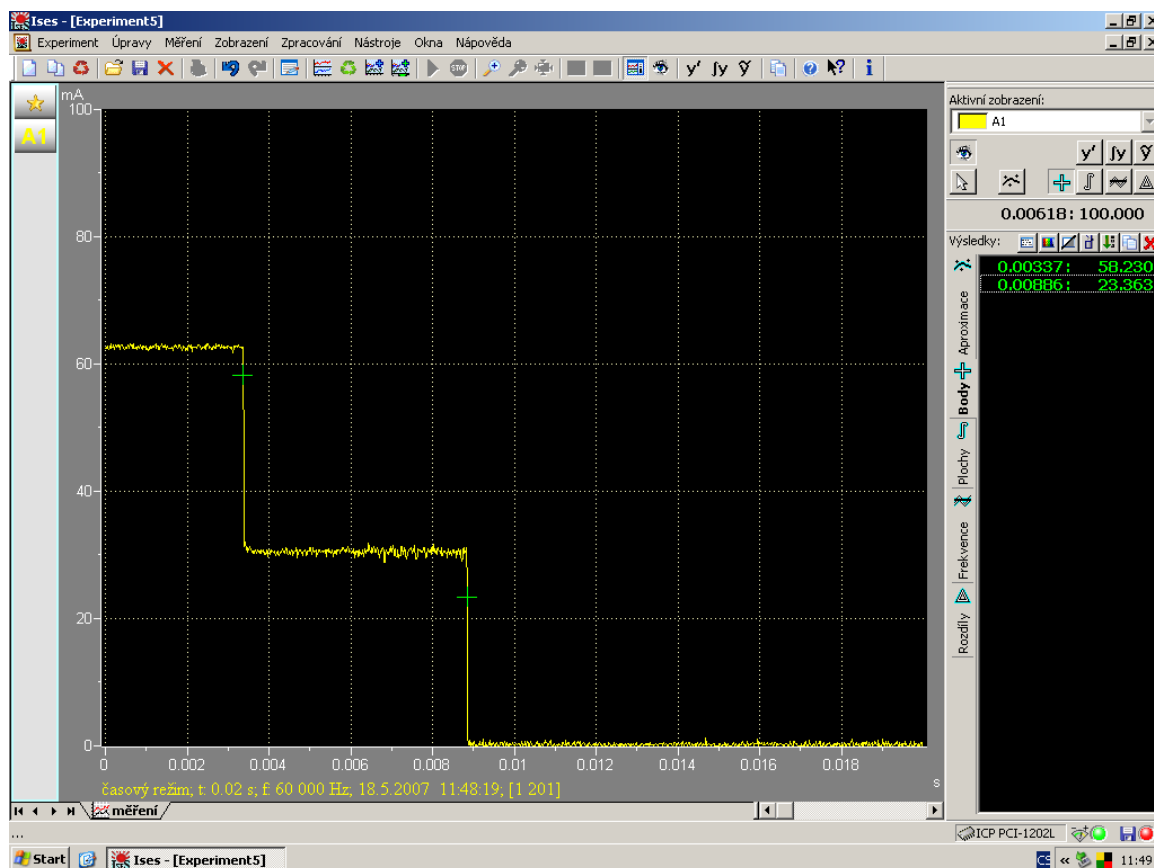
Obr. 4.2 – Schéma elektrického obvodu (A – ampérmetr, R – rezistor, tečkovaná čára – alobalové pásky)

K měření času je možné použít pomůcku z obrázku 4.3. Hlaveň zbraně upevníme na začátek trubky, ve které jsou za sebou ve vzdálenosti l (vhodné $l=30cm$) dva hliníkové pásky. Kulčička vystřelená z pistole přetrhne nejdříve první alobalový pásek, tím změní proud procházející ampérmetrem na polovinu. Poté přestřelí i druhý pásek. Obvod se přeruší a ampérmetrem přestane procházet proud.



Obr. 4.3 – Pomůcka pro přímé měření rychlosti střely kulčkové pistole připojená na měřicí systém ISES

Čas, za který dojde k těmto dvěma změnám, je velmi krátký. Proto je vhodné využít přístroj připojený na počítač s vysokou frekvencí vzorkování. Tyto vlastnosti dobře splňuje měřicí systém ISES. Při zadávání parametrů pro měření je třeba volit co nejvyšší frekvenci vzorkování - např. 60000 Hz, spuštění měření pomocí funkce trigger při sestupné hraně a na časové škále nastavit velmi malý čas (okolo 0,02s). Po proběhlém měření odečteme hodnoty z grafu a zjistíme rozdíl časů. Získat rychlost z těchto parametrů je již snadné.



Obr. 4.4– Výsledek kontrolního měření znázorněný v programu ISES

Výsledek kontrolního měření : $v_s = 56,0 \pm 1,6 m/s$

Mezi výhody této laboratorní práce bych kromě snadné teorie a velké přesnosti měření zařadil i fakt, že se jedná o počítačem podporovaný experiment. Po proběhlém experimentu se na počítači objeví graf (viz obr. 4.4), ze kterého studenti musí zjistit potřebné informace (např. odečíst hodnoty). Učí se tak pracovat s daty, která získají pomocí počítače. Toto je v dnešní době nepostradatelnou dovedností nejen každého fyzika, ale často i matematika, ekonoma či geografa. Samotné použití počítače v hodinách fyziky může být pro žáky velmi zajímavé a netradiční. Jako rezervu by bylo možné považovat nutnost využití systému ISES či jiného podobného měřicího systému. ISES je však v dnešní době rozšířen ve velké části gymnázií a středních škol, a tak tato laboratorní práce může být obohacením možností, jak tento systém využít.

Kapitola 5

Pracovní listy k laboratorní práci Měření rychlosti střel kulčkové pistole

5.1 Pracovní list - Měření rychlosti střel kulčkové pistole pomocí balistického kyvadla

Pracovní úkol

1. Proměřte pomocí balistického kyvadla rychlost střely vybrané kulčkové pistole.
2. Metodu měření jedné z potřebných veličin h , d , φ sami vymyslete a použijte.
3. Odhadněte, jaké chyby měření se při tom dopouštíte, co je jejím největším zdrojem a jak by bylo možné Vaši metodu zpřesnit.

Teorie

Chceme-li měřit rychlost střely pomocí balistického kyvadla, musíme využít dvou důležitých fyzikálních zákonů. Ve chvíli, kdy se kulčková srážce, dochází k *pružné / nepružné srážce*. Tento děj můžeme popsat pomocí zákona zachování

.....
Dokážete tento zákon popsat matematicky a určit, jakou rychlostí se bude kyvadlo s kulčkovou po srážce pohybovat?

.....
.....
.....

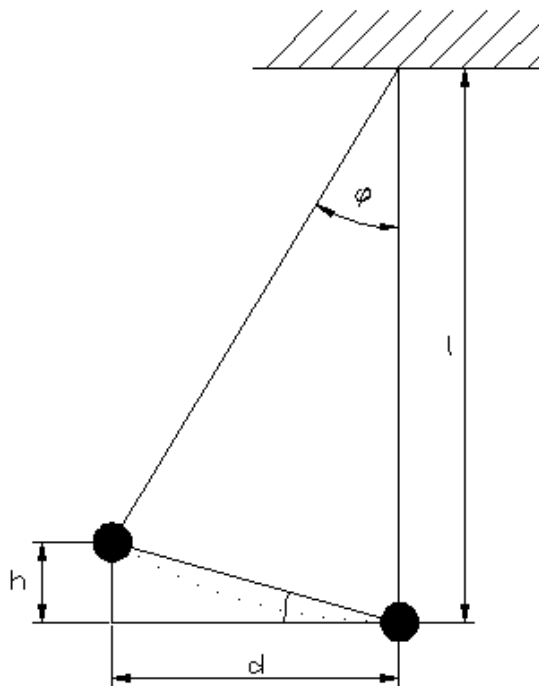
kde m_s je hmotnost střely, v_s je rychlost střely, m_k je hmotnost kyvadla a v_{s+k} je rychlost střely a kyvadla po srážce.

Poté se kyvadlo začne pohybovat rychlostí, kterou jsme si spočetli výše. Získalo tak energii, kterou podle zákona zachování přemění na energii

Dokážete i tento zákon popsat matematicky a určit, do jaké výšky kyvadlo s kuličkou vystoupí?

.....
.....
.....

Pomocí těchto dvou zákonů snadno dostáváme, že $v_s = \dots\dots\dots$



Obr. 5.1 – Balistické kyvadlo a geometrické veličiny

Měření

Pro určení jedné z potřebných geometrických veličin h , d , φ jsem použil(-a) následující metodu (popište tak, aby bylo možné ji znovu reprodukovat).

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Tab. 1: Výsledky měření (do dolní kolonky vepište, jakou veličinu jste určovali a jednotky, ve kterých data uvádíte)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Z této sady měření jsem určil(-a) průměrnou (střední) hodnotu této veličiny :

.....
 Délka závěsu kyvadla : $l = \dots\dots\dots m$

Pokud jste neměřili přímo parametr h , spočtete si ho :

.....

Po jeho dosazení do vzorce, který jsem si odvodil(-a) výše dostávám:

$$v_s = \dots\dots\dots m/s$$

Diskuse

Zhodnoťte metodu měření, kterou jste použili. Jakých chyb měření jste se při tom dopouštěli? Která z těchto chyb hrála největší roli? Jak vysoká asi byla celková chyba, s kterou jste rychlost střely vypočetli? Bylo by možné nějak Vaši metodu měření vylepšit, a zvýšit tak její přesnost? Jak?

.....

Závěr

1. Vypočetl(-a) jsem rychlost střel kuličkové pistole : $v_s = \dots\dots\dots m/s$
2. Metoda měření, kterou jsem vymyslel(-a) je popsána v části měření
3. Odhad chyb měření moji metodou a možnosti jejího zpřesnění jsem popsal(-a) v části diskuse.

5.2 Pracovní list - Měření rychlosti střel kulčkové pistole pomocí přestřelování pásků

Pracovní úkol

1. Proměřte pomocí přestřelování pásků rychlost střely vybrané kulčkové pistole. Měření opakujte alespoň pětkrát.
2. K pracovnímu listu přiložte graf jednoho z těchto měření.

Teorie

Při měření rychlosti střely přímou metodou určujeme, za jaký čas urazí střela danou vzdálenost. K jeho měření je možné využít změnu proudů ve vhodném elektrickém obvodu, které zaznamenáváme ampérmetrem připojeným k počítači.

Zkuste vymyslet, jak musí obvod vypadat, aby se po přestřelení prvního pásku i druhého proud změnil tak, aby bylo možné určit hledanou rychlost. Schéma obvodu zakreslete :

Poté pomůcku k laboratorní práci prozkoumejte a porovnejte obvod, který jste vymysleli s tím, který na ní je. Toto schéma nakreslete vedle vašeho návrhu vhodného elektrického obvodu.

Krátce po výstřelu přestřelí kulčková první alobalový pásek, v tu chvíli se proud procházející ampérmetrem *zvýší / sníží / zůstane stejný*. Dokážete určit, jak moc se proud změní a proč tomu tak je?

.....
.....
.....
.....

Poté kulčková přestřelí i druhý pásek. Proud procházející obvodem se *zvýší / sníží / zůstane stejný*. Určíte, jak moc a proč tomu tak je?

.....
.....
.....

Po odečtení času snadno určíme rychlost střely:

$$v_s = \dots\dots\dots$$

Měření

Vzdálenost alobalových pásků: $d = \dots\dots\dots m$

Tab.1 : Výsledky měření

Číslo měření	1	2	3	4	5
Čas t / s					
Rychlost v / ms^{-1}					

Ze získaných rychlostí určete střední hodnotu rychlosti (tzn. průměrnou rychlost)

$$v_s = \dots\dots\dots m / s$$

Nezapomeňte přiložit jeden z grafů Vašeho měření.

Diskuse

- Zamyslete se nad tím, jaká mohou být bezpečnostní rizika při hraní airsoftu i při práci s těmito zbraněmi. Jak je třeba se chránit, aby nedošlo ke zranění?
- Jaké mohou být výhody fyzikálních měření s počítačem?

-
-

Závěr

1. Vypočetl(-a) jsem střední rychlost střely kulčkové pistole z alespoň pěti měření:

$$v_s = \dots\dots\dots m / s$$

2. K pracovnímu listu jsem přiložil(-a) graf.

Kapitola 6

Metodický text k laboratorní práci Měření indexu lomu kapalin

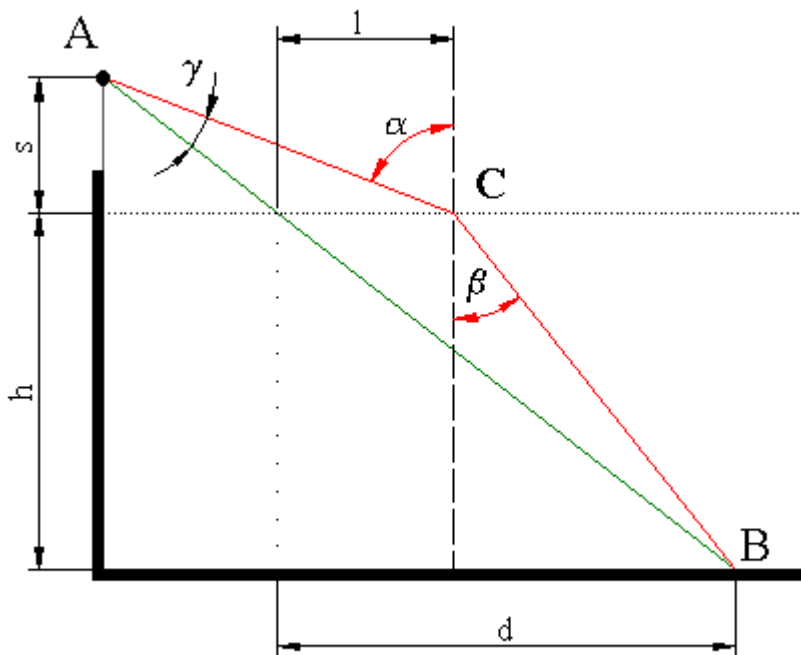
Optika je na praktická měření jednou z nejděčnějších oblastí fyziky, s níž se mohou studenti na gymnáziích potkat. Žáci mohou experimenty vidět na vlastní oči a často jejich výsledky znají z praktického života. Rozhodl jsem se proto připravit laboratorní práci, při které by studenti určovali index lomu vody či jiných kapalin.

K tomuto měření bylo třeba zhotovit pomůcku, kterou bychom index lomu určovali. Tu si můžeme vyrobit celkem snadno (přibližně za jedno odpoledne). Ke zhotovení využijeme již existující pomůcku nazývanou „rozkladný článek“. Do držáků na elektrody upevníme dřevěnou nebo umělohmotnou desku a na ni připevníme úhломěr o velkém poloměru. Vedle si připravíme držák na laserové ukazovátko (opět ze dřevotřísky či umělé hmoty), které připevníme pomocí drátků tak, aby se nehýbalo, ale aby bylo možné jej vyměnit nebo správně nasměřovat. Opačný konec (tzn. tam, kde laser nesvítí) seřídíme do špičky tak, aby ukazoval na stupnici úhlověru. Celý držák poté přišroubujeme k desce připevněné do držáků. Tím je vlastně pomůcka pro laboratorní práci hotova. Žáci poté měří úhel, pod jakým dopadá světlo na fotodiodu umístěnou pod akváriem (nebo jinak přesně určené místo) nejprve bez kapaliny a následně s ní. Po zjištění výšky hladiny a výšky středu otočného šroubu nad hladinou je možné určit index lomu použité kapaliny.



Obr. 6.1 – Pomůcka pro měření indexu lomu popsaná výše v textu

Výpočet indexu lomu však není úplně triviální. Je třeba vycházet ze zákona lomu a především také z geometrické situace. Ta je znázorněna na obr. 6.2



Obr. 6.2 – Schéma chodu paprsků a geometrická situace (A – zdroj, B – fotodioda, C – bod dopadu, α – úhel dopadu, β – úhel lomu, γ – rozdíl úhlů odečtených na pomůcce, zelená čára – chod paprsku bez kapaliny, červená čára – chod paprsku akváriem s kapalinou, tečkovaná čára – výška hladiny)

Při určování indexu lomu vycházíme ze Snellova zákona lomu. Pokud navíc uvažujeme $n_{\text{vzduchu}} = 1$, pak je jeho tvar:

$$n_{\text{kapaliny}} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

Úhel dopadu vypočítáme snadno jako doplněk úhlu naměřeného při měření s kapalinou (nadále ozn. φ_2) do úhlu pravého. Úhel lomu musíme určit z geometrické situace:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta &= \frac{d-l}{h} \\ d &= \frac{h}{\operatorname{tg} \varphi_1} \\ l &= \frac{s \cdot \sin \gamma}{\sin \varphi_1 \sin \varphi_2} \\ \operatorname{tg} \beta &= \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi_1} - \frac{s \cdot \sin \gamma}{h \cdot \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2} \end{aligned}$$

Při určování hledaných parametrů jsem využil podobnosti trojúhelníků, sinovou větu a goniometrické funkce. Úhel označený φ_1 je úhel odečtený z pomůcky při měření bez kapaliny. Po dosazení vypočítaného úhlu lomu β do Snellova zákona dopočítáme hledaný index lomu.

Mezi pozitiva této laboratorní úlohy bych zařadil snadnou přípravu pomůcky či materiálovou nenáročnost. Z hlediska odborných kompetencí je možné žáky seznámit s tím, jak pracovat s laserem, aby byla zaručena bezpečnost, a vysvětlit jim možná rizika. Dále při měření prakticky využíváme důležitý zákon lomu. Při zkoumání geometrické situace můžeme u žáků rozvíjet prostorové vidění. Pozitivem může být i flexibilita této práce. Můžeme například určovat index lomu kapalin z našich domácností (voda, olej, čisticí prostředek, ...) nebo zjišťovat závislost indexu lomu na koncentraci soli ve vodě a mnoho dalšího. Rezervu bych naopak viděl v malém praktickém využití zjištěných výsledků v běžném životě.

Výsledek kontrolního měření:

$$n_{\text{vody}} = 1,4$$

Kapitola 7

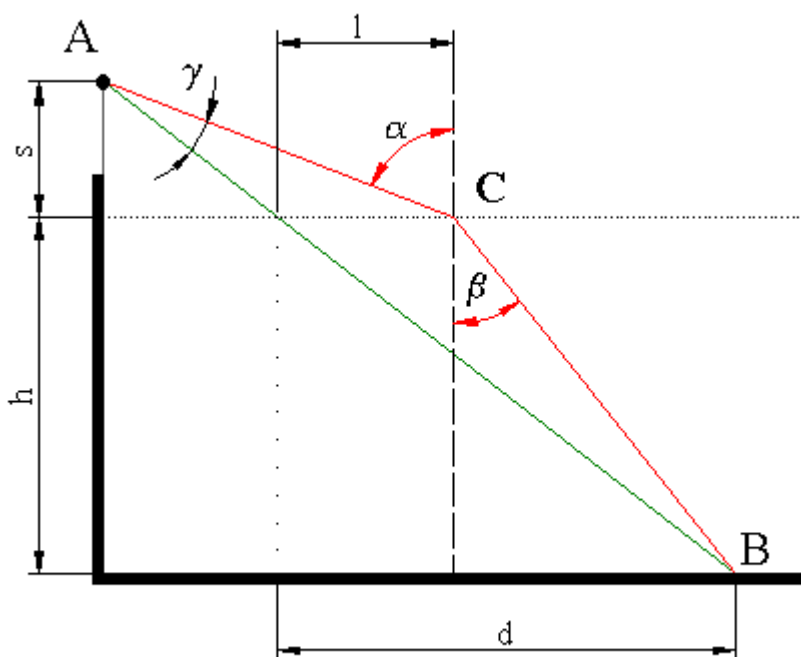
Pracovní list k laboratorní práci Měření indexu lomu kapalin

Pracovní úkol

1. Určete indexy lomu tří kapalin pomocí změny úhlu před a po jejich nalití
2. V kapitole Teorie odvoďte, jak spočítat úhel odrazu β

Teorie

Index lomu dané kapaliny určíme za pomoci rozdílu úhlů mezi směrem paprsků před a po nalití kapaliny tak, aby v obou případech dopadl paprsek do stejného místa.



Obr. 7.1 – Geometrická situace pokusu

Úhel $\gamma = \varphi_1 - \varphi_2$, kde φ_1 je odečtený úhel při měření bez kapaliny a φ_2 je odečtený úhel po jejím nalití.

Index lomu určíme ze Snellova zákona lomu ($n_{\text{vzduchu}} = 1$):

$$n_{\text{kapaliny}} =$$

Úhel dopadu určím jednoduše jako doplněk úhlu φ_2 do 90°

Úhel lomu určíme pomocí goniometrických funkcí tak, že (doplňte):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{d-l}{\dots\dots}$$

Vzdálenost d spočítám pomocí prvního paprsku a výšky h (kterou si změřím) opět pomocí goniometrických funkcí :

$$d = \frac{\dots\dots}{\operatorname{tg} \varphi_1}$$

Chybí nám jen určit délku l . Tu zjistím pomocí sinové věty z malého tupouhlého trojúhelníka:

$$l = \frac{m \cdot \sin \dots}{\sin \dots}, \text{ kde } m \text{ je velikost strany naproti úhlu } \varphi_2, \text{ tzn. délka zeleného}$$

paprsku od zdroje k hladině

a konečně m je možné určit za pomoci goniometrických funkcí:

$$m = \frac{\dots\dots}{\sin \varphi_1}$$

Dokážete to nyní dát dohromady a určit úhel β ?

$$\operatorname{tg} \beta =$$

Měření

Výška hladiny: $h = \dots\dots\dots \text{cm}$

Výška otočného šroubu nad hladinou : $s = \dots\dots\dots \text{cm}$

Tab.1 : Výsledky měření indexu lomu tří kapalin:
(napište názvy kapalin)

Název kapaliny			
Úhel φ_1			
Úhel φ_2			
Úhel γ			
Úhel lomu β			
Index lomu n			

Diskuse

- Vzpomeňte si na nějaké praktické projevy indexu lomu v životě a popište je (např. zdánlivá hloubka)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- Popište, jaké nebezpečí nám hrozí při používání laseru a proč. Jak s ním správně pracovat, abychom neohrožovali sebe ani okolí?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Závěr

1. Vypočetl(-a) jsem index lomu tří různých kapalin:

$$n_{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

$$n_{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

$$n_{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

2. Odvodil(-a) jsem, jak určit úhel lomu β .

Závěr

V bakalářské práci je popsáno několik námětů na netradiční laboratorní práce, které je možné použít při výuce fyziky na gymnáziích a středních školách. Zpracoval jsem jedno větší téma ze tří základních oblastí fyziky – mechaniky (Měření rychlosti střel kulčkové pistole), elektřiny (Měření vnitřního odporu a životnosti elektrických monočlánků) a optiky (Měření indexu lomu kapalin).

Ke všem laboratorním pracím byl zpracován metodický text, ve kterém jsem popsal proč a k čemu práce může být, dále jsem popsal alternativy určování hledaných veličin, jejich výhody a naopak rezervy a v neposlední řadě i možnosti rozvíjení klíčových kompetencí u studentů. Všechny laboratorní práce byly prakticky odzkoušeny a odladěny a výsledky těchto kontrolních měření jsou součástí těchto metodických textů. Dále byli ke každému praktiku připraveny pracovní listy pro žáky. V části teorie žáci doplňují volná místa či vybírají správnou odpověď z více možností. Věřím, že je to mnohem zajímavější, nežli psát celou teorii z vlastní hlavy. Navíc tak přesně určujeme směr, kterým chceme žáky v laboratorní práci vést. V části měření žáci doplňují výsledky do předem připravených tabulek a vypočítávají veličiny podle vzorců, ke kterým sami v teorii došli. Následuje část diskuse, kde mají žáci prostor pro psaný projev – určování hlavní chyby měření, přínos pro praktický život, ... Celý pracovní list je uzavřen tradiční kapitolou závěr. K laboratorní práci Měření vnitřního odporu a životnosti elektrických monočlánků je navíc sestaven i teoretický text. V něm je popsán princip činnosti el. článků, rozdíly mezi jednotlivými druhy a chemické reakce, které při vybíjení článku probíhají.

Veškerá dokumentace k těmto pracím zatím nebyla uveřejněna na internetových stránkách fyzwebu. Nejprve je třeba, aby práci prostudovalo několik kritiků, kteří práci zkontrolují. Vyvarujeme se tak možných chyb (či nepřesností). Teprve potom bude práce nabídnuta učitelům fyziky prostřednictvím internetu.

Další výzvou do budoucna je odzkoušení laboratorních prací přímo s žáky při pedagogické praxi v 1. ročníku navazujícího magisterského studia. Práci by bylo možné rozšířit o další náměty na práci diplomovou.

Seznam obrázků a grafů

Obr. 1.1 – Schéma elektrického obvodu pro vybíjení článku přes spotřebič s konstantním odporem	6
Graf 1.1 – Závislost napětí článků na čase při vybíjení přes žárovku	7
Obr. 1.2 – Schéma elektrického obvodu pro vybíjení článku konstantním vybíjecím proudem	8
Obr. 1.3 – Reálné zapojení obvodu z obrázku 1.2	8
Graf 1.2 – Závislost napětí článků na čase při vybíjení konstantním vybíjecím proudem 1 A	9
Obr. 2.1 – Schéma zinkochloridového článku	11
Obr. 2.2 – Schéma alkalického článku	12
Obr. 2.3 – Schéma niklmetalhydrového článku	13
Obr. 4.1 – Balistické kyvadlo a geometrické veličiny	18
Obr. 4.2 – Schéma elektrického obvodu	21
Obr. 4.3 – Pomůcka pro přímé měření rychlosti střely kulčkové pistole připojená na měřicí systém ISES	21
Obr. 4.4 – Výsledek kontrolního měření znázorněný v programu ISES	22
Obr. 5.1 – Balistické kyvadlo a geometrické veličiny	24
Obr. 6.1 - Pomůcka pro měření indexu lomu	28
Obr. 6.2 - Schéma chodu paprsků a geometrická situace	29
Obr. 7.1 - Geometrická situace pokusu	31

Seznam použité literatury

- [1] www.bateria.cz
- [2] BEDNAŘÍK, M., ŠIROKÁ, M.: Fyzika pro gymnázia (mechanika). Prometheus, Praha, 2005
- [3] LEPIL, O., ŠEDIVÝ, P.: Fyzika pro gymnázia (elektřina a magnetismus). Prometheus, Praha, 2005
- [4] LEPIL, O., KUPKA, Z.: Fyzika pro gymnázia (optika). Prometheus, Praha, 2005
- [5] LANK, V., VONDRA, M.: Fyzika v kostce. Fragment, Praha, 2002