

Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Iva Jakubská

Řešené úlohy z elektřiny a magnetismu

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Zdeňka Koupilová, Ph.D.

Studijní program: Fyzika

Studijní obor: Fyzika zaměřená na vzdělávání

Praha 2015

Poděkování

Velice děkuji své vedoucí bakalářské práce RNDr. Zdeňce Koupilové, Ph.D za její podporu, nekonečnou trpělivost a dobré rady při tvorbě úloh i textu mé bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Praze dne 11. 5. 2015

podpis

Název práce: Řešené úlohy z elektřiny a magnetismu

Autor: Iva Jakubská

Katedra / Ústav: Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Zdeňka Koupilová, Ph.D., Katedra didaktiky fyziky

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce bylo doplnit Elektronickou sbírku úloh, která vzniká na Katedře didaktiky fyziky o 25 úloh. Úlohy jsou zařazeny napříč kapitolami okruhu Elektřina a magnetismus. Ke každé úloze bylo vytvořeno podrobné strukturované řešení včetně nápověd, rozborů a vhodných komentářů, součástí většiny úloh jsou mnou vytvořené obrázky. V úvodu bakalářské práce je popsána struktura práce a důvody výběru práce. V další části jsou základní informace o sbírce, ve třetí kapitole se vyjadřuji stručně k tvorbě úloh. Pět z nich je vytištěno v příloze, zbytek je k nalezení na přiloženém CD, nebo na stránkách sbírky: <http://fyzikalniulohy.cz/>. V závěru je shrnut přínos této bakalářské práce.

Klíčová slova: elektřina, magnetismus, elektronická sbírka, řešené úlohy, sbírka úloh

Title: Solved Problems in Electricity and Magnetism

Author: Iva Jakubská

Department: Department of Physics Education

Supervisor: RNDr. Zdeňka Koupilová, Ph.D., Department of Physics Education

Abstract: The aim of this Bachelor thesis was to supplement Collection of Solved Problems in Physics, which is developed by Department of Physics Education, with 25 tasks. The tasks are included in the chapters of Electricity and magnetism section. Each task has a structured solution; some tasks are enriched with pictures created by myself. In the Introductory part of this thesis the structure and reasons for choice of the topic of the thesis are described. Next chapter contains basic information about the collection. The third chapter comprises brief comments on the creation process of the tasks. A sample of the five tasks is included in an appendix; the rest is to be found on the enclosed CD or on the collection's website: <http://fyzikalniulohy.cz/>. In the Conclusion the merits of this Bachelor thesis are summarized.

Keywords: electricity, magnetism, electronic collection, solved problems, problem collection

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Charakteristika sbírky	2
3. Přehled úloh.....	4
4. Závěr	17
Seznam použité literatury.....	18
Přílohy.....	19

1. Úvod

1.1. Cíl práce

Cílem této práce bylo vytvořit úlohy v podobě vhodné pro Elektronickou sbírku řešených úloh, která vzniká na Katedře didaktiky fyziky MFF UK. Sbíрку naleznete na adrese: <http://fyzikalniulohy.cz/>.

Úlohy uvedené ve sbírce pomohly mně samotné několikrát během studia, proto jsem se rozhodla, že vytvořením dalších úloh bych mohla pomoci dalším lidem, kteří se rozhodnou sbírku využít. Vzhledem k tomu, že studuji obor s pedagogickým zaměřením, je tvorba úloh jedinečnou možností vyzkoušet si vysvětlování fyzikálních jevů, různých postupů a úvah tak, aby to nebylo zbytečně složité a bylo to co nejvíce pochopitelné. Mým úkolem bylo zpracovat úlohy do tématu Elektřina a magnetismus a vhodně je zařadit mezi již existující úlohy.

1.2. Struktura práce

Práce je rozdělena do čtyř kapitol.

Tato kapitola, která je zároveň první kapitolou, popisuje cíle bakalářské práce, dále jsou zde uvedeny důvody, proč jsem si tuto bakalářskou práci vybrala. Také je zde v krátkosti popsána struktura práce.

Druhá kapitola je věnována Elektronické sbírce úloh, popisuje filozofii sbírky, tj. důvod proč vznikla a přístup ke tvorbě úloh.

Třetí kapitola pojednává o mnou vytvořených úlohách. Obsahuje detailní popis přístupu k řešení úloh, jejich konkrétní struktuře, metodě řešení a zařazení do sbírky.

Čtvrtou kapitolou je závěr, zde se nachází stručné zhodnocení práce.

Součástí tištěné verze je ukázka pěti vytvořených úloh. Dále je přiložené CD, které obsahuje digitální verzi textu práce i všech zpracovaných úloh.

2. Charakteristika sbírky

Sbírka obsahuje strukturovaně řešené úlohy, jejichž zpracování vede čtenáře krok po kroku k vyřešení úlohy. Úlohy jsou obohaceny obrázky. Sbítku spravuje RNDr. Zdeňka Koupilová, Ph.D., úlohy jsou ukládány do databáze MySQL a jejich text se píše v modifikovaném XHTML. Pro psaní složitějších vzorců je používán formát LaTeX.

Sbírka má dvě rozhraní, administrátorské a uživatelské. Jak název napovídá, v administrátorském rozhraní se úlohy tvoří a uchovávají se tam jejich rozpracované formy. Toto rozhraní umožňuje i vkládat některé technické informace, které nejsou podstatné pro řešení úloh, ale mohou mít význam pro pozdější úpravu, či další zpracovávání již vytvořených úloh. Například se plánuje, že bude možné si vygenerovat k jednotlivým úlohám pouze číselné výsledky úloh, či konstanty potřebné k řešení. Tyto údaje jsou uvedeny v hlavičce úlohy a jsou viditelné pouze v administrátorském rozhraní. Naproti tomu je zde uživatelské rozhraní, které umožňuje postupně se proklikávat jednotlivými okruhy, kapitolami, podkapitolami, úlohami a jejich řešeními (podrobněji níže).

V době vzniku této bakalářské práce sbírka obsahuje v české verzi 9 zveřejněných okruhů, jsou to: Mechanika, Termodynamika a molekulová fyzika, Elektřina a magnetismus, Optika, Teoretická mechanika, Fyzika mikrosvěta, Matematické metody, Matematická analýza a Lineární algebra.

Okruh Elektřina a magnetismus ke dni 18. 4. 2015 obsahuje 242 úloh rozdělených do 6 kapitol:

Elektrostatika (72 úloh)

Stejnoseměrný elektrický proud (56 úloh)

Stacionární magnetické pole (47 úloh)

Nestacionární magnetické pole (25 úloh)

Obvody se střídavými proudy (43 úloh)

Elektromagnetické pole (3 úlohy)

Některé úlohy jsou zařazeny do dvou či více kapitol. Většina kapitol je dále členěna na podkapitoly, v jiných jsou rovnou obsaženy úlohy, podle toho, jak je to v dané struktuře, počtu i složitosti úloh potřeba.

U každé úlohy uvedené ve sbírce naleznete údaje, jako jsou obtížnost, název a kód. Obtížnosti jsou čtyři: základoškolská, středoškolská, obtížnější středoškolská a vysokoškolská úloha. Úlohy jsou členěny do oddílů. U všech úloh nalezneme povinné oddíly, kterými jsou zadání a řešení. Většina úloh obsahuje také oddíl odpověď. Dalšími oddíly jsou nápověda a řešení nápovědy, které bývá skryto v oddílu nápovědy a zobrazí se jen tehdy, když na něj uživatel klikne. Řešení někdy bývá rozfázováno do několika oddílů, aby bylo pro čtenáře přehlednější. Pokud to úloha vyžaduje je v ní uveden oddíl zápis nebo zápis a číselné řešení. U složitějších úloh naleznete i oddíl rozbor, kde je slovně popsána strategie řešení bez vzorců a fyzikálních značek. Většina úloh má i další oddíly, kde jsou uvedeny odkazy na podobné úlohy, komentáře či zajímavosti. Obsah každého oddílu, kromě zadání, se uživateli zobrazí až tehdy, když na něj klikne. Díky tomu záleží pouze na něm, jak se rozhodne, zda bude postupovat krok za krokem, nebo se rovnou podívá na řešení.

3. Přehled úloh

Hlavní náplní této bakalářské práce bylo vytvořit 25 úloh se strukturovaným řešením, použitelných pro výše popsanou Elektronickou sbírku řešených úloh. Úlohy již byly v „pracovní verzi“ sbírky, obsahovaly zadání a velice stručná řešení, která ale byla leckdy numericky i fyzikálně chybná. Úlohy pocházely z materiálů dr. J. Kohouta [1].

Vytvořené úlohy jsou zařazeny v kapitolách okruhu Elektřina a magnetismus. V závorce uvádím jejich počet v jednotlivých kapitolách.

Elektrostatika (6)

Steady-state elektrický proud (9)

Stacionární magnetické pole (7)

Nestacionární magnetické pole (3)

Tyto úlohy doplnily již více než dvě stě existujících úloh z okruhu Elektřina a magnetismus, proto se nejedná o ucelený soubor, spíše naopak. Snažila jsem se o to, aby úlohy vhodně navazovaly a zapadaly k úlohám již vytvořeným. Při tvorbě úloh bylo nutné prozkoumat, jaké úlohy tento okruh obsahuje, a dodržovat zavedenou formální strukturu úloh. Vymýšlela jsem nápovědy, jejich řešení, dále jsem kontrolovala fyzikální i numerickou správnost uvedených řešení. Tvořila jsem obrázky a přeformulovala řešení tak, aby bylo jasné, co z čeho vyplývá a proč. Tím úlohy dostaly podobu, která odpovídá koncepci Elektronické sbírky úloh.

Při tvorbě strukturovaných řešení úloh mi, zvláště po odborné fyzikální stránce, byla velkou inspirací vedoucí mé bakalářské práce. Dále jsem využívala publikace [2], [3] a [4].

Následuje přehled úloh, pořadí odpovídá řazení na webu. Číslo v závorce za názvem úlohy je její kód, pod kterým ji ve sbírce nalezneme, za pomlčkou je uvedena obtížnost úlohy: ZŠ označuje základníškolskou úlohu, SŠ středoškolskou úlohu, SŠ+ obtížnější středoškolskou úlohu a VŠ vysokoškolskou úlohu. Všechny úlohy jsou nejprve řešeny obecně, některé potom i číselně.

3.1. Úlohy z kapitoly Elektrostatika

Do této kapitoly bylo vytvořeno šest úloh, které jsou zařazeny do čtyř podkapitol.

Úlohy z podkapitoly Síly v elektrickém poli, Coulombův zákon:

Otáčející se nabitá kulička kolem druhé stejně nabitě kuličky (954 – SŠ+)

Cílem úlohy je zjistit minimální rychlost, kterou musíme udělit nabitě kuličce, která se otáčí ve vertikální rovině kolem druhé stejně nabitě kuličky, v nejnižším bodě její trajektorie, aby vykonala celou kruhovou otočku. Úloha je vyřešena obecně.

Jedná se o těžší středoškolskou úlohu, která je vhodná spíše na seminář pro zájemce o fyziku, nebo jako úloha do základního vysokoškolského kurzu elektřiny a magnetismu. Vyžaduje znalosti z mechaniky, řešitel by měl znát zákonitosti kruhového pohybu. Při řešení je využít i zákon zachování mechanické energie.

U této úlohy je uveden odkaz na úlohu Nabitě těleso na závěsu (799) zařazenou do kapitoly Stacionární magnetické pole, která je řešena obdobným způsobem. Při řešení úlohy používáme poznatky z úlohy Koule přivázaná na konci provazu (150), která je z okruhu Mechanika.

Úlohy z podkapitoly Intenzita elektrického pole:

Určení znaménka dvou bodových nábojů (1018 – SŠ)

Cílem je určit znaménka bodových nábojů, které jsou od sebe v určité vzdálenosti. Známe je graf závislosti x -ové složky elektrické intenzity na vzdálenosti. Úloha je řešena úvahou a neobsahuje numerické řešení.

Jedná se o středoškolskou úlohu, lze ji zařadit do běžné hodiny fyziky. Po řešiteli vyžaduje znalost veličiny elektrická intenzita, konkrétně její průběh v okolí bodového náboje a určení jejího směru z grafu.

Určení znaménka dvou bodových nábojů II (1019 – SŠ+)

Cílem úlohy je určit znaménka a poměr velikostí dvou bodových nábojů, známe-li graf závislosti x -ové složky elektrické intenzity na vzdálenosti. Dále máme určit vzdálenost maxima intenzity od jednoho z nábojů. Úloha je vyřešena obecně.

Jedná se o těžší středoškolskou úlohu vhodnou spíše na seminář nebo do kurzu základní elektřiny na vysoké škole, protože se v ní vyskytují derivace. Po řešiteli vyžaduje znalost pojmu elektrická intenzita, včetně vztahu pro intenzitu v okolí bodového náboje.

K úloze je vytvořen komentář, kde je nakresleno a diskutováno, jak by v daném případě vypadala tato závislost podél celé osy x , protože v zadání je pouze část, kterou potřebujeme k vyřešení úlohy.

Elektron nalétávající do elektrického pole (1017 – SŠ+)

V úloze je popsána situace, kdy elektron vlétne podél siločar do homogenního elektrického pole, které je tvořeno dvěma poli působícími současně, jedno v horizontálním a druhé ve vertikálním směru. Známe intenzitu obou polí a dráhu, na které se rychlost elektronu dvakrát zvětší. Úkolem je určit konečnou rychlost elektronu. Úloha je zadána i vyřešena numericky.

Těžší středoškolská úloha vhodná na seminář pro zájemce o fyziku, dá se použít i jako úvodní úloha na vysoké škole pro zopakování toho, co by měli studenti znát ze střední školy. Úloha je zařazena navíc i do podkapitoly Práce v elektrickém poli, protože je vyřešena dvěma způsoby a každý z nich se hodí do jiné podkapitoly. První řešení je založeno na vztazích pro rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb. Druhé využívá úvahy o energiích. U obou způsobů řešení je nutná znalost toho, že elektrická intenzita je vektorová veličina a jak se s takovou veličinou počítá. K číselnému vyřešení je potřeba vyhledat velikost náboje elektronu a jeho hmotnost.

V komentáři je stručně popsáno, jak by se situace změnila, kdyby elektron nevlétl do daného pole podél siločar. V dalším oddíle je uveden odkaz na podobnou úlohu Letící elektron v homogenním poli (31), která je také z kapitoly Elektrostatika.

Dvě navzájem kolmé nabité přímky (1020 – VŠ)

Máme dvě nekonečně dlouhé přímky rovnoměrně nabitě s lineární hustotou náboje, které jsou na sebe kolmé. Jednou ze siločar je přímka, která prochází počátkem, řešitel má určit, jaký úhel bude tato siločára svírat s vodorovným směrem. Úloha neobsahuje numerické řešení.

Jedná se o vysokoškolskou úlohu. Při řešení se využívá toho, že situace umožňuje použít souřadnicový popis, jen je třeba vše správně fyzikálně interpretovat. Výpočet není obtížný, ale úvahy, které se provádějí, nejsou úplně samozřejmé.

Druhá nápověda má několik skrytých oddílů, které jsou zaměřeny hlavně na to, aby řešitel pochopil, že některé úvahy se dají použít jen v této konkrétní situaci a také proč to jde pouze tady a jinde ne.

Úlohy z podkapitoly Práce v elektrickém poli

Elektron nalétávající do elektrického pole (1017 – SŠ+)

Tato úloha je zařazena do dvou podkapitol, mimo tuto i v podkapitole Intenzita elektrického pole (viz výše), kde je její podrobnější popis.

Úlohy z podkapitoly Zapojování kondenzátorů, kapacita

Vzduchový kondenzátor (1022 – SŠ+)

Zadání úlohy po řešiteli chce, aby určil kapacitu deskového kondenzátoru, který vznikl tak, že do deskového kondenzátoru o známé kapacitě vložíme plech o zadané tloušťce. Známe také vzdálenost desek v původním kondenzátoru. Úloha má číselné řešení.

Těžší středoškolská úloha, která se dá zařadit i do normální hodiny fyziky, jen je třeba počítat s tím, že se jí bude věnovat více času. Úloha vyžaduje znalost základních vztahů pro výpočet kapacity deskového kondenzátoru a faktu, že výsledná kapacita deskového kondenzátoru nezávisí na poloze plechu, který do něj vložíme. Podle zkušeností pedagogů je tento jev pro studenty obtížnější na pochopení, proto jsem se rozhodla ho v této úloze blíže vysvětlit a dokázat. Permittivita vzduchu je v této úloze ztotožněna s permitivitou vakua.

Úloha je vyřešena tak, že je konstatováno, že výsledná kapacita na poloze plechu nezáleží. V komentáři k úloze je uveden důkaz tohoto tvrzení pomocí výpočtu i pomocí grafu potenciálů, kde je uvedena závislost velikosti elektrického potenciálu na vzdálenosti od jedné z desek kondenzátoru. Je znázorněno několik poloh plechu.

3.2. Úlohy z kapitoly Stejněměrný elektrický proud

Tato kapitola obsahuje devět úloh zařazených do čtyř podkapitol.

Úlohy z podkapitoly Elektrický proud a náboj:

Olověný akumulátor (1023 – SŠ)

Cílem úlohy je zjistit, jak dlouho bychom mohli používat nabitý akumulátor, který je zdrojem pro obvod a prochází jím ustálený proud. Známe proud tekoucí obvodem i náboj akumulátoru. Úloha je řešena obecně i numericky.

Jednoduchá středoškolská úloha, vhodná do běžné hodiny fyziky. Při řešení stačí znát vztah, který svazuje proud a náboj.

Elektrický náboj procházející vodičem (1024 – SŠ+)

Cílem úlohy je určit, jaký elektrický náboj projde vodičem za zadaný čas. V první části zadání je proud konstantní, ve druhé části proud rovnoměrně roste z jedné hodnoty na druhou. Úloha obsahuje číselné řešení.

Těžší středoškolská úloha, vhodná spíše na seminář pro zájemce o fyziku, nebo do základního vysokoškolského kurzu elektřiny a magnetismu jako úvodní příklad k danému tématu. Řešitel musí znát, jak se určuje celkový náboj prošlý za určitý čas vodičem.

První část se dá vyřešit v jednom kroku, proto je úloha zaměřena spíše na druhou část. Tam je podrobně vysvětleno, jak by se postupovalo integrací, vše je vysvětleno na grafu tak, aby to pochopil i člověk, který integrály nezná, jde spíše o úvahu. Úloha obsahuje komentář, kde je řešení pomocí integrálu a je tam také podrobnější důkaz o tom, že v případě rovnoměrného růstu proudu lze použít průměrnou hodnotu proudu jako průměr z počáteční a konečné hodnoty. Také je

zde uveden odkaz na obtížnější podobnou úlohu Náboj procházející vodičem (1077), která je také v této kapitole.

Prošlý náboj při růstu napětí (1078 – SŠ)

Cílem úlohy je určit náboj, který prošel vodičem, ve kterém rovnoměrně rostlo napětí. Známe je odpor vodiče, doba, po kterou se zvyšovalo napětí a počáteční a koncová hodnota proudu. Úloha obsahuje numerické řešení.

Středoškolská úloha, která bezprostředně navazuje na jednodušší část úlohy Elektrický náboj procházející vodičem (1024) popsané výše. V této úloze však neznáme proud, nýbrž napětí, proto je nutná znalost Ohmova zákona.

Náboj procházející vodičem (1077 – VŠ)

Cílem této úlohy je určit, jaký náboj projde vodičem mezi druhou a šestou sekundou. Zadaný je vztah, kterým se řídí proud. Úloha je řešená integrací a má číselné řešení.

Jedná se o jednodušší vysokoškolskou úlohu, vhodnou na začátek tématu pro vysokoškolské studium. Dá se použít i jako nadstavbová úloha na maturitním semináři.

Úlohy z podkapitoly Elektrický odpor a vodivost:

Elektrická pec (1082 – SŠ)

Cílem úlohy je zjistit, kolikrát musíme zvětšit napětí na svorkách elektrické pece, aby se nezměnila velikost proudu, chceme-li pec ohřát. Známe počáteční a konečnou teplotu pece a teplotní koeficient odporu topného drátu. Úloha obsahuje číselné zadání i řešení.

Středoškolská úloha použitelná do normální hodiny fyziky, která vyžaduje základní znalost o tom, jak se mění odpor vodičů s teplotou a Ohmův zákon.

Odpor drátu z konstantanu, mědi (1079 – SŠ)

Cílem úlohy je určit délky drátů z konstantanu a mědi, známe-li jejich průřezy a odpory. Úloha je zadána a vyřešena numericky.

Jedná se o klasickou středoškolskou úlohu vhodnou na běžnou hodinu fyziky. Řešitel potřebuje znát vztah pro výpočet odporu drátu s konstantním průřezem a umět s ním manipulovat. K vyřešení této úlohy je potřeba vyhledat měrný elektrický odpor konstantanu a mědi.

Dvou vodičové vedení mezi elektroinstalací a spotřebičem (1081 – SŠ)

Cílem úlohy je určit průřez měděného vodiče dvou vodičového vedení mezi elektroinstalací a spotřebičem. Zadány jsou výstupní napětí na elektroinstalaci, vzdálenost elektrospotřebiče od stanice, proud ve vedení a povolené ztráty na vedení. Dálkové vedení je pro střídavý proud, ale v úloze uvažujeme efektivní hodnoty střídavého proudu a napětí, proto jsou pro Ohmův zákon i pro výpočet výkonu použity stejné vztahy jako platí u stejnosměrného proudu. Úloha má číselné řešení.

Středoškolská úloha vhodná do běžné hodiny fyziky. V úloze je vysvětleno, co je dvou vodičové vedení a jak si poradit s informací o ztrátách. K numerickému výpočtu je potřeba zjistit měrný elektrický odpor mědi. Úloha je zaměřena na aplikaci vztahu pro výpočet odporu drátu o konstantním průřezu a na výkon u elektrického proudu proto je uvedena i v podkapitole Elektrický výkon a příkon.

Cívka z měděného drátu (1080 – SŠ+)

Zadání úlohy požaduje po řešiteli, aby zjistil, jaké napětí můžeme vložit na cívku z měděného drátu, aby nedošlo k překročení zadané proudové hustoty v cívce. Znám je počet závitů cívky a průměr drátu. Úloha obsahuje číselné řešení.

Tato obtížnější středoškolská úloha se dá použít i v normální hodině fyziky, ale spíše jako opakovací úloha. K vyřešení je třeba znát Ohmův zákon, vztahy pro výpočet proudové hustoty a odporu přímého vodiče s konstantním průřezem. K číselnému výpočtu je třeba dohledat měrný elektrický odpor mědi.

Úlohy z podkapitoly Elektrický výkon a příkon:

Dvou vodičové vedení mezi elektroinstalací a spotřebičem (1081 – SŠ)

Tato úloha je zařazena i do podkapitoly Elektrický odpor a vodivost, úlohy z této podkapitoly jsou uvedeny výše, tam je také tato úloha podrobněji popsána.

Úlohy z podkapitoly Elektrický proud v elektrolytech a plynech:

Elektrolýza vody (1083 – SŠ)

Cílem této úlohy je zjistit teplotu kyslíku vyloučeného při elektrolýze. Známe tlak i objem kyslíku a víme, po jakou dobu obvodem procházel proud, jehož velikost je také zadaná. Úloha je vyřešena číselně.

Jedná se o středoškolskou úlohu. K vyřešení je třeba znát stavovou rovnici ideálního plynu a Faradayovy zákony elektrolýzy.

Úloha odkazuje na úlohu Vylučování stříbra (157) uvedenou ve stejné kapitole, kde je uveden podrobnější popis mechanismu elektrolýzy. K vypočtení číselné hodnoty teploty je třeba vyhledat molární plynovou a Faradayovu konstantu.

3.3. Úlohy z kapitoly Stacionární magnetické pole

V této kapitole nalezneme sedm úloh zařazených do tří podkapitol.

Úlohy z podkapitoly Silové působení magnetického pole na vodič s proudem:

Vodivá tyč protékaná proudem na kolejnicích (800 – SŠ+)

Cílem úlohy je určit nejmenší možnou magnetickou indukci, která dá do pohybu tyč ležící na kolejnicích, dále je třeba určit, jaký úhel má indukce svírat s vodorovným směrem. Známý jsou hmotnost tyče, vzdálenost kolejnic, proud, který kolejnicemi i tyčí protéká a součinitel klidového tření mezi tyčí a kolejnicemi. Úloha má číselné řešení.

Jedná se o těžší středoškolskou úlohu, kterou je vhodné použít na semináři z fyziky. Je potřeba, aby řešitel znal a uměl použít pojem derivace a určit pomocí ní extrém. Hlavní myšlenka řešení úlohy vyžaduje znalost mechaniky, konkrétně

zákonitosti silového působení těles. Je třeba vědět, jak se počítá třecí síla a magnetická síla pro tyč. K numerickému vyřešení úlohy je třeba znát hodnotu tíhového zrychlení.

Během řešení této úlohy je využito toho, že potřebné znalosti z mechaniky jsou vysvětleny v úloze Dívka táhne sáňky po zasněženém chodníku (23), uvedené v podkapitole Dynamika přímočarého pohybu, obsažené v okruhu Mechanika.

Úlohy z podkapitoly Magnetické pole vodičů s proudem:

Rovnoběžné vodiče protékané proudy (765 – SŠ+)

V této úloze uvažujeme dva nekonečně dlouhé přímé rovnoběžné vodiče, kterými teče proud. Víme, že uprostřed mezi těmito vodiči je magnetická indukce rovna nule a v jistém bodě na ose směřuje magnetická indukce vzhůru. Úkolem je určit směry proudů ve vodičích a poměr jejich velikostí, orientaci magnetické indukce v jiném bodě roviny souměrnosti a místo bodu na ose, kde je magnetická indukce maximální. Zadání je pro přehlednost doplněno obrázkem. Tato úloha je řešena pouze obecně.

Jedná se o obtížnější středoškolskou úlohu, vhodnou spíše na seminář pro zájemce o fyziku, nebo do základního vysokoškolského kurzu elektřiny a magnetismu. Řešitel musí znát Ampérovo pravidlo pravé ruky a vztah pro výpočet magnetické indukce v okolí přímého vodiče. Dále je nutné znát pravidla a užití derivačního počtu.

Úloha je doplněna o komentář, ve kterém je grafický znázorněn průběh velikosti a směru magnetické indukce podél přímky v rovině souměrnosti obou vodičů.

Přímý dlouhý vodič v blízkosti kruhového závitu (767 – SŠ+)

Cílem této úlohy je určit velikost magnetické indukce ve středu kruhového závitu, kterým protéká proud a v jeho blízkosti přímo nad středem závitu se nachází velmi dlouhý přímý vodič, kterým také teče proud. Známe vzdálenost kruhového a přímého vodiče, poloměr kruhového závitu a obě velikosti proudů. Zadání obsahuje obrázek. Úloha je vyřešena obecně i číselně.

Obtížnější středoškolská úloha je vhodná na seminář, ale dá se použít i jako nadstavba pro běžnou hodinu. Je potřeba umět sčítat vektorové veličiny, znát Ampérovo pravidlo pravé ruky. K určení číselné hodnoty je třeba vyhledat permeabilitu vakua.

Vzorce použité pro výpočet magnetických indukcí jsou odvozeny v úlohách Magnetické pole dlouhého přímého vodiče s proudem (472) a Magnetická indukce na ose kruhového závitu (395), kde je uvedeno i jejich odvození pomocí Biotova-Savartova zákona.

Vodič ve tvaru pravého úhlu (766 – VŠ)

Máme velmi dlouhý vodič ve tvaru pravého úhlu. Cílem úlohy je určit jaká bude velikost magnetické indukce v bodě, který leží na prodloužení jednoho z ramen pravého úhlu. Známe vzdálenost bodu od ohybu vodiče a proud, který teče vodičem. U zadání je uveden obrázek popsané situace. Úloha obsahuje numerický výpočet.

Jedná se o vysokoškolskou úlohu, vhodnou na začátek uvedeného tématu. K vyřešení je třeba znát Biotův-Savartův zákon a Ampérovo pravidlo pravé ruky. K číselnému výsledku je nutné najít hodnotu permeability vakua.

Drátěný obdélník protékaný proudem (796 – VŠ)

Cílem úlohy je určit poměr délek stran obdélníku o zadaném obsahu tak, aby velikost magnetické indukce ve středu obdélníku byla maximální.

Tato úloha je vysokoškolská, řešitel musí znát Ampérovo pravidlo pravé ruky a Biotův-Savartův zákon. Při vyjadřování nejvýhodnějších rozměrů obdélníku je použito derivování.

Dva čtvercové závity protékané proudem (798 – VŠ)

Ve dvou vodorovných rovinách máme nad sebou umístěny dva stejné čtvercové závity. Cílem úlohy je určit směry proudů v závitech a sílu, kterou se závity vzájemně odpuzují. Znamé jsou rozměry čtverců, vzdálenost rovin a

velikost proudu, který prochází závity, je pro oba závity stejná. Tato úloha obsahuje číselné vyjádření výsledku.

Komplikovanější vysokoškolská úloha vhodná například k zopakování probraného učiva v daném tématu. Při řešení je užito skládání sil, dále je nutné znát zákonitosti, které platí o vzájemném silovém působení vodičů s elektrickým proudem, a také vědět, jak se počítá síla na vodič s proudem v nehomogenním magnetickém poli. Pro číselné vyjádření výsledku je potřeba vyhledat permeabilitu vakua.

Úlohy z podkapitoly Částice s nábojem v magnetickém poli:

Nabitě těleso na závěsu (799 – SŠ+)

V homogenním magnetickém poli, jehož směr je kolmý k vertikální rovině, se ve vertikální rovině kýve těleso na niti. Úkolem je určit, jakou minimální rychlost musíme tělesu udělit v nejnižším bodě kruhové trajektorie, aby vykonalo celou otočku. Tato úloha má pouze obecné řešení.

Obtížnější středoškolská úloha vhodná na seminář pro zájemce o fyziku, či jako jednodušší úloha do vysokoškolského kurzu elektřiny a magnetismu. Řešitel musí vědět, jak v dané situaci určit směr magnetické síly, která bude na těleso působit, dále jsou nutné znalosti z mechaniky, především zákonitosti o silách a zákon zachování mechanické energie.

Během postupu v řešení jsme si museli zvolit směr rychlosti, proto je u této úlohy ještě komentář, kde je řečeno, jak by to dopadlo, kdybychom uvažovali opačný směr rychlosti.

V řešení je uveden odkaz na podobnou úlohu Otáčející se nabitá kulička kolem druhé stejně nabitě kuličky (954), která je uvedena v kapitole Elektrostatika, ve které jsou převzaty úvahy z úlohy Koule přivázaná na konci provazu (150), která je z okruhu Mechanika.

3.4. Úlohy z kapitoly Nestacionární magnetické pole

Tři úlohy náležící této kapitole jsou umístěny do podkapitoly Elektromagnetická indukce.

Rotující přímý vodič v homogenním magnetickém poli (802 – SŠ+)

Cílem úlohy je určit elektromotorické napětí indukující se v tyči, která se otáčí kolem jednoho svého konce v homogenním magnetickém poli. Rovina rotace je kolmá k indukčním čarám. Známý jsou délka vodiče, frekvence, se kterou rotuje, a magnetická indukce pole. Úloha má číselné řešení.

Jedná se o těžší středoškolskou úlohu, která je vhodná na seminář pro zájemce o fyziku, nebo jako jednodušší příklad ve vysokoškolském kurzu elektřiny a magnetismu. Řešitel musí znát vzorec, podle kterého se počítá indukované elektromotorické napětí, dále by měl vědět základní informace o magnetickém indukčním toku a znát zákonitosti kruhového pohybu. Během výpočtu se využívá toho, že časovou derivací úhlu je úhlová rychlost.

Úloha obsahuje komentář, kde je vysvětleno, jak je možné, že se v tyči indukuje napětí, i když to není uzavřená smyčka. Dále jsou zde uvedeny odkazy na dvě úlohy, které také souvisí s tématem elektromagnetické indukce a jsou zařazeny ve stejné podkapitole jako tato úloha, jsou to úlohy Závít v magnetickém poli (803) a Pohybující se kovová tyč v blízkosti vodiče, jímž prochází proud (801).

Závít v magnetickém poli (803 – SŠ+)

V této úloze máme popsanou situaci, kdy je v magnetickém poli umístěn závit. Zadány jsou jeho plocha a odpor. Dále víme, že rovina závitu je kolmá k indukčním čarám pole. Je potřeba určit velikost magnetické indukce tohoto pole, známe-li, jaký náboj prošel tímto závitem při rychlém vysunutí z pole. Úloha je vyřešena numericky.

Obtížnější středoškolská úloha, využívá se zde toho, že na tvaru vodiče ani době vysouvání nezáleží, což situaci zjednoduší. Je potřeba znát Faradayův zákon elektromagnetické indukce a Ohmův zákon.

Úloha má i oddíl, kde je celý postup uveden obecně bez výše uvedených zjednodušení, tím je ukázáno, že použitá zjednodušení jsou pravdivá. V závěrečném komentáři je vše vysvětleno pomocí úvahy. Úloha obsahuje odkazy na podobnou úlohu Pohybující se kovová tyč v blízkosti vodiče, jímž prochází proud (801) a těžší úlohu Rotující přímý vodič v homogenním magnetickém poli (802). Obě úlohy jsou z téže podkapitoly.

Pohybující se kovová tyč v blízkosti vodiče, jímž prochází proud (801 – VŠ)

Cílem této úlohy je spočítat napětí indukující se v tyči pohybující se rovnoběžně s přímým dlouhým drátem, kterým teče proud. Zadány jsou délka a rychlost tyče, proud, který teče drátem a vzdálenost mezi tyčí a drátem. Součástí zadání je obrázek, kde je vše pro lepší pochopení znázorněno. Tato úloha má číselné řešení.

Jedná se o vysokoškolskou úlohu, k jejímuž vyřešení je nutno znát a chápat, jak se počítají indukované napětí a magnetický indukční tok. Při řešení je použito integrování pomocí substituce a derivování. K vypočtení číselné hodnoty je nutné dohledat permeabilitu vakua.

V komentáři je uveden odkaz na dvě jednodušší úlohy Rotující přímý vodič v homogenním magnetickém poli (802) a Závít v magnetickém poli (803) zařazených do stejné podkapitoly.

3.5. Zařazení úloh do sbírky

Abych mohla úlohy vhodně zařadit, musela jsem se podrobně seznámit s již zveřejněnými úlohami z okruhu Elektřina a magnetismus, přesně to bylo 217 úloh. Při zařazování úloh jsem dbala na to, aby typově podobné úlohy byly u sebe a postupně rostla jejich obtížnost. V některých kapitolách stačilo vhodně zařadit úlohy vzniklé v rámci této bakalářské práce, ale mnohdy bylo nutné změnit pořadí úloh v kapitole, či dokonce kapitolu úplně restrukturalizovat.

4. Závěr

V rámci tvorby této bakalářské práce byly splněny její cíle, především cíl vytvořit 25 úloh do Elektronické sbírky.

Díky bakalářské práci jsem se seznámila s úlohami, které elektronická sbírka obsahuje. Musela jsem se naučit pracovat s modifikovanými XHTML kódy, které jsou nutné k zadávání úloh do databáze. Dále jsem získala dovednost tvořit obrázky v grafickém programu CorelDRAW(R) Graphics Suite X4. Tvorbou úloh jsem prohloubila své vlastní znalosti hlavně z oblasti elektřiny a magnetismu, které zajisté využiji ve svém budoucím povolání i během dalšího studia. Během tvorby strukturovaných řešení, jsem se snažila uvažovat jako člověk, který úlohu vidí poprvé a problematika mu není důvěrně známá. Tento fakt považuji za velice hodnotný pro své budoucí učitelské povolání. Samotné vytváření textu bakalářské práce pomohlo k rozvoji mých vyjadřovacích schopností. Dovednosti, které jsem zpracováním úloh i tvorbou textu bakalářské práce získala, považuji za velice důležité a přínosné i pro běžný život.

Pevně doufám, že úlohy, které jsem vytvořila, pomohou dalším lidem, kteří se rozhodnou sbírku využít.

Seznam použité literatury

- [1] Kohout J.: *Studijní materiály ke cvičením z Elektřiny a magnetismu*. Interní materiál KDF MFF UK, Praha 2010
- [2] Lepil O., Šedivý P.: *Fyzika pro gymnázia: Elektřina a magnetismus*. Prometheus, Praha 2003
- [3] Sedlák B., Štoll I.: *Elektřina a magnetismus*. Akademia, Praha 2002
- [4] Sedlák B. a kol.: *Příklady z elektřiny a magnetismu*. SPN, Praha 1976

Přílohy

Na následujících stránkách naleznete ukázkou pěti mnou vytvořených úloh. Úlohy jsou určeny pro webové stránky, z jejichž rozhraní byly dne 10. 1. 2015 vytištěny, proto není tištěná podoba tak kvalitní. Stránky v příloze nejsou číslovány.

Další přílohou je CD, kde jsou všechny mnou vytvořené úlohy v podobě, jakou mají v době odevzdání bakalářské práce a také vlastní text práce. Aktuální podobu úloh naleznete na webových stránkách Elektronické sbírky úloh na adrese: <http://fyzikalniulohy.cz/>.