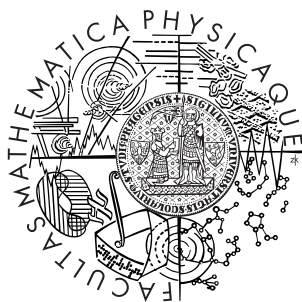


Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Karolina Slavíková

Sbírka úloh z dynamiky hmotného bodu

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Dana Mandíková, CSc.

Studijní program: Fyzika - obor fyzika zaměřená na vzdělávání

2008

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí své bakalářské práce, RNDr. Daně Mandíkové, CSc. za trpělivost, neocenitelnou pomoc a za vedení při vypracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat Bc. Liboru Kukačkovi za poskytnuté rady k používání programu \LaTeX , Zdeňce Broklové za pomoc při zadávání úloh do elektronické podoby a všem ostatním, kteří mi byli při práci jakkoliv nápomocni.

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

V Praze dne 25. 5. 2008

Karolina Slavíková

Obsah

Úvod	1
Vymezení problematiky	1
Cíl práce	2
Struktura práce	3
1 Přehled učiva dynamiky hmotného bodu na ZŠ, SŠ a VŠ	4
1.1 Učebnice fyziky pro základní školu	4
1.2 Učebnice fyziky pro gymnázia	9
1.3 VŠ kurz	10
2 Sbírky úloh	13
2.1 Přehled existujících sbírek	13
2.2 Použité sbírky úloh	17
3 Elektronická sbírka úloh	19
3.1 Celková charakteristika elektronické sbírky	19
3.1.1 Historie sbírky	19
3.1.2 Filozofie sbírky	19
3.1.3 Současný stav a budoucnost sbírky	20
3.2 Technické zpracování úloh	21
3.3 Vlastní sbírka - struktura úloh	21
4 Závěr	27
Literatura	28

Název práce: Sbíрка úloh z dynamiky hmotného bodu

Autor: Karolina Slavíková

Katedra: Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Dana Mandíková, CSc.

e-mail vedoucího: dana.mandikova@mff.cuni.cz

Abstrakt: Bakalářská práce je součástí širšího projektu, jehož cílem je vytvoření elektronické sbírky úloh s podrobnými řešeními a se strukturovanou nápovědou. V rámci této bakalářské práce vznikla část sbírky s osmnácti úlohami, jejichž tématem je dynamika hmotného bodu. Úlohy ve sbírce mají tři úrovně obtížnosti (úroveň středoškolská, středoškolská s vyšší náročností a vysokoškolská). Všechny úlohy byly vybrány z již existujících sbírek a učebnic, každá úloha obsahuje zadání, systém nápověd a následných řešení nápověd, celkové podrobné řešení a celkovou odpověď. Úlohy jsou doplněny obrázky. V úvodní části bakalářské práce je vymezena problematika a cíle práce a je uvedena její struktura. V další části práce je uveden přehled učiva probíraného na ZŠ, SŠ a stručně na VŠ, které se týká daného tématu. Následuje přehled a stručná charakteristika sbírek úloh k danému tématu. Třetí, stěžejní část práce je věnovaná vlastní sbírce úloh. Uvedena je její celková charakteristika, popsáno je technické zpracování úloh a jejich struktura.

V závěru jsou shrnuty výsledky práce. Součástí práce je příloha s ukázkou pěti vytvořených úloh. Všechny úlohy jsou pak v elektronické podobě na přiloženém CD.

Klíčová slova: dynamika, elektronická sbírka úloh, strukturovaná nápověda

Title: Collection of Solved Problems in Dynamics of Mass Point

Author: Karolina Slavíková

Department: Department of Physics Education

Supervisor: RNDr. Dana Mandíková, CSc.

Supervisor's e-mail address: dana.mandikova@mff.cuni.cz

Abstract: This work is a part of wider project which aim is to create electronic collection of problems completed with detailed solutions and structured hints. Within the frame of this work was made part of collection with eighteen problems, which theme is dynamics of mass point. Problems in collection have got three levels of difficultness (high school level, more exacting high school level and university level). All problems were chosen from already existing collections and textbooks, each problem contains task, system of hints and resulting solutions of hints, overall detailed solution and overall answer. Problems are completed by pictures. At the beginning of the work are given aims of the work and its structure. In the next part of work is mentioned survey of curriculum which is

instructed in primary school, secondary school and university in brief, which relates to this theme. Next part is survey and brief characterization of collections of problems with this theme. The third and fundamental part of the work is devoted to self collection of problems. There is given its general characterization, there is described technical elaboration of problems and its structure.

Produces of the work are summarized at the end of this work. Component of this work is supplement with extract of five created problems. All problems are then in electronic form on added CD.

Keywords: dynamics, electronic collection of problems, structured hint

Úvod

Vymezení problematiky

V rámci bakalářské práce jsem vytvořila část elektronické sbírky fyzikálních úloh určenou především studentům učitelství fyziky. Touto částí doplňuji rozsáhlou elektronickou sbírku, na níž se podílí více studentů dalšími bakalářskými pracemi s rozličnými tématy úloh.

Tématickým celkem, kterému se věnuji, je dynamika hmotného bodu, konkrétněji dynamika postupného pohybu hmotného bodu. Tuto část klasické mechaniky můžeme považovat za lehce až středně obtížnou. Studentům často činí problémy používání Newtonových zákonů, které znají z paměti, ale v konkrétním případě mají potíže s jejich použitím. Řídí se často spíše vlastními intuitivními představami. V případě prvního Newtonova zákona studenti zapomínají na fakt, že pokud se těleso pohybuje konstantní rychlostí, má nulové zrychlení, a tedy výslednice sil působících na těleso je nulová. Problém souvisí s nesprávným chápáním pojmu zrychlení a s rozlišováním mezi zrychlením a rychlostí. V případě třetího Newtonova zákona mívají studenti potíže s jeho aplikací v konkrétních situacích, např. při srážce dvou různě hmotných objektů či dvou objektů pohybujících se různou rychlostí. Potíže někdy činí zakreslování sil do obrázků, sestavování pohybových rovnic a jejich převod do skalárního tvaru, rozkládání sil na složky a uvědomění si, že každá ze složek se považuje za nezávislou na ostatních a často ne každá z těchto složek se podílí na pohybu tělesa. Žáci mívají problémy také s uvědoměním si směru a velikosti třecí síly zvláště v úlohách, kde třecí síla nepůsobí proti směru pohybu. Studenti také ne vždy rozlišují rychlost a její velikost či uraženou dráhu a souřadnici.

Aby byla sbírka úloh pro žáky přitažlivá, měly by se úlohy týkat skutečného života. Úlohy z dynamiky hmotného bodu tuto podmínku splňují hůře a počítání sil v běžném životě nemá pro žáky větší přitažlivost. V řadě úloh je třeba více než například v kinematice hmotného bodu brát v úvahu idealizované a zjednodušené modely, aby mohly být úlohy na dané úrovni řešitelné. Často zanedbáváme třecí síly, odporové síly vzduchu, hmotnosti kladek a provázků. Přesto se povedlo některé úlohy z běžného života do sbírky zařadit. Právě tyto úlohy bývají lépe přijímány a jsou pro studenty zajímavější.

Cíl práce

Cíle mé práce byly následující:

- Vytvořit sbírku úloh z dynamiky hmotného bodu určenou především pro studenty učitelství fyziky.
- Ke všem úlohám vypracovat podrobná komentovaná řešení.
- Ke všem úlohám vytvořit strukturované nápovědy.

Sbírka úloh je určena jak studentům učitelství fyziky pro střední školy, tak i studentům učitelství fyziky pro základní školy. Sbírka je sestavena tak, aby pomohla procvičit a pochopit základní části dynamiky hmotného bodu. Proto do ní bylo zařazeno co nejvíce druhů různorodých příkladů, s nimiž se mohou studenti potkat. Sbírka obsahuje úlohy různé úrovně obtížnosti, od úloh řešitelných na střední škole přes náročnější úlohy hodící se do fyzikálních olympiád až po vysokoškolské. Student si tak může projít úlohy od nejjednodušších až po úlohy vysokoškolské, a určit tak, na jaké úrovni v řešení úloh z dynamiky hmotného bodu se nachází.

Ke všem úlohám byly vytvořeny strukturované nápovědy, které mají podnítit studenta, aby se nespolehal na celkové řešení, ale snažil se s pomocí nápověd úlohy sám řešit. Elektronická forma sbírky dovoluje uživateli volit si úlohy podle různých kritérií, jako jsou například obsah, různá úroveň či obtížnost nebo právě procvičovaná látka. Sbírka v této formě může sloužit například i studentům středních škol, kteří se připravují na vysokoškolské studium, či jejich učitelům.

Struktura práce

Práce je rozdělena do tří kapitol, dále obsahuje úvod, závěr a dvě přílohy.

V úvodu je vymezena problematika práce a jsou uvedena úskalí při jejím vytváření. Jsou zde vyloženy potíže při počítání úloh z dynamiky hmotného bodu, se kterými se studenti často potýkají. Dále jsou v úvodu shrnuty cíle práce.

V první kapitole je uvedeno, čemu se studenti učí na ZŠ, SŠ a VŠ o dynamice hmotného bodu. Učiva pro ZŠ je pro přehlednost shrnuto v tabulce.

V druhé kapitole uvádím přehled existujících sbírek úloh, se kterými jsem se při své práci setkala. Opět zde vypisuji, jakými typy úloh z hlediska dynamiky hmotného bodu se sbírky zabývají. Dále uvádím sbírky, ze kterých jsem úlohy čerpala.

Ve třetí kapitole je rozebrána samotná elektronická sbírka. Je zde sepsána její celková charakteristika, kde se zmiňuji krátce o historii sbírky, a vysvětluji filosofii sbírky, která se z velké části týká strukturování nápověd, možnosti jejich libovolného zobrazování a přístupnosti úloh v elektronické podobě na internetu. Je zde uveden současný stav sbírky a zamyšlení se nad její budoucností. Současný stav je dán výčtem vytvořených a připravovaných částí (tematických celků fyziky) elektronické sbírky. Dále se zabývám technickým zpracováním úloh - tedy webovým rozhraním, ve kterém byly úlohy ukládány, a uvádím programy, ve kterých jsem vytvářela obrázky, či programovací jazyky, které byly během tvorby sbírky využívány. Nakonec se věnuji vlastní sbírce resp. její struktuře, vysvětluji zde jednotlivé body strukturované nápovědy a jejich smysl.

Písemná část práce je zakončena závěrem, ve kterém shrnuji výsledky práce, hodnotím splnění cílů a stanovuji přínos, který pro mne práce na sbírce fyzikálních úloh měla. Vracím se zde k budoucnosti sbírky, která bude v rámci dalších prací studentů rozšiřována.

Poslední částí práce jsou 2 přílohy. V první příloze je uvedeno 5 mnou vytvořených, vybraných a vytištěných úloh. Úlohy nebyly tištěny všechny pro jejich rozsáhlost. Úlohy musely být převedeny do vhodného formátu, jelikož elektronické rozhraní sbírky zatím neumožňuje úlohy tisknout jinak, než jako tisk webové stránky. Druhou přílohou je CD, na kterém je již uvedeno všech 18 úloh, a to v elektronické podobě spolu s textem práce.

Kapitola 1

Přehled učiva dynamiky hmotného bodu v učebnicích pro základní, střední a vysoké školy

Obsahem této části jsou stručné výtahy z jednotlivých učebnic fyziky pro základní, střední a vysoké školy týkající se výuky dynamiky hmotného bodu.

1.1 Učebnice fyziky pro základní školu

Na základních školách se používají různé řady učebnic fyziky. V každé z nich autoři zařazují témata podle vlastního uvážení. Proto jsem to, co a kdy se žáci dozvídají o dynamice hmotného bodu, zpracovala formou tabulky, která je umístěna na konci této podkapitoly. V následujících doprovodných textech uvádím podrobnější informace.

Kolářová [2]

Tato učebnice seznámí žáky s pojmy "vzájemné působení těles" a "síla". Děje se tak prostřednictvím příkladů, kde žáci natahují pružinu, stlačují vzduch pístem v injekční stříkačce, tlačí na stůl konečky prstů, aby ho uvedli do pohybu, chytají míč od spolužáků, atd. Zde se setkávají se skutečností, že působení těles je vždy vzájemné a seznamují se se slovem síla. Síla je zde definována jako slovo používané pro snadnější popis vzájemného působení těles. Zároveň jsou zde uvedeny příklady sil jako je magnetická, elektrická a gravitační. Zdůrazňuje se zde, že síla musí mít vždy svého činitele a nevzniká sama o sobě. Gravitační síla je více rozvedena v kapitole nazvané "Gravitační síla. Gravitační pole", zde je uvedeno, že každá dvě tělesa na sebe působí gravitační silou. V kapitole "Měření

síly” zjistí žáci, že pružina se protahuje lineárně v závislosti na hmotnosti závaží a tedy i na gravitační síle, vidí také, že dočasné prodloužení pružiny je tolikrát větší, kolikrát větší silou je pružina napínána, a pružinu lze tedy použít k měření síly. Je zde uvedena jednotka síly a velikost 1 newtonu jako síla působící na těleso o hmotnosti 100 g.

Kolářová [3]

Na začátku kapitoly týkající se síly a nazvané ”Síla. Skládání sil” je krátce zopakováno učivo o síle, které bylo již uvedeno v [2]. Jako novou látku v první podkapitole žáci probírají nejprve znázornění síly a její působíště, dále jak závisí účinky síly na velikosti působící síly a na jejím směru. V druhé podkapitole je více probíraná gravitační síla a hmotnost tělesa. Žáci se přes skutečnost, že velikost síly \mathbf{F}_g je přímo úměrná hmotnosti tělesa m , dostávají k tíhovému zrychlení $\mathbf{g} = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$. Třetí podkapitola se týká ”Skládání sil stejného směru” a čtvrtá ”Skládání sil opačného směru”. V páté podkapitole se dostáváme k tématu ”Rovnováha dvou sil”, po níž následuje podkapitola šestá týkající se ”Skládání různoběžných sil”. Pak dále až v podkapitole deváté a desáté se dostáváme k posuvným účinkům síly, k pohybovým zákonům, urychlujícím a brzdícím účinkům síly na těleso. Žáci se dozvídají, že působením síly se mění velikost nebo směr rychlosti pohybu, je zde uveden příklad se sáňkami, které jsou tlačeny chlapcem po ledu. Je zde formulován zákon síly a zároveň je zde uvedeno, že proti pohybu těles také mohou působit brzdící síly. V podkapitole jedenácté se žáci dozvídají o zákonu setrvačnosti, jsou zde uvedeny návodné otázky, aby si žáci uvědomili, co se stane, odstraní-li veškeré brzdící síly. Posledním zákonem - zákonem o vzájemném působení těles - se žáci zabývají v další podkapitole, tento zákon intuitivně děti znají již z [2]. V učebnici je také zařazena samostatná podkapitola, která se týká kladek. Uvádí se zde, kdy je kladka v rovnovážné poloze, a kromě pevné kladky se žáci zabývají i volnou kladkou a kladkostrojem. V učebnici je uvedeno, jak se síly ve všech třech základních případech dají spočítat. Posledním tématem týkajícím se sil, kterým se v učebnici žáci zabývají, je ”Třecí síla” a ”Třecí síly v denní i technické praxi”. V podkapitole se mluví o tom, kde třecí síla působí a na čem závisí, či jak se dá změřit její velikost. Na obrázku v knize můžou žáci vidět, jak se dá změřit třecí síla siloměrem, za který táhneme dřevěný kvádr po podložce. Zároveň je na obrázcích vidět, že třecí síla nezávisí na obsahu styčných ploch, ale na jejich drsnosti a na hmotnosti taženého tělesa. Poslední pojmy v této učebnici, které se týkají síly, jsou smykové tření, valivé tření a klidová třecí síla, jejich průběh je popsán na příkladu s posouváním švédské bedny. Důležité je i porovnání velikosti smykového a valivého tření.

Rauner [4]

V této učebnici pro 6.ročník základní školy se setkáváme poprvé s pojmem síla v kapitole o měření, jejíž částí je také "Síla a její měření". Síla je zde zavedena jako fyzikální veličina a je zde psáno, že tělesa mohou na sebe působit, jsou-li v dotyku, ale i na dálku. Zde je vysvětlen pojem silového pole, konkrétně je uvedeno pole gravitační, magnetické a elektrické. Žáci se dozvídají, že působení síly poznáme ze tří účinků. První je zde uvedena změna pohybu tělesa, druhý účinek vytváří změnu tvaru tělesa a poslední je působení síly způsobující jeho rozdělení. Dále je v knize uveden odstavec, kde je psáno, že jsou-li dvě tělesa v klidu, ale nelze je bez použití námahy od sebe oddálit, nebo je k sobě přiblížit, působí mezi nimi také nějaká síla. Tím je žák uveden do problematiky v oblasti působení sil mezi atomy a molekulami. Poté se žák dozvídá o tom, že účinky síly nejsou závislé jen na její velikosti, ale i na směru, a že se síly znázorňují pomocí orientovaných úseček. Je zde i naznačeno, jaká je výsledná síla, když sečteme stejně velké síly opačného směru. Je zde uvedena jednotka síly a velikost 1 newtonu jako síla působící na těleso o hmotnosti 100 g. Jsou zde zavedeny i větší jednotky jako je kN a MN. Poslední, co se žáci dozvídají o síle, je velikost gravitační síly a její výpočet pomocí vztahu $F_g = mg$, kde g je označeno jako konstanta, jejíž velikost je nejprve psána přesněji $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ a pak zaokrouhlena na $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ s poznámkou, že položíme-li si na dlaň závaží 1 kg, cítíme působení gravitační síly s velikostí asi 10 N.

Rauner [5]

V této učebnici se žáci zabývají silou a jejími vlastnostmi širěji, než je tomu v [4]. Kapitola začíná tématem "Vzájemné působení těles", kde se začíná s pojmy jako je statické působení těles, deformace těles a dynamické působení. Jedná se vlastně o opakování z [4], ale žáci jsou obohaceni o cizí slova k českým ekvivalentům a o přesnější popisy působení sil. Je zde také zopakováno, že tělesa na sebe mohou působit jak dotykem, tak na dálku, a působení těles je vždy vzájemné. Síla je zavedena jako fyzikální veličina, která způsobuje změnu pohybu tělesa. Ke znalostem o velikosti a směru síly je přidána informace o působišti síly, která umožňuje žákům si síly začít v konkrétních příkladech kreslit. Začínají skládáním rovnoběžných sil a pokračují skládáním sil různoběžných, které je ukázáno v učebnici pomocí tří siloměrů, které jsou zaklesnuty do jednoho kroužku, dva tvoří směry a velikosti různoběžných sil a třetí tvoří jejich výslednici. Žáci mohou velikosti sil ze siloměrů odečíst, později se učí kreslit výslednice bez siloměrů. Dále žáci probírají téma "Tíhová síla a těžiště" a dozvídají se, že gravitační síla působící mezi dvěma tělesy je nepatrná, není-li hmotnost alespoň jednoho z těles obrovská. Fyzikální vztah pro gravitační sílu znají žáci z předchozího ročníku. Novinkou pro ně je odstředivá síla, které se učebnice lehce dotýká v rámci otáčení

Země kolem své osy. Odstředivá síla složená se silou gravitační vytváří tíhovou sílu. Téma setrvačnosti je uvedeno situací, kdy se puk pohybuje po zamrzlém rybníku. Žáci docházejí k závěru, že těleso v pohybu se nezastaví, pokud na něj nepůsobí síla, která by jej zbrzdila. V dalším článku je shrnuto, co způsobuje síla působící ve směru a proti směru rychlosti, či co způsobuje síla kolmá ke směru rychlosti a síla, která působí obecně jiným směrem než rychlost. Poslední typ síly je více rozepsán, je naznačena funkce složek této síly - kolmá složka zakřivuje trajektorii a druhá složka mění velikost rychlosti. Další informací je, že čím větší je působící síla, tím větší je změna pohybu. V další podkapitole je vysvětlen zákon akce a reakce. Další probíranou látkou je spolu s tlakem tlaková síla. Kapitola o síle je zakončena povídáním o smykovém tření a valivém odporu. Učivo o smykovém tření je stejně jako v [3] uvedeno pohybem, kdy se posouvají kostičky tahem za siloměr po podložce. Žáci zjišťují, že smykové tření závisí na kolmé tlakové síle a na drsnosti styčných ploch, nikoliv na jejich obsahu. Síla, která zde brání posouvání těles, je uvedena jako síla třecí. V podkapitole o valivém tření je navíc přidáno krátké téma o odporu prostředí, které se v [3] nevyskytuje.

Sada učebnic, jejímž autorem je Milan Rojko a kolektiv, je vydána jak v žákovských, tak v učitelských verzích. Budeme se zabývat verzemi žákovskými.

Rojko [6]

V této učebnici pro 6. ročník základní školy se setkáváme poprvé s pojmem síla v kapitole "Síla je když...", kde je rozvíjena žáková představivost o tom, co vše síla je. Pomocí mnoha obrázků jsou zde uvedeny různé příklady působících sil (kůň táhne klády, bednu tlačíme silou, kufr zvedáme silou,...). Pomocí obrázků se žáci dozvídají, že působení síly je vždy vzájemné (magnet přitahuje hřebíky, stůl se pod lahví prohne, dva kluci na kolečkových bruslích do sebe strkají,...). Další obrázky ukazují, že stejnou sílu můžeme pociťovat různě (chlapec drží tašku s rukama připaženými u těla, chlapec drží stejně těžké tašky s rukama rozpaženými či vzpaženými). Další kapitola je o měření sil. V učebnici jsou uvedeny autentické záznamy grafů a tabulek žáků při měření prodloužení pružiny v závislosti na počtu matek, které na pružinu připevňovali. Žáci tedy měřili sílu "na matici". Následuje kapitola, v níž se žáci dozví, jaká je jednotka síly a jak vypadá siloměr. Následuje otázka na přemýšlení, která se ptá žáků, jak znázornit sílu. V učebnici se odpověď nedozvíme, žáci ji musí sami vymyslet. Se znázorněním sil se žáci více setkají v [7]. Více se v učebnici mluví o gravitaci. Opět pomocí obrázků si žáci představují situace, kdy působí gravitace. V učebnici je vysvětlen původ gravitace a závislost velikosti gravitační síly na hmotnosti gravitací přitahovaného tělesa. Dále žáci popřemýšlí nad závislostí velikosti gravitační síly a vzdálenosti tělesa od zdroje gravitace. Je zde i graf závislosti velikosti gravitační síly na vzdálenosti předmětu od středu Země. Poslední kapitola, zabývající se

silami, pojednává o tření. Žáci mají přemýšlet nad tím, na čem závisí velikost třecí síly, a jaký je rozdíl mezi třením při smýkání a při valení.

Žákům jsou často v této učebnici kladeny otázky, na něž nenajdou odpověď přímo v učebnici. Musí tak přemýšlet více sami.

Rojko [7]

V této učebnici pro 7. ročník základní školy začínají žáci s kreslením sil. Díky množství obrázků různých případů působení sil, si žáci mohou vyzkoušet, jak nejlépe nakreslit síly. Žáci musí vymyslet, jaké síly působí v různých konkrétních příkladech a jaké je jejich působiště. V následující kapitole si žáci shrnou veličiny, jednotky a měřidla, do nichž od té chvíle zahrnují i sílu, newton a siloměr. Žáci se dozvídají o tzv. "šipkových" veličinách a začínají tyto veličiny prostřednictvím šipek sčítat a odčítat (vše je opět znázorněno hlavně obrázky). Zde se také dozví, že výslednici dvou různoběžných sil dostaneme jako úhlopříčku rovnoběžníku těchto sil. Kapitola nazvaná "Jak to viděl Aristoteles a jak Newton" se zabývá 1. Newtonovým zákonem. Navazuje kapitola, ve které se kvalitativně rozebírá 2. Newtonův zákon. Další kapitola se zabývá Newtonovým zákonem o vzájemném působení těles. Žáci si pomocí obrázků uvědomují, jak na sebe tělesa navzájem působí, a že ke každé síle existuje protisíla, která působí opačným směrem. V další kapitole se žáci věnují padání těles jak ve vzduchu, tak ve vzduchoprázdnu. Žáci se dozvídají, že různě těžké předměty padají ve vakuu stejně, protože těžší předměty jsou sice přitahovány větší silou, ale také je těžší je touto silou rozpohybovat. O pár kapitol dále se žáci dostávají k tématu "Kladka, šroub" a dozvídají se, jak počítat síly na kladce.

V bodech uvádím učivo, které měly dvojice učebnic [2][3], [4][5], [6][7] společně

- Příklady sil
- Vzájemné působení těles (úvod do problematiky síly)
- Newtonovy zákony (zákon síly, zákon setrvačnosti, zákon vzájemného působení těles)
- Měření síly, siloměr, prodloužení pružiny
- Jednotka síly
- Gravitační síla a její výpočet
- Znázornění a působiště síly

- Skládání rovnoběžných a různoběžných
- Urychlující a posuvné účinky síly
- Třecí síla
- Síla mění směr a velikost rychlosti pohybu

V tabulce uvádím učivo, které měly jednotlivé dvojice učebnic [2][3], [4][5], [6][7] oproti ostatním učebnicím navíc

Učebnice	Učivo "navíc"
[2] a [3]	- Gravitační pole - Gravitační zrychlení - Kladky
[4] a [5]	- Silové pole - Účinek síly - změna tvaru tělesa, rozdělení tělesa - Působení sil mezi atomy a molekulami - Účinek síly závisí na směru - Tíhová síla - Tlaková síla - Odpor prostředí - Gravitační zrychlení
[6] a [7]	- Stejnou sílu pociťuji různě - Grafy - prodloužení pružiny - Závislost gravitace na vzdálenosti - Padání těles ve vzduchu i vzduchoprázdnu - Kladky

1.2 Učebnice fyziky pro gymnázia

Bednařík [8]

V této učebnici pro 1. ročník gymnázia se student setkává se silami ve třetí kapitole nazvané "Dynamika hmotného bodu a soustavy hmotných bodů". Z počátku kapitoly je vysvětleno, že dynamika hmotného bodu se zabývá příčinami změn pohybového stavu těles, které můžeme označit za hmotný bod, a že vzájemné působení těles se projevuje silami. Na tento úvod navazuje podrobnější povídání o vzájemném působení těles (deformační účinek síly, pohybový účinek síly, vzájemné působení přímým stykem a prostřednictvím silových polí). Mluví

se zde o síle jako o vektorové fyzikální veličině s jednotkou newton a o možnosti tuto veličinu skládat a tvořit výslednice sil. Druhá podkapitola se dá považovat za úvod do Newtonových pohybových zákonů. Je zde zaveden pojem izolovaného tělesa, případně izolovaného hmotného bodu. Následují dvě podkapitoly přímo se zabývající prvním a druhým pohybovým zákonem, které jsou zde vyřčeny. Zavádí se setrvačnost jako vlastnost těles a vysvětlují se zde pojmy inerciální a neinerciální vztažné soustavy. Dále se zde mluví o změně pohybového stavu tělesa a je zavedeno zrychlení. Druhý pohybový zákon je vyvozen na základě pokusu, kdy je vozík na rovině urychlován prostřednictvím závaží zavěšeného na provázku nataženém přes kladku. Je zde uvedena tíhová síla jako síla, která přitahuje všechna tělesa k Zemi a při padání ve vakuu jim uděluje konstantní zrychlení g . Třetí pohybový zákon je demonstrován na obrázku, kde taháme dva zaklesnuté siloměry od sebe, a můžeme na jejich stupnicích odečíst stejnou sílu. Poslední podkapitola se zabývá smykovým třením a valivým odporem. Student se zde dozvídá, na čem závisí třecí síla a zavádí se pojem součinitele smykového tření. Ke konci je odvozen vztah pro třecí sílu.

Tato učebnice patří do jediné sady učebnic fyziky pro gymnázia, která zatím vyšla.

1.3 VŠ kurz

Zde je uvedena část sylabu pro vysokoškolský kurz fyziky pro studenty MFF UK z oboru fyzika či fyzika zaměřená na vzdělávání [18], který se týká této bakalářské práce.

Dynamika hmotného bodu

- Newtonovy zákony
- Síly působící při známém druhu pohybu
- Pohybová rovnice hmotného bodu

Význačné druhy pohybů hmotného bodu

- Pohyb v gravitačním poli
- Tření

Halliday [14]

Tato učebnice se dá zároveň považovat za sbírku. Budu ji zde proto popisovat i z hlediska sbírky. Náročnost této učebnice je vyšší než středoškolská a nižší než vysokoškolská. Má následující strukturu. V každé kapitole (např. "Síla a pohyb

I") je řada podkapitol (např. "Čím je způsobeno zrychlení", "První Newtonův zákon", atd.). Na konci jedné nebo více podkapitol, ve kterých se student (nejčastěji induktivně) dozvídá nové vědomosti, jsou řešené příklady, a také rady a náměty. Tyto příklady obsahují zadání, obrázky, podrobné řešení, poznámky a vysvětlivky. Na konci kapitoly je shrnuto, co se studenti měli naučit, a zde jsou uvedeny zadání úloh a otázky, jejich výsledky jsou uvedeny na konci učebnice. V této učebnici se student nejprve dozví informace a poté je aplikuje na příkladech, které navazují. Na konci každé podkapitoly může být také umístěna tzv. kontrola, což je kvalitativní příklad, který má vyzkoušet, zda student pochopil některou část teorie (např. v podkapitole o skládání sil je kontrola, kde je nakresleno šest možností, jak se síly mohou skládat, student zde má určit, které způsoby jsou správné).

První kapitolou, týkající se dynamiky hmotného bodu, je "Síla a pohyb I". V první podkapitole se studenti zabývají, čím je způsobeno zrychlení. Tato část tvoří úvod k pojmům síla, zrychlení a interakce. Následuje povídání o prvním Newtonově zákonu, kde se vyskytují pojmy jako "dokonale hladká podložka" či "volná částice", a kde je tento zákon formulován. Další podkapitoly se zabývají silou (určením jednotky síly, výpočtem výslednice sil) a hmotností (jaký vliv má stejně velká síla na velikost zrychlení v případě, že jejím prostřednictvím roztlačujeme jeden předmět mnohem větší hmotnosti než je hmotnost druhého předmětu). Studenti probírají dále druhý Newtonův zákon. Studenti se dozvídají, co je to silový diagram, a kdy nastane rovnováha sil. Zde se již vyskytují příklady, kde student počítá výsledná zrychlení či výslednice sil. Často musí využít znalostí z předchozích kapitol kinematiky. V další podkapitole se probírají různé typy sil, jako je síla tíhová, kolmá tlaková síla, třecí síla (jen částečně, třecí síla je více rozvedena v následující kapitole) a tahová síla. Tíhová síla G je zde označena jako síla, kterou je těleso přitahováno k astronomickému objektu v jeho těsné blízkosti. Jako příklad je zde dána přitažlivá gravitační interakce dvou těles a prozatím je zde tíhová síla uvedena jako síla, která udílí tělesu tíhové zrychlení g . Kolmá tlaková síla N je také nazvána silou normálovou a její velikost je zde uvedena jako rovna síle gravitační, ale opačného směru. Tahová síla T je zde spojena s pojmy "síly pnutí" a "tažná síla" (např. tažná síla lanka). Zde je uvedeno, které parametry zanedbáváme, když počítáme tahové síly (např. hmotnost lanka, kterým táhneme těleso přes kladku, hmotnost kladky, kladka se otáčí bez tření, apod.). Poté, co si student prostuduje i třetí Newtonův zákon (kde se dozví také něco o družicích a o působení gravitační síly Země na těleso), následují příklady na užití Newtonových zákonů. Je zde kvalitativní rozbor úlohy s mnoha dílčími návodnými otázkami, kde je těleso na podložce urychlováno prostřednictvím tělesa na provázku, na které působí gravitační síla. Zde si mohou studenti vyzkoušet např. vytváření silového diagramu a všimnout si postupně využití všech tří Newtonových zákonů. Jsou zde uvedeny také úlohy na nakloněné roviny, kladky nebo také výpočet sil působících na člověka ve výtahu. Zde kapitola končí, na konci jsou uvedeny další otázky a zadání úloh (studenti počítají úlohy zaměřené na kladky,

nakloněné roviny, průměty sil, apod.). Další kapitola s názvem "Síla a pohyb II" se zabývá ve svých podkapitolách třením a jeho vlastnostmi, odporovými silami a mezní rychlostí. Třecí síla je zde do detailů rozebírána. Studenti se dozvídají o statické třecí síle a dynamické třecí síle a o podstatě tření. Je zde zaveden koeficient statického tření a koeficient dynamického tření. Tyto koeficienty studenti v následujících úlohách počítají. Na konci kapitoly studenti počítají v úlohách síly pnutí, zrychlení, síly a koeficienty tření na rovných i nakloněných plochách.

Kvasnica [16]

Tato učebnice slouží prvnímu ročníku studentů VŠ. V kapitole o dynamice hmotného bodu se studenti v úvodu dozvídají o Galileiho principu relativity, který se týká stejnosti fyzikálních zákonů ve všech souřadnicových soustavách, které jsou navzájem v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu. Na tento princip v učebnici navazují Newtonovy pohybové zákony, které jsou zde formulovány. Druhý pohybový zákon je zde napsán různými diferenciálními tvary, např. $\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} = \frac{d\mathbf{m}}{dt}\mathbf{v} + m\frac{d\mathbf{v}}{dt}$. Je zde definován volný hmotný bod, vysvětlen pojem inerciálních a neinerciálních soustav. Další důležitou částí v dynamice hmotného bodu jsou pohybové rovnice, které, jak se v učebnici vysvětluje, vychází z 2. Newtonova zákona. Jsou zde vysvětlovány matematické podmínky pro řešení pohybových rovnic, které jsou často v diferenciálním tvaru. Dále jsou v učebnici probírána konzervativní a nekonzervativní pole. Konzervativními poli jsou zde označena všechna pole centrálních sil, pro dynamiku hmotného bodu hlavně důležité gravitační pole. Důležitým učivem v rámci nekonzervativních sil jsou především síly třecí, u kterých platí, že cyklický integrál těchto sil po uzavřené křivce není, na rozdíl od konzervativních sil, nulový. Jsou zde zavedeny pojmy jako vnější a vnitřní tření, tření smykové a tření valivé.

Kapitola 2

Sbírky úloh

2.1 Přehled existujících sbírek

S následujícími sbírkami úloh jsem se seznámila při tvorbě úloh do elektronické sbírky.

Jáchim [9]

Sbírka má následující strukturu. Úlohy jsou číslovány a ty, které jsou obtížnější, jsou označeny šedou plochou pod číselným označením úlohy. V každém tématu (síla a její účinky, pohyb, vlastnosti látek,...) si nejprve žáci procvičí základní pojmy. Žákům jsou nejprve kladeny kvalitativní otázky, kde žáci nepočítají.

V případě tématu o síle je těchto otázek uvedeno 35. Jsou to otázky, které se dotazují např. na účinky síly, jednotku síly, gravitační sílu, těžiště, velikost třecí síly, ale také na otáčivé účinky síly, a další. Požadují hlavně faktické znalosti. Následují početní úlohy. Žáci zde mohou počítat velikosti sil, výslednice sil, a další. Jsou zde také zařazeny aplikace a problémové úlohy (např. kam se nakloníme, neseme-li těžké břemeno na zádech, či proč je u lokomotivy tření mezi koly a kolejnicemi větší než u vagónu, v jakém poměru jsou ramena vahadla, a další), které požadují po žákovi hlavně přemýšlení. Následují úlohy - pokusy, kdy si žák může nějaký pokus doma zkusit a následně odpovídat na otázky, které jsou k pokusům přiloženy. Jsou zde i úlohy pro talentované žáky. Na konci tématu jsou přidány testy, které se dělí na základní a obtížnější. Žáci si mohou vybrat ze tří odpovědí na otázku. Jsou zde uvedeny např. i úlohy na kladkostroj, hodně úloh je zaměřeno na tření, velikosti a směry sil. Téma je ukončeno stránkami s řešeními jednotlivých úloh a odpověďmi na otázky.

Bohuněk [10]

Sbírka má následující strukturu. Úlohy jsou číslovány a některé mají speciální označení. Speciální označení mají problémové úlohy, které mají velký význam pro správné porozumění fyzikálním poznatků, jsou řešeny logicky, někdy i graficky či experimentem. Speciálně označené jsou i úlohy obtížnější či velmi obtížné. Označeny jsou i experimentální úlohy, které vyžadují provedení pokusu podle textu úlohy. Úlohy mohou být zadané i graficky.

Sbírka obsahuje rozsáhlou kapitolu zabývající se silou s podkapitolami "Síla, její měření a znázornění", "Gravitační síla Země", "Skládání sil", "Těžiště tělesa", "Tření". Navazuje ještě kapitola o účincích síly na těleso, kde jsou zadány např. úlohy na problematiku pohybových zákonů. První úlohy se zabývají nejzákladnějšími znalostmi, které si žák prostřednictvím úloh - otázek zopakuje. Žáci síly kreslí, počítají jejich velikosti, je zde i graf závislosti prodloužení pružiny na zatížení, z kterého mají žáci číst. Úlohy experimentální se zabývají např. výrobou siloměru, popisem olovnice a jejím užitím, zavěšováním kuličky na nit, kdy žák následně nit přestříhne a pozoruje, co se děje, čímž se zabývá silou gravitační. Úlohy o gravitační síle hodně pojednávají o přepočtu této síly na hmotnost a obráceně. Následuje podkapitola o skládání sil, kde si žáci mají pomocí otázek a úloh uvědomit, jak se skládají síly, jak se určuje a počítá výslednice. Je zde uvedeno množství příkladů, kdy dvě různoběžné síly působí na těleso, a žák má spočítat jejich výslednici či nakreslit směr výslednice. Podkapitolou o těžišti tělesa se nebudeme zabývat, tyto příklady nebyly cílem této bakalářské práce. Důležitá podkapitola úloh je "Tření". Opět začíná základními otázkami, např. kdy třecí síla vzniká, na čem závisí její velikost, kdy se uplatňuje, a další. Úlohy o tření jsou spíše otázkami na přemýšlení, žák nic nepočítá. Stejně je tomu v podkapitole o posuvných účincích síly - pohybových zákonech. Úlohy mají pomoci žákům procvičit pohybové zákony a pomoci jim vidět zákony v praxi. Žáci mají vysvětlovat či odpovídat na otázky typu proč a jak.

Bartuška [11]

Sbírka má následující strukturu. Na začátku každé kapitoly je nejprve uvedeno krátké opakování z dané oblasti fyziky a poté může student přejít k samotným úlohám.

V kapitole s názvem "Dynamika" jsou stručně zopakovány Newtonovy zákony. Druhý Newtonův zákon je zde sepsán třemi způsoby a to sice $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$, $\mathbf{F}_g = m\mathbf{g}$ a $\mathbf{F}_v = m\mathbf{a}$, kde \mathbf{F} je síla působící na těleso, \mathbf{F}_v je výsledná síla působící na těleso, \mathbf{F}_g je gravitační síla působící na těleso, m jeho hmotnost a \mathbf{a} zrychlení, které síla \mathbf{F} tělesu uděluje, a \mathbf{g} gravitační zrychlení, které tělesu uděluje síla \mathbf{F}_g . Je zde napsáno, na čem závisí třecí síla a vztah pro třecí sílu. Následují úlohy. U každé úlohy je napsáno zadání a pod zadáním uveden celkový postup řešení. Řešení začíná zápisem úlohy, pokračuje vysvětlením budoucího postupu, postup

je proveden a následuje odpověď. Úlohy se nezabývají čistě jen dynamikou, ale jsou proloženy postupy, které by měl student znát z předchozích kapitol (např. dílčí počítání vzdálenosti uražené při rovnoměrně zrychleném pohybu, které by studenti měli znát z kapitoly o kinematice). Úlohy jsou zaměřeny na výpočet zrychlení, hmotností těles, působících sil, či velikosti výslednice sil, ale také např. času, za který by dopadlo tělesu z určité výšky, když na něj působí gravitační síla. Objevují se zde i úlohy týkající se kladek či nakloněných rovin, kde studenti využijí znalosti o rozkladu sil do různých směrů či si uvědomí, jak zacházet se silami na kladce. V úlohách o nakloněné rovině zatím studenti předpokládají hladké plochy. K takovýmto úlohám jsou přidány obrázky. Zvláštní oddělenou kapitolou úloh je třecí síla. Zde již studenti ve výčtu sil v úlohách o nakloněné rovině nesmí zapomenout přidat třecí síly. Ve sbírce jsou také menším písmem přidány poznámky, které ještě více vysvětlují kroky při počítání úlohy, nebo upozorňují na možné chyby při řešení úlohy.

Lepil [13]

Sbírka má následující strukturu. Sbírka obsahuje úlohy ze všech tématických celků fyziky (např. mechanika). Tyto celky se dělí na další kapitoly (např. dynamika) a kapitoly se dělí konečně na podkapitoly (např. první pohybový zákon), kde jsou již uvedeny úlohy týkající se dané problematiky. Většina úloh ve sbírce nemá hned za zadáním podrobné řešení, úlohy mají konečné výsledky umístěné na konci sbírky. Některé úlohy jsou doplněny obrázky nebo grafy a u některých úloh je přidáno podrobné řešení (zápis, úvaha, obecný výpočet, dosažení konkrétních hodnot, odpověď).

První podkapitolou kapitoly "Dynamika" je "První pohybový zákon", která obsahuje kvalitativní otázky (např. Jaký význam mají bezpečnostní pásy pro osoby cestující osobním automobilem). Následují úlohy o druhém pohybovém zákonu, kde studenti nejčastěji počítají velikosti zrychlení a sil. Často musí využít i dosažených znalostí z kinematiky. Jsou zde uvedeny také úlohy na kladky, nakloněné roviny a kombinace obojího. Další podkapitola se zabývá silami působícími proti pohybu, kde je rozváděn problém třecích sil. Jsou zde úlohy jak kvalitativní, tak početní. Studenti musí znát vztah pro výpočet třecí síly a zároveň užívat i předchozích znalostí z dynamiky hmotného bodu. Následuje podkapitola "Třetí pohybový zákon", v níž jsou opět uvedeny příklady jak na úvahu, tak na výpočet. V těchto úlohách se často pracuje s pojmem hybnost. Vztažnými soustavami a setrvačnými silami, které jsou uvedeny v další podkapitole, se nebudou zabývat, nejsou součástí úloh v mé bakalářské práci (stejně tak dostředivé a odstředivé síly či mechanická práce a energie, a další).

Hajko [17]

Sbírka má následující strukturu. Sbírka obsahuje tematické celky (např. mechanika), které obsahují jednotlivé kapitoly (např. mechanický pohyb hmotného bodu). Na začátku každé kapitoly je obsaženo opakování tématu z fyziky, kterému se celá kapitola věnuje. Následují úlohy s postupem řešení a za nimi na konci kapitoly jsou úlohy, které obsahují pouze zadání a výsledek.

Kapitola, která se týká této bakalářské práce, je nazvaná "Dynamický účinek sil. Gravitační pole". Na začátku jsou zopakovány Newtonovy zákony. Je zde definována hybnost. Síla je pak definována jako časová derivace hybnosti. Takto se přejde k pohybovým rovnicím. Je zde zopakována gravitační síla, její vztah. Student si zopakuje, kdy je těleso v rovnováze. V prvním příkladu student počítá poměr různoběžných sil z obrázku, dále se počítají např. velikosti složek sil, či zrychlení těles. Jsou zde i příklady s nakloněnými rovinami. Student počítá i časově proměnné síly. Je nutná znalost diferenciálního počtu.

Rojko [15]

Tato sbírka je určena studentům učitelství fyziky a obsahuje úlohy z mechaniky (obsahuje např. kapitoly "Kinematika hmotného bodu", "Dynamika postupného pohybu hmotného bodu", "Dynamika kruhového pohybu hmotného bodu", a další).

Této bakalářské práce se týká kapitola "Dynamika postupného pohybu hmotného bodu". Úlohy jsou zařazeny za sebou podle náročnosti od lehčích po těžší. Studenti například na začátku kapitoly určují v úloze síly, způsobující pohyby bodu o jisté hmotnosti, jehož pohyb je popsán parametrickými rovnicemi. Dále se řeší úlohy na brzdné síly, které mohou být konstantní, či mohou být závislé na čase nebo přímo úměrné rychlosti. Studenti dále mohou počítat v úlohách zrychlení těles a z něj následně průběh rychlosti tělesa v čase nebo průběh souřadnice tělesa v čase. Některé úlohy jsou určeny pro počítání v programu FAMULUS. Následují nakloněné roviny a počítání tahových sil vláken, na nichž jsou upevněna závaží. Některé z těchto úloh zanedbávají tření, jiné s ním ale již počítají. Dále jsou zde úlohy zabývající se kladkami a na konci kapitoly jsou uvedeny úlohy, které obsahují vše předešlé. U většiny úloh je potřeba mít potřebné znalosti z kinematiky, hodně se také využívá zákona zachování mechanické energie.

Burešová [19]

Tato elektronická sbírka obsahuje šest úloh z dynamiky hmotného bodu. Úlohy jsou částečně strukturované. Studentovi jsou dávány drobné otázky (dílčí výpočty v úloze, či příkazy na zakreslování sil do obrázku). Pokud se student chce dozvědět, zda určil odpověď na dílčí otázku správně, může kliknout na odpověď či řešení. Odpověď je číselná, řešení je v obecném tvaru. Dále může student

kliknout na odkaz. Tento odkaz odkazuje na skripta (i na stranu skript), kde je daná problematika popsána. Student počítá například síly působící na těleso pohybující se po podložce, pohybové rovnice pro daná tělesa, složky sil, uražené vzdálenosti apod.

Šindelář [20]

Tato elektronická sbírka obsahuje tradiční řešení příkladů. Úlohy jsou zde zadány, je vytvořen zápis, výpočet, dosazení a řešení. Někdy je k úloze přidán graf. Je zde umístěno deset úloh z dynamiky hmotného bodu. Studenti mohou počítat například průběh výsledné síly, síly v kabině vagónu, síly tření apod.

Koudelková [21]

Tato elektronická sbírka se formou nejvíce podobá elektronické sbírce, která je vytvářena v této práci. Úlohy jsou strukturovány následovně. Každý příklad obsahuje určité množství nápověd, které si student může přečíst, pokud klikne na jejich ikony. Student si může přečíst také výsledek a prohlédnout si řešení. Nápovědy jsou většinou provedeny formou návodných otázek. U každé úlohy jsou uvedeny informace, do jaké patří kategorie (ZŠ, SŠ či VŠ), zda je příklad úvahový, výpočetní, typový, rozšiřující či zda je v něm nějaký trik. Uživatel má možnost si zobrazit všechny úlohy dohromady nebo podle úrovně ZŠ, SŠ či VŠ. Úlohy pro základní školy jsou spíše kvalitativní, žáci určují v kterých případech působí jaké síly (např. jaké síly působí na míček v určitých fázích jeho pohybu, nebo zda bychom mohli chodit, kdyby neexistovalo tření). Úlohy pro střední školy obsahují více početních úloh (např. výpočet brzdné síly působící na auto, či výpočet sil působících na vozík jedoucí po vzduchové dráze). Úlohy vysokoškolské jsou zaměřeny na kinematiku. Ve sbírce jsou také uvedeny vzorce, tabulkové hodnoty a návody k řešení příkladů. Úlohy jsou vytvořeny vtipně a poutavě.

2.2 Použité sbírky úloh

Tato kapitola je převážně určena jedné sbírce [15], kterou jsem nakonec využívala. Jelikož je tato sbírka souborem úloh vybraných pro studentská cvičení, rozhodla jsem se její úlohy dát do elektronické podoby. Úlohy se zdály být vybrané ze široké škály problémů, je tedy pravděpodobné, že právě tyto úlohy pomohou studentům dobře procvičit jejich znalosti z dané oblasti fyziky. Z celkových osmnácti vybraných úloh, které jsem přetvořila do elektronické podoby, jsem vybrala sedmáct z [15] a jednu z [14].

Rojko [15]

V této sbírce se mé práce týkala kapitola "Dynamika postupného pohybu hmotného bodu". Sedmnáct z celkových osmnácti mnou vytvořených úloh jsem si vybrala právě z této sbírky. Úlohy jsou zařazeny za sebou dle náročnosti od lehčích po těžší. Vybírala jsem úlohy tak, aby se nepodobaly jiným vybraným úlohám. Nejprve jsem vybrala úlohy týkající se brzdných sil, které mohly být konstantní, závislé na čase nebo přímo úměrné rychlosti. Tento typ úloh jde ve sbírce dle matematické náročnosti výpočtu. Toto řazení jsem v elektronické sbírce zachovala. Nejčastěji studenti musí v těchto úlohách počítat průběh závislosti rychlosti tělesa na čase či průběh závislosti souřadnice tělesa na čase (resp. hmotného bodu) ze zrychlení, které si vyjádří z pohybové rovnice. Dále jsem se věnovala nakloněným rovinám, kde se častěji počítaly síly (např. tahové síly vláken, na nichž jsou upevněna závaží, nebo celkové síly působící na soustavu těles propojených provázky) a zrychlení tělesa či soustavy těles nebo hmotných bodů. U úloh z dynamiky hmotného bodu vnímám dvojí náročnost co se týče třecích sil. Za úlohy s "lehčí" náročností vnímám ty, kde zanedbáváme třecí síly (např. úloha, kdy se pohybuje kostka ledu po ledové ploše). U úloh s "větší" náročností třecí síly zanedbáváme a je nutné je s pomocí tlakové síly, kterou těleso působí na podložku, vyjádřit (např. u brzdícího auta je nemožné tyto síly zanedbat). V úlohách, kde se vyskytuje třecí síla, je také možnost počítat koeficienty smykového tření. Speciálními typy úloh ve sbírce jsou úlohy, v nichž se vyskytují kladky či kladkostroje. Na těchto úlohách si student může rozmyslet, jak je to se silami působícími na kladku či na provázek. V těchto úlohách není cílem procvičit studenta v počítání momentu setrvačnosti či momentu síly, proto zanedbáváme hmotnosti všech kladek (a také provázek, které v případě kladek neodmyslitelně k úlohám patří). Studenti si na všech těchto úlohách procvičují převážně tvorbu pohybových rovnic a jejich skalární přepis.

Halliday [14]

První úlohu, kterou jsem v elektronické sbírce vytvářela, jsem vybrala z této učebnice. Poté jsem se již začala věnovat sbírce [15], kterou jsem chtěla přetvořit do elektronické podoby. Učebnice [14] je velmi sympatická pro studenty vysokých škol, jelikož je na úrovni vyšší středoškolské či nižší vysokoškolské, a tudíž pro vysokoškoláky relativně srozumitelná. Může napomoci studentům překlenout lépe nové období na vysoké škole. Tím se shoduje i s cílem, který má tato bakalářská práce. Úlohy v této učebnici jsou doplněny obrázky, návodnými otázkami a jejich řešeními.

Kapitola 3

Elektronická sbírka úloh

3.1 Celková charakteristika elektronické sbírky

3.1.1 Historie sbírky

Interaktivní elektronická sbírka řešených úloh začala vznikat před dvěma lety (tj. 2006). První úlohy se strukturovanou nápovědou pro tuto sbírku vytvářela v rámci bakalářské práce Jana Moltašová. Úlohy nebyly ještě v elektronické podobě, protože elektronické zázemí sbírky ještě nebylo zhotoveno. V září 2006 začíná vznikat webové rozhraní sbírky, na kterém pracuje Zdeňka Broklová. Spolu se Zdeňkou Broklovou se podílely na návrzích jednotlivých částí úloh Marie Snětinová a Lenka Matějčková a další lidé se podíleli a podílejí na vytváření úloh do sbírky.

3.1.2 Filozofie sbírky

Ve sbírce jsou veškeré úlohy podrobně řešeny a komentovány, a hlavně doplněny systémem strukturovaných nápověd tak, aby celá sbírka vedla studenty k vlastnímu aktivnímu přístupu k řešení úloh. Elektronická forma sbírky umožňuje zobrazení pouze těch částí řešení (komentářů, nápověd,...), které si student zvolí. Student se tak může pokusit o samostatné řešení, resp. dořešení úlohy. To je výhoda proti klasickému tištěnému materiálu, který tento způsob práce příliš nepodporuje.

Sbírka je určena primárně studentům prvního a druhého ročníku bakalářského studijního programu Fyzika. Sbítku, která je veřejně přístupná na internetu, lze využít v rámci povinné výuky, ale především umožní studentům, aby si formou samostudia prohloubili středoškolskou látku a překlenuli případné problémy plynoucí z horších základů, které získali na střední škole (např. díky nižší hodinové dotaci fyziky). Sbítku mohou využívat i studenti jiných vysokých škol, případně i středních škol. Díky propracovanému systému nápověd a podrobně komentovaným řešením je sbírka velkým přínosem pro studenty kombinované formy studia.

3.1.3 Současný stav a budoucnost sbírky

V současné době obsahuje elektronická sbírka již kompletní a veřejně přístupné úlohy z následujících okruhů fyziky vytvořené minulý rok:

Elektřina a magnetismus

- Elektrostatika
- Stejnoseměrný elektrický proud

V rámci dalších bakalářských prací jsou vytvářeny úlohy z následujících okruhů fyziky:

Mechanika

- Dynamika hmotného bodu
- Hybnost, práce, energie a výkon

Elektřina a magnetismus (některé z těchto úloh jsou již také veřejně umístěny na stránkách sbírky)

- Magnetické pole
- Obvody se střídavými proudy

Do budoucna dojde k rozšíření sbírky o úlohy z následujících okruhů fyziky:

Mechanika

- Kinematika hmotného bodu
- Mechanika tuhého tělesa
- Gravitační pole
- Mechanika kontinua

Elektřina a magnetismus

- Elektromagnetické pole

Kvantová mechanika

Molekulová fyzika a termodynamika

Databáze je v nynější době plněna úlohami, které vznikají v rámci bakalářských a diplomových prací, tvorba dalších úloh a vylepšování sbírky probíhá také v rámci řešení grantu FRVŠ F6 759/2008.

V budoucnu bude sbírka využívána v rámci cvičení k povinným fyzikálním přednáškám v 1. a 2. ročníku bakalářského studia studijního programu Fyzika na MFF UK. Bude doporučována studentům jako vhodný materiál pro samostudium. Sbírká úloh bude dlouhodobě dostupná veřejnosti přes internet na serveru řešitelského pracoviště. Předpokládá se rozšiřování souboru úloh ve všech tematických celcích a přidávání úloh z dalších tematických oblastí. Uživatelské a administrátorské rozhraní sbírky bude podle potřeb tvůrců úloh dále vylepšováno.

3.2 Technické zpracování úloh

V roce 2006/2007 bylo na řešitelském pracovišti vyvíjeno a testováno webové rozhraní umožňující jak pohodlné zadávání úloh a jednotlivých součástí řešení do databáze, tak příjemné používání obsahu sbírky samotnými studenty. Připravené rozhraní běží na serveru řešitelského pracoviště a je programováno převážně v PHP4 (s využitím dalších webových technologií) a využívá databáze MySQL. Formát, ve kterém jsou úlohy ukládány do databáze, vychází z normy XHTML a využívá několika speciálních tagů, vzorce jsou vkládány ve formátu \LaTeX a interpretovány pomocí skriptu `mimetex.cgi`. Rozhraní zajišťuje i správu obrázků. Pro vytváření obrázků je využíván program CorelDRAW X3 s vektorovou grafikou, která usnadňuje pozdější možné přetváření obrázku. Obrázky musí být pro zobrazení ve sbírce převedeny do jiného formátu, např. jpg či png. Uvedený formát úloh je navržen velmi univerzálně tak, aby při změně používaných webových technologií umožnil jednoduchou a automatickou změnu formátu zobrazení bez nutnosti rozsáhlé editace textů úloh. Autorkou současného programového řešení sbírek je RNDr. Zdeňka Broklová.

3.3 Vlastní sbírka - struktura úloh

V této kapitole popíši strukturu úloh, kterou jsem využívala. V administrátorském rozhraní elektronické sbírky úloh byly Zdeňkou Broklovou, Marií Snětinovou a Lenkou Matějčkovou navrhnuté jednotlivé části (oddíly) úloh a později vytvořeny Zdeňkou Broklovou. Každý administrátor (autor konkrétní úlohy) buď musí nebo může, pokud chce vytvořit úlohu, použít aspoň některé z těchto částí. Každá tato část, pokud ji administrátor použije, je určena pro vkládání svého charakteristického typu obsahu, a plní svůj vlastní účel. Uvedu zde, které části jsou povinné, v čem si může autor konkrétní úlohy navržené schéma upravit. Vždy nejprve uvedu obecné povídání o konkrétním oddíle a na něj navážu, jak jsem si daný oddíl upravila já. Povídání o obecném navrženém schématu cituji z [12].

Každá úloha je rozdělena na několik částí (oddílů).

- Povinné části : název úlohy, zadání, řešení, odpověď
- Doporučeně části : nápovědy, rozbor

Pokud je to možné nebo vhodné, může úloha ještě obsahovat komentář, řešení nápověd a odkazy na jiné úlohy.

Následuje popis jednotlivých oddílů v pořadí, v jakém se budou nejspíše oddíly vyskytovat u úloh. Toto pořadí ale není striktně dáno a záleží na zadavateli úlohy, v jakém pořadí budou jednotlivé oddíly u konkrétní úlohy vedeny (samozřejmě až na zadání úlohy a její název, ten je automaticky zařazen na začátek úlohy). U úlohy také může být více oddílů jednoho typu.

Název úlohy

Název úlohy by měl být co nejuvýstižnější. Jestliže si jej řešitel přečte, měl by být schopen si udělat představu, čeho se úloha týká (jakého tématu). Velmi vhodné by také bylo, aby název dokázal zaujmout nebo ještě lépe nalákat k řešení úlohy. Z praktických důvodů nejsou úlohy číslovány. Během plánovaného přidávání úloh by mohla nastat situace, kdy by bylo vhodné novou úlohu zařadit mezi stávající úlohy. V takovém případě by se úlohy musely přečíslovat, což by bylo nepříjemné pro uživatele sbírky.

V úlohách z dynamiky hmotného bodu je z názvu většinou patrné, o jaký druh pohybu se jedná a jaké jsou podmínky v úloze (např. "Auto a konstantní brzdná síla", "Bedna na nakloněné rovině s kladkou", "Kladkostroj a závaží", apod.). Název úlohy byl zásadně ovlivněn zadáním (viz dále).

Zadání úlohy

Ve většině případů jde o modifikaci úloh ze současných sbírek. Zadání by mělo být přehledné. Řešiteli musí být jasné, jaké veličiny jsou zadány a jaké se mají spočítat. Zadavatel by se měl snažit (a to nejen v zadání) vyhýbat komplikovaným formulacím, které lze nalézt v současných sbírkách a učebnicích. Zadané hodnoty veličin by měly být reálné, aby si řešitelé mohli udělat správnou představu o tom, jak vypadá řešená situace ve skutečnosti.

V zadávání úloh jsem se snažila oddělit informace, které jsou o dané situaci řešiteli sdělovány, od otázek, které jsou mu kladeny většinou na konci zadání. V poznámkách či přímo v zadání je uvedeno, které veličiny se mohou zanedbat.

Nápovědy

Nápověda je označena jako doporučená součást úlohy. K vyřešení úlohy není nutná, ale cílem této práce není jen uvést sbírku řešených úloh, ale také pomoci

uživatelům naučit se řešit fyzikální úlohy samostatně. Náповěda by měla nahradit někoho, kdo by řešiteli radil. Její důležitost se projeví především na začátku úlohy, kdy dává radu řešiteli, jak má s řešením úlohy začít. Lze napovědět, čeho se příklad týká (např. jaký použít zákon), jaký udělat první krok či kterým směrem bude řešení úlohy směřovat. Vhodnou formou nápověd jsou návodné otázky, které by měly upozornit, na co se má řešitel soustředit, případně co si má vyhledat. Další možností je uvést v nápovědě vzorec, který je nutné při řešení použít. Tento přístup ale není vhodný, protože by tak mohlo řešení příkladu spočívat jen v kombinování vzorců z několika nápověd, a tvůrcům elektronické sbírky bylo doporučeno, aby se tomuto přístupu vyvarovali. V takovém případě by řešitel pracoval pouze s "písmeny", kterými jsou označeny veličiny, jako s matematickými výrazy, a nemusel by vůbec chápat fyzikální podstatu úlohy. Používali se při řešení úlohy nějaký neobvyklý postup, je vhodné ho řešiteli prozradit právě v nápovědě. Řešitel úlohy by měl být nápovědami motivován k vyřešení úlohy, k přemýšlení nad ní a také k vyhledávání potřebných informací např. v tabulkách. Formulace nápověd je tedy velmi důležitá. Náповědy by neměli mít formu rozkazu (stroze řečeno, co má řešitel udělat), ale spíše doporučení (věty typu "Zkuste si rozmyslet...", "Co si myslíte, že se stane, když...", apod.). Úloha může obsahovat i více nápověd.

V případě úloh z dynamiky hmotného bodu jsem užívala jinou strukturu nápověd, než tomu bylo například v úlohách z elektřiny a magnetismu. V úlohách z elektřiny a magnetismu byla většinou užitá nápověda jen jedna a následovalo řešení příkladu. U úloh z mechaniky byl zvolen jiný postup. Místo jediné větší nápovědy bylo zvoleno více dílčích nápověd, na které navazovala jejich dílčí řešení. Myšlenka tedy byla - procházet spolu s řešitelem celou úlohu a odhalovat postupně nápovědy. V případě, že by řešitel nevěděl, jak v úloze postupovat ani po předložení první nápovědy, může si otevřít její řešení a následně další nápovědu. Je zde tak možnost dořešení úlohy bez toho, aniž by se řešitel musel podívat na celé řešení, ale s pomocí dílčích nápověd a dílčích řešení projde úlohu a v každé její části se může pokusit o její dořešení.

V úlohách z dynamiky hmotného bodu je obsahem první nápovědy nejčastěji rada, aby si řešitel nakreslil obrázek dané situace a uvědomil si, jaké síly v daném problému působí, a nejlépe je nakreslil do obrázku. Obsahem druhé nápovědy poté bývá rada na sestavení pohybové rovnice, případně již její skalární vyjádření (včetně zavádění vhodné soustavy souřadnic). Často jsou použity nápovědy typu "Použijte 3. Newtonův zákon", "Uvědomte si, na čem závisí velikost třecí síly a jak se dá vyjádřit" "O jaký typ pohybu jde? Jak můžete v tomto případě vyjádřit uraženou dráhu?", apod.

Řešení nápovědy

Tento oddíl původně nebyl zamýšlen (v úlohách z elektřiny a magnetismu např. tento oddíl nebyl používán, řešitel mohl použít nápovědu, a dále si řešení zkontroloval až v oddíle "Řešení").

Ve strukturovaných úlohách z mechaniky ovšem jednotliví tvůrci úloh začali používat systém "náповěda 1 - řešení náповědy 1, náповěda 2 - řešení náповědy 2,..." , proto byl tento oddíl mezi ostatní oddíly přidán. V tomto oddíle se řešitel dozví, kam jej měla předchozí náповěda zavést. Úlohy z mechaniky bývají často velmi dlouhé na řešení, proto se tento postup zdá přijatelnější, než užití jedné dlouhé náповědy a následného celkového řešení.

Rozbor úlohy

Rozbor úlohy je doporučená část úlohy, ve které by měl být slovně shrnut postup řešení. Vysvětluje hlavně myšlenkový postup řešení a rozebírá fyzikální podstatu úlohy. Matematické úpravy by zde neměly být popisovány, pokud je ale nějaký matematický poznatek pro vyřešení úlohy důležitý, může zde být zmíněn (např.: Budeme potřebovat podobnost trojúhelníků.). Vzorce by se v rozboru vyskytovat neměly. Pokud přece jen je vzorec nutné uvést, je lepší pokusit se ho vyjádřit raději větou než matematickým zápisem (třecí síla je přímo úměrná normálové síle, kterou na těleso působí podložka). Důvodem je, aby si řešitel jen nenashromáždil všechny fyzikální vztahy, které k danému tématu jsou, a pak je jen bezmyšlenkovitě nedával dohromady v závislosti na tom, které veličiny jsou zadané. Právě rozbor by měl čtenáři pomoci úlohu pochopit a donutit nad úlohou přemýšlet.

V úlohách z dynamiky hmotného bodu, které jsem vytvořila, je rozbor zařazen obvykle jen u složitějších úloh vyžadujících náročnější úvahy. U ostatních úloh je v podstatě součástí náповěd, takže již není uváděn zvlášť.

Řešení

Tento povinný oddíl úlohy obsahuje komentované řešení úlohy. Z řešení by mělo být zcela patrné, jaký je myšlenkový postup řešení. Zde už samozřejmě musí být uvedeny všechny použité vzorce a vztahy. Mělo by zde být přesně popsáno, odkud jsme kterou veličinu získali a který vzorec jsme kam dosazovali. Není vhodné, aby se v řešení přeskakovali matematické úpravy, čtenář by neměl strávit zbytečně čas přemýšlením o matematických postupech. Pokud není úprava zjevná a jednoduchá, měla by být okomentována buď slovně, a nebo naznačena za vzorcem (za čarou - jak je zvykem v matematice). Slovní komentáře úprav by se neměly omezit pouze na matematické úpravy (zkrátíme, odečteme), ale také by zde mělo být zdůrazněno, proč výraz upravujeme právě takto a čeho chceme nakonec dosáhnout (např. "z výrazu vyjádříme hledanou tahovou sílu"). Řešení by neměla být pouze rozšířená kopie rozboru, ale mnohem podrobnější postup s komentáři, které se v rozboru nenacházejí. Tato část úlohy je nejdelší, proto by měly být jednotlivé početní části vizuálně přehledně oddělené. Řešení může být rozděleno na několik dílčích částí. Řešení by mělo obsahovat také číselné dosazení a výpočet. Nemělo by se zapomenout na přehledný zápis veličin a převod jednotek. Tato část řešení může být samostatná, pokud čtenáře zajímá jen obecný výpočet, nemusí tento oddíl zbytečně rozklikávat a pročitat. Na konci každého řešení by mělo být jasně označeno, co jsme vypočítali.

V úlohách z dynamiky hmotného bodu probíhá řešení po dvou linkách. Úloha je řešena jednak postupně po krocích formou nápověd a jejich řešení. Kromě toho je ještě uvedeno celkové podrobné řešení, které shrnuje hlavní úvahy z nápověd a jejich jednotlivá řešení. Celkové řešení je určeno zejména pro ty, kteří si řeší úlohu sami a chtějí si zkontrolovat svůj způsob řešení, případně pro ty, kteří se naopak nechtějí do samostatného řešení pouštět. Částečné výpočty jsou zde zřetelně odděleny, aby bylo vidět, která část úlohy je právě počítána.

Odpověď

Tato část obsahuje slovní odpověď, konečný obecný vztah, a pokud je úloha zadána i číselně, tak také číselný výsledek. Tento oddíl je důležitou součástí úlohy. Za prvé dodává řešení na přehlednosti, protože přesně ukazuje, co jsme spočítali. Za druhé lidem, kteří vědí, jak příklad řešit, umožní rychlé zkontrolování výsledku bez zbytečného pročítání celého postupu řešení. Pokud je úloha komplikovaná můžou se v tomto oddílu objevit i důležité dílčí obecné vztahy.

Komentář

Ke každé úloze je možné vložit samostatný oddíl s dalším komentářem, který se již nemusí přímo týkat řešení úlohy. Tady už záleží na konkrétních úlohách, ale i na zadavateli úlohy. Někde může být například vhodné zdůraznit, že v této úloze jsme využívali určitého postupu, nebo pokud je úloha založena na reálném experimentu, který byl v historii fyziky důležitý, můžou zde být uvedeny podrobnosti. Pokud je možné úlohu řešit více postupy, je komentář určen právě k jejich uvedení. Můžeme zde uvést, jak by se úloha řešila složitějším postupem, například pomocí integrálů, nebo naopak jednodušeji, středoškolsky, podle toho jaký postup jsme zvolili jako hlavní. Tím se dá zabránit šíření názoru, že jen jeden uvedený postup řešení úlohy je správný a všechny ostatní jsou špatné. V tomto oddíle můžeme také popsat, jak moc by se řešení úlohy změnilo, kdybychom do zadání něco přidali nebo naopak něco odebrali.

Odkazy

Část nazvanou odkazy nebude nejspíš možné uvést u každé úlohy. Mělo by se jednat o odkazy na jiné úlohy ve sbírce, které jsou tématicky stejné nebo podobné. Můžeme odkazovat například na složitější úlohu. Jestliže čtenář vyřeší danou úlohu správně, může si jednoduše najít těžší úlohu a na ní si ověřit, že problém opravdu pochopil. Z opačného důvodu se dá odkázat na úlohy jednodušší, pokud řešitel neví, jak řešit danou úlohu, může nejdříve zkusit vyřešit lehčí situaci. Odkazy se mohou týkat nejen obtížnosti, ale také tématu. Odkazy na jiné úlohy by měly řešiteli pomoci pochopit souvislosti v řešení různých úloh. Mělo by tak být jednodušší si všimnout, že jedním způsobem je možné vyřešit více, na první pohled odlišných úloh.

Oddíly jsou vymyšleny tak, aby mohl tvůrce úloh pružně vytvářet pořadí jednot-

livých oddílů dle potřeb úlohy. Oddíly mohou být v elektronické sbírce jednoduše přehazovány v pořadí, čímž mohou být úlohy velmi různorodé. V rámci dalších úprav rozhraní sbírky se uvažuje například o tom, že by si uživatel mohl zobrazit nebo vytisknout pouze oddíly určitého typu - např. nápovědy.

Kapitola 4

Závěr

V rámci bakalářské práce bylo vytvořeno osmnáct úloh z dynamiky hmotného bodu v elektronické podobě se strukturovanou nápovědou. Ke všem úlohám je uveden podrobný systém nápověd a jejich dílčích řešení. Úlohy jsou doplněny také komentáři, rozборы, obrázky, celkovými řešeními a celkovými odpověďmi. Úlohy jsou v elektronické podobě seřazeny podle témat, kterými se zabývají.

Sbírka bude do budoucna užívána hlavně studenty učitelství fyziky na MFF UK, kteří si tak mohou procvičit znalosti z dané látky. Velkým přínosem bude sbírka také pro studenty jiného studia než prezenčního. Úlohy mohou být také použity učiteli na školách jako učební pomůcka.

Tvorba sbírky byla přínosem i pro mě, jelikož jsem si musela učivo, z kterého jsem úlohy vytvářela, zopakovat. Všechny vytvořené úlohy jsem musela vyřešit a vymyslet k nim vhodné nápovědy. Zde bylo velmi důležité si přesně uvědomit, jaké problémy studenti mívají s řešením úloh, a podle toho nápovědy vytvářet.

Literatura

- [1] Moltašová J.: *Sbírka úloh z kinematiky hmotného bodu pro studenty učitelství fyziky*, diplomová práce, MFF UK, Praha, 2006.
- [2] Kolářová R., Bohuněk J.: *Fyzika pro 6. ročník základní školy*, nakladatelství Prometheus, Praha 2003.
- [3] Kolářová R., Bohuněk J.: *Fyzika pro 7. ročník základní školy*, nakladatelství Prometheus, Praha 2003.
- [4] Rauner K. a kol.: *Fyzika, učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*, nakladatelství Fraus, Plzeň, 2004.
- [5] Rauner K. a kol.: *Fyzika, učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*, nakladatelství Fraus, Plzeň, 2004.
- [6] Rojko M. a kol.: *Fyzika kolem nás, Fyzika I pro základní a občanskou školu*, nakladatelství Scientia, Praha, 1995.
- [7] Rojko M. a kol.: *Fyzika kolem nás, Fyzika II pro základní a občanskou školu*, nakladatelství Scientia, Praha, 1996.
- [8] Bednařík M., Široká M., Bujok P.: *Fyzika, Mechanika pro gymnázia*, nakladatelství Prometheus, Praha, 1993.
- [9] Jáchim F., Tesař J.: *Sbírka úloh z fyziky pro 6. - 9. ročník základní školy*, pedagogické nakladatelství, Praha, 2004.
- [10] Bohuněk J.: *Sbírka úloh z fyziky pro žáky základních škol 1. díl*, nakladatelství Prometheus, Praha, 1994.
- [11] Bartuška K.: *Sbírka řešených úloh z fyziky pro střední školy I Mechanika*, nakladatelství Prometheus, Praha, 1997.
- [12] Matějčíková L.: *Elektronická sbírka řešených úloh z elektřiny a magnetismu II.*, bakalářská práce, MFF UK, Praha, 2007.
- [13] Lepil O. a kol.: *Fyzika, sbírka úloh pro střední školy*, nakladatelství Prometheus, Praha, 1995.

- [14] Halliday D., Resnick R., Walker J.: *Fyzika, vysokoškolská učebnice obecné fyziky, část 1, mechanika*, nakladatelství Vutium a Prometheus, Praha, 2003.
- [15] Rojko M., Mandíková D.: *Soubor úloh z mechaniky pro studium učitelství I. část*, Interní materiál MFF UK, Praha, 1994.
- [16] Kvasnica J. a kol.: *Mechanika*, nakladatelství Academia, Praha, 1988.
- [17] Hajko V. a kol.: *Fyzika v příkladech*, nakladatelství Alfa, Bratislava, 1983.

Internetové odkazy

- [18] Fyzika I (mechanika a molekulová fyzika): *Sylabus předmětu Mechanika a molekulová fyzika*, 2008, dostupné na WWW [cit. 15.5.2008]
<http://is.cuni.cz/studium/predmety/index.php?do=predmet&kod=NOFY021>
- [19] Burešová B. a kol.: *Elektronická sbírka příkladů z fyziky I*, 2006, dostupné na WWW [cit. 15.5.2008]
<http://www.vscht.cz/ufmt/cs/pomucky/hofmannj/epFYZ/epfyz/index.html>
- [20] Šindelář P.: *Sbírka příkladů*, Diplomová práce, dostupné na WWW [cit. 15.5.2008]
<http://www.kfy.vslib.cz/kfy/sbirka/obsah.htm>
- [21] Koudelková H.: *Sbírka příkladů z mechaniky*, Diplomová práce, 2003 dostupné na WWW [cit. 15.5.2008]
http://kdf.mff.cuni.cz/vyuka/materialy/mechanika_sbirka/

Příloha I: Ukázka pěti vytvořených úloh

- Kulička v medu
- Sáňky na zasněženém svahu
- Závaží na desce
- Kladkostroj
- Vozík na vzduchové dráze

Příloha II: Text práce a osmnáct úloh v elektronické podobě na CD

Úlohy jsou vtištěny či přiloženy na CD ve formátu PDF, do kterého jsem je převedla z elektronického rozhraní za pomoci Zdeňky Brokové, která vytvořila podmínky k tomuto převodu. Nepodařilo se vytvořit v tomto formátu ideální zalamování řádků a stránky nejsou číslovány.