

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD**

**KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY (FAKULTA PEDAGOGICKÁ)**

**SUBJEKTIVNÍ VNÍMÁNÍ NÁROČNOSTI FYZIKÁLNÍCH ÚLOH  
UČITELI A STUDENTY**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Bc. Veronika Laznová**

*Matematika, obor Učitelství matematiky pro střední školy*

Vedoucí práce: Mgr. Jiří Kohout, Ph.D.

**Plzeň, 2017**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 15. července 2017

.....  
vlastnoruční podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji Mgr. Jiřímu Kohoutovi, Ph.D., vedoucímu diplomové práce, za velmi milý a ochotný přístup během psaní práce. Velmi si vážím jeho trpělivosti, cenných rad a věcných připomínek. Dále pak děkuji mé rodině a přátelům za pomoc a podporu během celého studia.

**ZDE SE NACHÁZÍ ORIGINÁL ZADÁNÍ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE.**

## OBSAH

Úvod .....	3
1 Fyzikální úlohy .....	4
1.1 Pojem fyzikální úloha .....	4
1.2 Třídění fyzikálních úloh .....	4
1.3 Třídění fyzikálních úloh podle jejich funkce ve výuce .....	5
1.3.1 Úvodní fyzikální úlohy .....	5
1.3.2 Výkladové fyzikální úlohy .....	6
1.3.3 Procvičovací fyzikální úlohy .....	6
1.3.4 Opakovací fyzikální úlohy .....	7
1.3.5 Kontrolní fyzikální úlohy .....	7
1.3.6 Fyzikální úlohy určené pro domácí přípravu .....	7
1.4 Třídění fyzikálních úloh podle způsobu řešení .....	8
1.4.1 Heuristický rozhovor .....	8
1.4.2 Aritmetický (numerický) způsob .....	8
1.4.3 Geometrický způsob .....	8
1.4.4 Grafické řešení .....	8
1.4.5 Algebraický způsob .....	9
1.5 Zásady postupu při zadávání a řešení fyzikálních úloh .....	10
1.6 Strategie řešení fyzikálních úloh .....	11
1.6.1 Čtení textu .....	12
1.6.2 Zápis zadání úlohy .....	12
1.6.3 Náčrt situace .....	13
1.6.4 Fyzikální rozbor situace .....	13
1.6.5 Obecné řešení úlohy .....	14
1.6.6 Určení jednotky výsledku .....	14
1.6.7 Výpočet s danými hodnotami .....	14
1.6.8 Konstrukce grafu, provedení pokusu .....	15
1.6.9 Diskuze řešení .....	15
1.6.10 Odpověď .....	15
1.7 Zápis při řešení fyzikálních úloh .....	16
1.8 Zaokrouhlování výsledků výpočtů při řešení fyzikálních úloh .....	16
1.9 Problémové úlohy .....	17
1.9.1 Způsoby řešení problémových úloh .....	18
1.9.2 Strategie řešení problémových úloh .....	19
2 Výuka fyzikálních úloh na fakultách připravujících učitele .....	20
3 Studie týkající se vnímání náročnosti fyzikálních úloh .....	24
3.1 Judgments of physics problem difficulty among experts and novices .....	24
3.2 Investigating the Perceived Difficulty of Introductory Physics Problems .....	25
3.3 Teachers' And Students' Perceptions Of Students' Problem-Solving Difficulties In Physics: Implications For Remediation .....	25
3.4 Teacher's And Student's Perceptions Of Problem Solving Difficulties In Physics .....	26
3.5 Factors affecting students' perceptions of difficulty in calculus word problems .....	28
3.6 Science Teachers' and Students' Perceived Difficult Topics in the Integrated Science Curriculum of Lower Secondary Schools in Barbados .....	28

---

3.7 Identification of Difficult Concepts in Senior Secondary School Two (SS2) Physics Curriculum in Rivers State, Nigeria .....	29
4 Studie zaměřená na vnímání náročnosti fyzikálních úloh .....	30
4.1 Cíle studie .....	30
4.2 Metodologie .....	31
4.3 Soubor respondentů .....	33
4.4 Výsledky .....	33
4.4.1 Hodnocení úloh z hlediska obtížnosti a odhadované úspěšnosti .....	34
4.4.2 Vliv rysů konkrétních fyzikálních úloh na jejich hodnocení z hlediska obtížnosti .....	37
4.4.3 Celkový trend x vliv úlohy .....	40
4.4.4 Vliv alternativních metod řešení .....	41
4.5 Shrnutí empirické studie .....	43
Závěr .....	45
Resumé .....	46
Seznam literatury a ostatních zdrojů .....	47
Seznam obrázků, tabulek a grafů .....	48
Přílohy .....	I

## Úvod

Jako téma své diplomové práce jsem si vybrala Subjektivní vnímání náročnosti fyzikálních úloh učiteli a studenty. Téma mě zaujalo na první pohled, neboť se jedná o problematiku, která je ve školství hodně diskutovaná. Spekuluje se, že náročnost některých úloh vnímají učitelé jinak než studenti. Nejvíce se to projevuje během písemných prací, kdy studentům některé úlohy dělají mnohem větší problémy, než by učitelé očekávali. To pak negativně ovlivňuje hodnocení studentů. Je překvapivé, že v České republice nebyla do současnosti provedena žádná studie zabývající se touto problematikou. Proto bych v rámci své diplomové práce chtěla provést výzkum a nalézt odpověď na otázku, jak vnímají náročnost fyzikálních úloh studenti a jak učitelé.

Diplomovou práci rozdělím na 4 kapitoly. V rámci první kapitoly definuji pojem fyzikální úloha a roztřídím fyzikální úlohy podle způsobu řešení a podle jejich funkce ve výuce. Podrobněji se budu zabývat také strategiemi řešení fyzikálních úloh a formálními záležitostmi jako je zapisování zadání či zaokrouhlování výsledků. Na závěr sepiši několik základních informací o problémových úlohách. Ve druhé kapitole se zaměřím na vzdělávání budoucích učitelů na českých univerzitách. Mým cílem bude zjistit, jak dalece jsou na jednotlivých univerzitách budoucí učitelé připravováni právě na řešení fyzikálních úloh. Ve třetí kapitole se zaměřím na studie ve světě, které se již zabývaly subjektivním vnímáním náročnosti fyzikálních úloh mezi učiteli a studenty a stručně shrnu výsledky uvedené v literatuře. V poslední, tedy čtvrté, kapitole budu prezentovat výsledky vlastní studie provedené na gymnáziích v Jihočeském a Plzeňském kraji.

Než se pustím do samotné práce, seznámím se s odbornou literaturou na dané téma. Text chci psát jednoduše a výstižně. Nechci používat dlouhá, složitá souvětí ani text přesycený odbornými termíny.

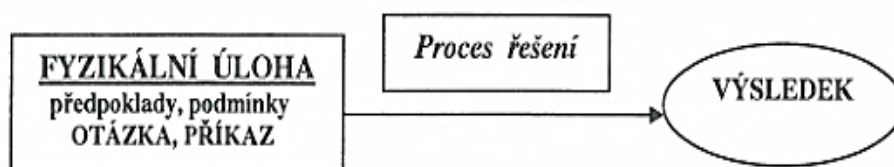
## 1 FYZIKÁLNÍ ÚLOHY

### 1.1 POJEM FYZIKÁLNÍ ÚLOHA

Definovat fyzikální úlohu není zcela jednoduché, neboť ji každý autor ve své publikaci definuje trochu jinak. Emanuel Svoboda a Růžena Kolářová (2006) z katedry didaktiky fyziky MFF UK Praha fyzikální úlohu označují jako formulaci požadavku na činnost žáka, kterou žák provádí za daných předpokladů a podmínek, a to poměrně složitou a strukturovanou aktivitou přispívající ke správnému chápání podstaty fyzikálních jevů a příčinných souvislostí mezi těmito jevy.

Dle uvedených autorů jsou fyzikální úlohy nezbytnou součástí výuky fyziky. Rozvíjí fyzikální myšlení. Žáci prostřednictvím úloh začnou chápat fyzikální podstatu některých jevů, naučí se určovat fyzikální veličiny a jednoduché vztahy mezi nimi. Jednoduše řečeno, začnou se orientovat ve fyzice samotné. Fyzikální úlohy však neplní pouze poznávací funkci, plní také funkci motivační, výchovnou a kontrolní. Jestliže žákům předložíme ve fyzikální úloze problém, můžeme v nich probudit touhu úlohu vyřešit a vzbudit tak zájem o probírané učivo. Fyzikální úlohy pomáhají také učitelům. Prostřednictvím fyzikálních úloh má učitel možnost ověřit znalosti žáků v oblasti fyzikálního učiva. Současně s tím si mohou také žáci udělat představu, jak dané učivo ovládají. Řešení úloh rozvíjí trpělivost, vynalézavost a vůli. Takové vlastnosti se v životě žákům určitě budou hodit.

U fyzikálních úloh je důležitý jak proces řešení, tak i samotný výsledek. Proces řešení závisí na individuálních schopnostech žáka. Odlišuje se u úloh lehčích a úloh náročnějších. U náročnějších úloh je proces řešení rozsáhlejší a obtížnější. Mezi základní způsoby řešení úloh patří úvaha, výpočet, grafická práce a experiment. Proces řešení je zakončen výsledkem.



Obrázek 1: Schéma řešení fyzikální úlohy (Svoboda a Kolářová, 2006)

### 1.2 TŘÍDĚNÍ FYZIKÁLNÍCH ÚLOH

V každém zadání fyzikální úlohy by neměly chybět tyto dvě části:

- a) Popis situace, který obsahuje údaje potřebné k řešení. U úloh vyžadujících početní řešení jsou zadané číselné hodnoty.



b) Otázka nebo příkaz dávající podnět k řešení a vymežující cíl.

Jestliže v zadání úlohy jsou všechny potřebné informace k řešení, jedná se o **úlohu s úplným zadáním**. Ve výuce fyziky se takové úlohy vyskytují nejčastěji. Žáci je mohou na základě svých znalostí bez problémů řešit.

*Příklad:*

Topnou spirálou rychlovarné konvice protéká proud 5 A při napětí 230 V. Vypočítejte odpor topné spirály.

Ostatní úlohy se označují jako **úlohy netradičního typu**. Patří sem problémové úlohy a úlohy s neúplným zadáním. Úlohu s neúplným zadáním poznáme tak, že v zadání chybí hodnoty fyzikálních konstant nebo hodnoty materiálových konstant. Jestliže žáci takovou úlohu chtějí řešit, musí si chybějící hodnoty dohledat ve fyzikálních tabulkách.

### 1.3 TRÍDĚNÍ FYZIKÁLNÍCH ÚLOH PODLE JEJICH FUNKCE VE VÝUCE

Podle funkce ve výuce dělíme úlohy na úvodní (motivační), výkladové, procvičovací, opakovací a kontrolní (Svoboda a Kolářová, 2006). Speciální roli poté hrají úlohy určené pro domácí přípravu.

#### 1.3.1 ÚVODNÍ FYZIKÁLNÍ ÚLOHY

Jak již plyne ze samotného názvu, úvodní fyzikální úlohy uvádí výklad nového tematického celku. Jejich hlavním úkolem je motivovat žáky k poznávání. Zejména z tohoto důvodu není pro učitele jednoduché vybrat správný příklad. Musí si být vědom toho, do jaké třídy příklad volí, jak na něj budou žáci reagovat a jestli je opravdu bude motivovat nebo naopak jejich pozornost od problematiky odvede. V dané úloze by se měly vyskytovat pouze jevy, které už žáci znají. Jenom tak mohou s jevy dále pracovat a získávat nové informace vztahující se k nim.

Úvodní fyzikální úlohy zpravidla vytvářejí problémovou situaci. Problém se následně řeší v průběhu celé hodiny. Na základě řešení problému žáci získávají nové znalosti. Učivo by tak mělo být pro žáky mnohem lépe pochopitelnější. Neměla by však nastat situace, kdy učitel zadá příklad, společně s žáky ho vyřeší a v průběhu celé hodiny se k němu již nevrátí. Takový příklad se mine účinkem. Žáky nemotivuje a většina z nich se nad ním ani pořádně nezamyslí.

Z didaktického hlediska jsou velmi vhodné motivační úlohy spojené s experimentem. Je jedno, jestli experiment provádí žák nebo učitel. Experimenty výuku fyziky oživují a dělají ji názornější.

*Příklad:*

Naplníme sklenici vodou až po okraj. Poté vezmeme list papíru a překryjeme ji a převrátíme dnem vzhůru. Voda nevyteče. Spočtete, jak velkou silou tlačí voda na papír, je-li obsah dna sklenice  $10 \text{ cm}^2$  a výška sklenice 8 cm. Proč papír neodpadne?

Ze zadání úlohy vidíme, že skutečně navozuje problém. K řešení úlohy je potřeba nových znalostí, proto je vhodné úlohu řešit v průběhu celé hodiny a v průběhu řešení vykládat učivo týkající se dané problematiky. Není od věci provést experiment, aby žáci viděli, že popsaná situace je skutečně reálná. Na základě experimentu se jim úloha může řešit mnohem lépe.

### **1.3.2 VÝKLADOVÉ FYZIKÁLNÍ ÚLOHY**

Zařazují se do vyučovací hodiny za účelem objasnění nově probíraného učiva. Zejména v případech, kdy se jedná o učivo, které je abstraktní a žáci si ho dokáží jen velmi obtížně představit. Jedná se buď o ilustrační úlohy nebo úlohy, ve kterých je nový poznatek jako součást řešení.

Jako ilustrační úloha se označuje úloha, kterou učitel vloží do svého výkladu, společně s žáky ji vyřeší a na ní procvičí probrané učivo. Následně po vyřešení úlohy pokračuje ve výkladu dál.

Úloha, v níž je nový poznatek součástí řešení, je součástí výkladu. Učitel ji řeší společně s žáky, v průběhu řešení dojde k novému důležitému poznatku. Ten si žáci zapíší do svých poznámek. Řešení úlohy je tedy výukovou metodou. S tímto druhem úlohy se častěji setkáváme na středních školách, na základních školách se tolik nevyskytuje.

### **1.3.3 PROCVIČOVACÍ FYZIKÁLNÍ ÚLOHY**

Jak už vyplývá z názvu, slouží k procvičení probraného učiva. Většinou se jedná o jednoduché úlohy. K řešení je důležité, aby žáci znali jev, kterého se úloha týká. Dále by měli znát s ním spojené fyzikální zákony a základní vztahy. Základní vztahy může učitel napsat na tabuli, aby je žáci měli neustále před sebou a nemuseli je hledat ve svých sešitech. Prostřednictvím úloh si žáci učivo zopakují. Osvojí si nově probíraný jev a s ním spojené fyzikální zákony. Zvyknou si, jak se označují nové veličiny a jejich jednotky. Osvěží si matematické operace, které jsou při řešení většiny úloh nezbytné.

*Příklad:*

Rezistorem o odporu  $5 \Omega$  prochází proud 2 A. Jaké je napětí mezi vývody rezistoru?

Jedná se o jednoduchou úlohu na aplikaci Ohmova zákona. Známe odpor, procházející proud a potřebujeme vypočítat napětí.

Mezi obtížnější úlohy patří příklady, k jejichž řešení je potřeba logická analýza a znalost fyzikálních souvislostí.

#### **1.3.4 OPAKOVACÍ FYZIKÁLNÍ ÚLOHY**

Navazují na úlohy procvičovací. Prostřednictvím opakovacích úloh si žáci získané znalosti upevní a prohloubí. Čím více úloh žák vyřeší, tím lépe si učivo osvojí. Prohloubení znalostí je mnohem důležitější než samotné procvičení učiva.

Opakovací úlohy může zadat učitel buď na konci vyučovací hodiny, kdy se opakuje právě probrané učivo nebo na začátku hodiny, kdy se opakuje učivo z předešlé hodiny. Fyzikální učivo se může opakovat také na konci tematického celku. Cílem opakovacích úloh je shrnutí základních poznatků a uvědomění si souvislostí mezi jednotlivými pojmy a vztahy.

#### **1.3.5 KONTROLNÍ FYZIKÁLNÍ ÚLOHY**

Prostřednictvím těchto úloh si učitel ověřuje, jak žáci učivo pochopili a jak ho ovládají. Zpravidla se řešení úloh klasifikuje. Samotný žák si ověří, co umí a v čem má mezery. Jestliže učitel zadává písemnou práci, která obsahuje fyzikální úlohy, měl by jejich náročnost odstupňovat. Vždy by se měla objevit úloha lehká, úloha středně těžká a úloha těžká. Jedině tímto způsobem učitel spravedlivě rozdělí žáky dle znalostí a může je pak adekvátně ohodnotit.

#### **1.3.6 FYZIKÁLNÍ ÚLOHY URČENÉ PRO DOMÁCÍ PŘÍPRAVU**

Zadává je učitel žákům za domácí úkol. Měly by být vhodně zvolené, neboť je žák řeší doma samostatně a jedná se o součást jeho domácí přípravy z fyziky.

Žák takové úlohy musí vyřešit a tím si zopakuje nabyté znalosti. Vyřešené úlohy by měl učitel pozorně zkontrolovat. Žák tak bude mít zpětnou vazbu a může na svých nedostatcích zapracovat. Jedná se většinou o úlohy z učebnic fyziky či sbírek úloh. Pokud učitel má chuť a dostatek svých zkušeností, může si úlohu vymyslet sám. V případě, že má učitel pochybnosti, zda žáci jsou schopni úlohu samostatně vyřešit, může s nimi provést stručný rozbor.

## 1.4 TRÍDĚNÍ FYZIKÁLNÍCH ÚLOH PODLE ZPŮSOBU ŘEŠENÍ

Dle způsobu řešení se uplatňuje dělení na úlohy řešené heuristickým rozhovorem, numericky, geometricky, graficky a algebraicky (Volf, 1975).

### 1.4.1 HEURISTICKÝ ROZHOVOR

Jestliže řešíme fyzikální úlohu heuristickým rozhovorem, řešíme ji ústně. Tímto způsobem se řeší jak jednoduché fyzikální úlohy, které slouží k upevnění fyzikálních zákonitostí, tak i úlohy problémové. Jedná se zpravidla o úlohy, které nejsou komplikovány podrobnostmi. K nalezení správného výsledku není třeba nic algebraicky řešit. Nejdůležitější je, aby se žáci nad úlohou zamysleli.

V případě, že učitel řeší úlohu společně s žáky, musí být při řešení trpělivý. Měl by vyslechnout veškeré nápady žáků na řešení a diskutovat s nimi o jejich správnosti. V žádném případě by neměl předkládat svůj způsob řešení jako jediný správný. Při samotném řešení by měl žáky správně vést. Nejvhodnějším způsobem je pokládání návodných otázek.

### 1.4.2 ARITMETICKÝ (NUMERICKÝ) ZPŮSOB

Jedná se o řešení úloh bez použití fyzikálních vzorců. Proto se aritmetický způsob řešení používá při řešení úloh, k jejichž řešení žáci doposud neznají potřebné vzorce. Klíčem ke správnému řešení je podrobná analýza úlohy. Následně si žáci musí zdravým úsudkem vyvodit vztahy mezi zadanými veličinami a veličinou hledanou. Jedině tak se dopátrají řešení. Většinou se využívá jednoduchých úsudků, poměrů, úměrností a trojčlenky. Tento postup navazuje na počítání v matematice, v níž se podobným způsobem řeší slovní úlohy na pohyb tělesa (výpočet rychlosti, dráhy).

Samotným řešením se prohlubují znalosti žáka. Žák si upevňuje vztahy mezi veličinami, osvojuje si jednotky veličin. Prostřednictvím těchto úloh může dát učitel žákům najevo, že úlohu lze vyřešit, i když si zrovna nevzpomenou při řešení na daný vzorec.

### 1.4.3 GEOMETRICKÝ ZPŮSOB

Při řešení úlohy geometrickým způsobem se využívá základních vět geometrie a trigonometrie. Řešení tvoří z velké části geometrická konstrukce, která zachycuje vztah mezi veličinami zadanými a veličinami hledanými.

### 1.4.4 GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

Jedná se o řešení, v němž provádíme konstrukci a následně prostřednictvím konstrukce hledáme řešení. Číselnou hodnotu získáme buď změřením úseček ve stanoveném měřítku

nebo třeba měřením obsahu sestrojené plochy. Typické jsou úlohy na skládání a rozkládání sil, fázové diagramy, kinematické úlohy (pohyby za sebou, proti sobě).

Grafický způsob řešení má mnoho výhod. Jednou z největších je, že dělá fyzikální úlohu názornější a pochopitelnější. Na grafické řešení úloh by měli být žáci připravováni. To znamená, že pokud zadá učitel poprvé úlohu, která se bude řešit graficky, měl by ji s žáky společně vyřešit. Následně by s žáky měl vyřešit několik dalších, než jim zadá úlohu k samostatnému řešení. Speciálně by se měl zaměřit na volbu soustavy souřadnic a měřítka, což dělá obvykle žákům největší problémy. Proto se na základní škole často velikosti úseček pro dané veličiny přepisují do textu zadání.

Grafický a geometrický způsob se poměrně často nerozlišuje. Oba mají velmi podobné základní rysy.

#### 1.4.5 ALGEBRAICKÝ ZPŮSOB

Algebraický způsob řešení znamená obecné řešení úlohy. Jedná se o způsob, který je pro žáky velmi náročný, obzvláště pak pro žáky s nižšími schopnostmi abstrakce. Je pro ně velmi těžké dát si do spojitosti několik fyzikálních zákonů a vztahů, které se v úloze vyskytují. Získaný vztah se algebraicky upravuje až do tvaru, kdy na jedné straně rovnice je hledaná veličina a na druhé straně pouze veličiny zadané.

Nejprve by měl učitel s žáky řešit úlohy algebraicky jednoduché. Následně by měl žáky vést k tomu, že vzorce nejsou k tomu, aby se je učili nazpaměť bez toho, aby rozuměli jejich významu. Jedná se o užitečnou pomůcku k usnadnění řešení fyzikálních problémů. Při algebraickém řešení úlohy je možné používat buď hotové vzorce nebo úvahové řešení analytickým či syntetickým způsobem (Svoboda a Kolářová, 2006).

#### **Užití hotového vzorce:**

Úlohy, které se řeší užitím hotového vzorce, jsou často považovány za nejjednodušší. Jestliže žák provede analýzu úlohy a nalezne v úloze fyzikální zákonitost, která se dá vyjádřit vztahem jemu známým, má úlohu z podstatné části vyřešenou. Pak už jen stačí do něj dosadit konkrétní hodnoty a vypočítat.

*Příklad:*

Jaký tlak vyvolá síla 45 kN, která působí na plochu 4,5 m<sup>2</sup>?

Postup řešení této úlohy by měl vypadat zhruba následovně:

Žák definuje tlak a vyjádří si ho definičním vztahem

$$p = \frac{F}{S}.$$

Poté převede kilonewtony na newtony a dosadí konkrétní hodnoty do vzorce. Vypočítá tlak a napíše odpověď.

#### **Užití syntetického způsobu:**

Řešení úlohy syntetickým způsobem je náročnější než řešení úlohy, k němuž stačí užití hotového vzorce. Od žáků se vyžadují jisté znalosti. Vychází se ze zadaných veličin, které se prostřednictvím fyzikálních zákonitostí spojují mezi sebou nebo s dalšími neznámými veličinami. Každá úprava se vyjádří vztahem. Pokračuje se do té doby, než dospějeme ke vztahu, kde jsou na jedné straně pouze známé veličiny a na straně druhé veličina hledaná.

#### **Užití analytického způsobu:**

Postupuje se opačně než u syntetického způsobu. Nejprve se nalezne vztah, který odpovídá na otázku úlohy. Nalezení správného vztahu je stěžejní, neboť na něm závisí správný postup celého řešení. Zpravidla se jedná o vztah, který je žákům znám. Se vztahem se dále pracuje. Dosazují se do něho vztahy za veličiny, které nejsou zadány. Pokračuje se do té doby, než ve vztahu jsou na jedné straně pouze známé veličiny a na druhé straně je veličina hledaná.

### 1.5 ZÁSADY POSTUPU PŘI ZADÁVÁNÍ A ŘEŠENÍ FYZIKÁLNÍCH ÚLOH

Při zadávání a řešení fyzikálních úloh by se měly dodržovat tyto zásady (Svoboda a Kolářová, 2006).

- Úlohy pro žáky se vybírají většinou z učebnic fyziky nebo ze sbírek úloh. Pokud má učitel dostatek zkušeností s výukou, může si vymyslet příklady své.

Úlohy mají rozšiřovat znalosti a dovednosti žáka v oblasti fyziky. Někdy je výhodné zadat úlohu s neúplným zadáním, kde chybí hodnota konstanty. Žák tak musí hodnotu dohledat a více ho to aktivizuje.

- Úlohy by neměly nahrazovat výklad nového učiva. Proto by se v úlohách neměly vyskytovat jevy a fyzikální zákony, se kterými se doposud žáci neseťkali.
- Učitel by si měl před hodinou veškeré příklady propočítat. Při hodině pak bude jistější a bude moci rychleji a bez zbytečného zmatkování odpovídat na dotazy žáků. Navíc bude vědět, jak jsou úlohy obtížné, časově náročné nebo jakými způsoby se dají řešit. Připraveného učitele žáci mnohem více uznávají a respektují.

- Učitel při zadávání úlohy přečte nejprve pomalu celý text zadání. Následně čte text znovu po jednotlivých částech. Během čtení zapisuje zmíněné veličiny i s jejich hodnotami na tabuli. Žáci tak mají před sebou důležité informace. Tímto způsobem učitel zajistí, aby žáci zadání úlohy pochopili.
- Pro lepší názornost se velmi často během řešení kreslí obrázky, schémata, náčrtky a grafy.
- Během řešení je potřeba veškeré jevy, děje, které se v úloze vyskytují, podrobně rozebrat. Vyplyvající zákonitosti se musí žákům zdůraznit. Při tomto rozboru se většinou ukáže, jak žáci pochopili smysl úlohy.
- Jestliže lze úlohu řešit několika způsoby, neměl by učitel lpět pouze na jediném řešení. Naopak by měl žáky vést k tomu, aby další možné způsoby řešení odhalili. Za nalezené řešení by měl být žák oceněn. Vhodnou výukovou metodou zde je diskuze.
- Jestliže učitel vyvolá žáka, aby nějaký příklad řešil na tabuli, musí do řešení příkladu nějakým způsobem vtáhnout i zbytek třídy. Je dobré se vždy někoho z žáků ve třídě zeptat, jak by v dané chvíli pokračoval. Žáci si tak zopakují a prohloubí učivo. Zároveň jsou nuceni o příkladu přemýšlet.
- V případě, že ve třídě je žák nadaný nebo žák, kterého fyzika baví a rád by se o ní zajímal i mimo hodiny fyziky, měl by mít učitel připravené úlohy navíc, které jsou náročnější a jejich řešení je dobrovolné (například za malou jedničku).

## 1.6 STRATEGIE ŘEŠENÍ FYZIKÁLNÍCH ÚLOH

Klíčem ke správnému řešení fyzikální úlohy je zvolení správné strategie řešení. Vyplynulo to z rozborů několika set fyzikálních úloh, které odevzdali řešitelé. Pokud se řešitelé, chceme-li žáci, dopustili nějaké chyby při řešení nebo se do úlohy zamotali, bylo důvodem nedostatečné rozpracování strategie. Neměli vypracované myšlenkové schéma, pomocí něhož by se od zadání dostali až k výsledku. Schéma strategie řešení, kterého by se každý měl při řešení fyzikální úlohy držet vypadá následovně (Volf, 1975):

1. čtení textu
2. zápis zadání úlohy
3. náčrt situace
4. fyzikální analýza situace

5. obecné řešení úlohy
6. určení jednotky výsledku
7. řešení pro dané hodnoty
8. konstrukce grafu, provedení pokusu
9. diskuze řešení
10. stanovení odpovědí

Je pochopitelné, že ne u všech úloh se musí uplatnit všechny výše uvedené kroky. Jednotlivé body podrobněji rozeberu a vysvětlím.

### 1.6.1 ČTENÍ TEXTU

Klíčem k řešení každé fyzikální úlohy je správné a pozorné přečtení zadání. Někdy je vhodné a potřebné zadání přečíst i několikrát za sebou. Žák musí pochopit popisovanou fyzikální situaci a uvědomit si problémy, které je nutné vyřešit. Je důležité porozumět všem pojmům, jež úloha obsahuje. V této fázi by měl řešitel zvolit tzv. opěrná slova, která jsou k řešení úlohy velmi důležitá. Jsou víceméně abstrakcí situace uvedené v úloze. Jak taková slova vypadají v konkrétní úloze, ukáži na následujícím příkladu.

*Příklad:*

Traktor táhne pluh silou 9000 N. Jak velkou práci traktor vykoná, pokud během orání pole ujede 4,5 km?

Zde jsou stěžejními pojmy: síla traktoru, ujetá vzdálenost, hledaná práce. Tyto pojmy označujeme jako opěrná slova, neboť je potřebujeme k řešení úlohy. Ostatní text je pro popis situace nutný, nicméně pro řešení nepodstatný.

### 1.6.2 ZÁPIS ZADÁNÍ ÚLOHY

Navazuje na čtení textu. Zadané fyzikální veličiny se zapisují smluvenými značkami. Veškeré veličiny zapisujeme v základních jednotkách.

*Příklad:*

Písty hydraulického lisu mají obsah průřezu  $5 \text{ cm}^2$  a  $400 \text{ cm}^2$ . Na užší píst působíme silou 500 N. Jaký tlak tato síla v kapalině vyvolá? Jak velkou tlakovou silou působí kapalina na širší píst?

- a) Zadané veličiny zapisujeme vedle sebe do řádku, hledané veličiny od nich oddělujeme středníkem.



$$S_1 = 5 \text{ cm}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2, S_2 = 400 \text{ cm}^2 = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2, F_1 = 500 \text{ N}; p = ?, F_2 = ?$$

- b) Zadané veličiny zapisujeme pod sebou, hledané veličiny od nich oddělíme vodorovnou čarou.

$$S_1 = 5 \text{ cm}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$S_2 = 400 \text{ cm}^2 = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$F_1 = 500 \text{ N}$$

---


$$p = ?$$

$$F_2 = ?$$

### 1.6.3 NÁČRT SITUACE

Jedná se většinou o obrázek nebo schéma. Může být už v samotném zadání úlohy. Jsou v něm vyznačené údaje potřebné pro řešení. Kreslí se zejména v případech, kdy je zadání příliš dlouhé nebo hůře pochopitelné. Prostřednictvím náčrtku se lze lépe a rychleji orientovat v textu úlohy. I když není v zadání úlohy žádný náčrtek přítomen, je mnohdy vhodné si jej při řešení nakreslit. Náčrtek, chceme-li obrázek, umožňuje žákovi úlohu lépe pochopit, uvědomit si, co je důležité a následně si udělat představu, jak postupovat při řešení. Z mnoha analýz je patrné, že existuje návaznost mezi etapou náčrt situace a obecné řešení úlohy. Nakreslení náčrtku vede v mnoha případech k obecnému řešení.

### 1.6.4 FYZIKÁLNÍ ROZBOR SITUACE

Je nejnáročnějším a nejdůležitějším krokem řešení fyzikální úlohy. Jestliže řešíme jednoduchou úlohu, je postup řešení zřejmý i bez rozboru situace. Nicméně u složitějších úloh na způsob řešení bez rozboru situace přijdeme jen velmi těžko. Rozbor situace je sám o sobě pro žáky velmi náročný. Um zamyslet se nad úlohou a rozebrat jí kousek po kousku tak, abychom našli souvislosti a následně je využili při řešení, přichází až s praxí. Čím více si žáci takových úloh s rozbohem vyřeší, tím je větší pravděpodobnost, že si sami zadanou úlohu rozeberou a vyřeší.

Při rozboru by si měl žák uvědomit stěžejní fyzikální zákony, o které se bude při řešení opírat a vypsát si základní vztahy. Fyzikální děje se většinou idealizují. Příkladem idealizace je zanedbávání tření a odporu vzduchu při pohybu apod.

Odkážu-li se opět na publikaci (Svoboda a Kolářová, 2006), musím zmínit několik otázek, nad kterými by se žák měl v případě rozboru úlohy zamyslet. Mezi ty nejpodstatnější patří tyto:

Jaká fyzikální situace se v dané úloze vyskytuje? Jaký fyzikální děj probíhá a za jakých podmínek? Jaký náčrtek je nutné nakreslit? Jaké veličiny jsou zadané a jaké je potřeba vypočítat? Jaké vztahy platí mezi hledanými a zadanými veličinami a které z nich lze použít?

### 1.6.5 OBECNÉ ŘEŠENÍ ÚLOHY

Obecné řešení je rovnice, která vyjadřuje vztah mezi hledanou veličinou a veličinami udanými v předpokladech. Má na levé straně značku hledané veličiny a na pravé straně výraz, jenž obsahuje pouze nám známé veličiny, popřípadě konstanty.

Názorně předvedu na předchozím příkladu. Zde jsou obecné rovnice dvě, jedna pro veličinu  $p$  a druhá pro veličinu  $F_2$ .

$$p = \frac{F_1}{S_1} \text{ a } F_2 = p \cdot S_2$$

### 1.6.6 URČENÍ JEDNOTKY VÝSLEDKU

Jestliže dostaneme obecné řešení úlohy, je vhodné si stanovit, jakou jednotku bude mít po dosazení konkrétních hodnot výsledek. Jednotky se volí pouze pro základní veličiny. Taková jednotka se nazývá základní. Pro ostatní veličiny se jednotky odvozují.

*Příklad:*

veličina rychlost (jednotka  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

veličina síla (jednotka  $\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} = \text{N}$ )

### 1.6.7 VÝPOČET S DANÝMI HODNOTAMI

Jedná se o číselný výpočet. Následuje po nalezení obecného řešení. Získáme ho tak, že do algebraického výrazu obecného výsledku dosadíme zadané hodnoty veličin. Zápis můžeme provést hned několika způsoby.

a) Dosazujeme do vztahu hodnoty veličin i s jejich jednotkami.

$$t = \frac{s}{v} = \frac{40 \text{ m}}{3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} = 11,4 \text{ s}$$

b) Do obecného řešení dosazujeme pouze číselné hodnoty, výslednou jednotku hledané veličiny za celý výraz připišeme.

$$t = \frac{s}{v} = \frac{40}{3,5} \text{ s} = 11,4 \text{ s}$$

- c) Hledanou veličinu označíme symbolem  $\{t\}$ . Do algebraického výrazu obecného řešení dosazujeme pouze číselné hodnoty, následně vztah upravíme do konečné podoby. Hledanou veličinu zapíšeme jako číselnou hodnotu s jednotkou.

$$\{t\} = \frac{40}{3,5} = 11,4$$

$$t = 11,4 \text{ s}$$

Existují i další způsoby, které se v našich učebnicích fyziky zpravidla nevyskytují.

### 1.6.8 KONSTRUKCE GRAFU, PROVEDENÍ POKUSU

Graf se konstruuje v případě, že je požadován v zadání úlohy. Ve fyzikálních úlohách se nemusí vyskytovat pouze požadavek na zakreslení grafu, může se objevit také požadavek na zakreslení schématu zapojení elektrického obvodu nebo funkčního uspořádání zařízení.

Pokus se provádí v případě, že nám pomůže lépe znázornit problematiku úlohy. Vede ke snazšímu pochopení. Žák si propojí teoretické počítání s praktickou ukázkou.

### 1.6.9 DISKUZE ŘEŠENÍ

Diskutujeme-li řešení, porovnáváme výsledek se skutečností. Často srovnáváme námi vypočítanou hodnotu s hodnotou uvedenou v matematicko-fyzikálních tabulkách. Jestliže se hodnoty nebudou alespoň řádově shodovat, mělo by nás to upozornit na nesprávnost řešení. Mohli jsme se dopustit chyby v rozboru (fyzikálních úvahách), při samotném výpočtu nebo také jsme mohli mít zadané nereálné vstupní hodnoty. Je možné rovněž diskutovat výsledek řešení úlohy s tím, co jsme zjistili v pokusu provedeném dle předchozího bodu. Příkladem může být dostřik vody z malého otvoru, kde můžeme porovnat hodnotu vypočtenou dle Torricelliho vztahu a vzorce pro vodorovný vrh s údajem naměřeným experimentálně. Při takové diskuzi je důležité si uvědomit, že výpočet byl proveden za idealizovaných podmínek (zanedbání viskozity a odporu vzduchu), zatímco při experimentu tyto efekty mohou hrát významnou roli.

### 1.6.10 ODPOVĚĎ

Dělíme jí na dvě části, obecné řešení a číselnou hodnotu hledané fyzikální veličiny. Jestliže máme v úloze zadané číselné hodnoty, je odpovědí pouze číselná hodnota s jednotkou. Pokud je součástí úlohy graf, obrázek nebo schéma, mělo by být součástí odpovědi.

## 1.7 ZÁPIS PŘI ŘEŠENÍ FYZIKÁLNÍCH ÚLOH

Každou úlohu lze řešit dvěma způsoby. Řešení probíhá buď ve vnitřní řeči, o které se můžeme dovědět na požádání od řešitele po vyřešení úlohy, nebo se převádí do ústní či písemné formy. Druhý ze způsobů je častější. Umožňuje učiteli zkontrolovat správnost postupu žáka. Učitel na první pohled vidí, jak žák při řešení uvažoval. Vlastní proces řešení musí splňovat určité požadavky. Vysvětlení průběhu řešení by mělo být písemně sepsané a mělo by mít formu zprávy. Pro jednoduché úlohy je vhodný jednoduchý zápis řešení. Zápis obsahuje zadání úlohy, kde jsou fyzikální veličiny zapsané pomocí dohodnutých značek, pokud nejsou veličiny v základních jednotkách, tak je zde také převod na základní jednotky. Dále označení hledané veličiny, náčrt situace, schéma, výpočty, pomocí nichž získáme obecné řešení, výsledek s konkrétními hodnotami, konstrukci grafu a odpověď. Jestliže je v úloze potřeba dohledat hodnotu nějaké veličiny v tabulkách, do zápisu se tato hodnota napíše.

## 1.8 ZAOKROUHLOVÁNÍ VÝSLEDKŮ VÝPOČTŮ PŘI ŘEŠENÍ FYZIKÁLNÍCH ÚLOH

Při řešení úloh je důležité správně zaokrouhlovat číselné výsledky. Je zřejmé, že rychlost  $v = 55 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  nezapíšeme dle výsledku z kalkulačky jako

$$v = \frac{55}{3,6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 15,2777777777778 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} .$$

Tento zápis není správný, neboť přesnost vypočítané hodnoty převyšuje přesnost hodnoty výchozí veličiny. Abychom uměli správně výsledky zaokrouhlovat, musíme znát určitá pravidla a základní pojmy.

### 1. Platné číslice a počet platných míst

Jako platné číslice se označují všechny číslice od první nenulové zleva až do poslední číslice vpravo. Nuly na konci čísla mohou být platné číslice, ale také nemusí.

*Příklad:*

číslo 152 000 (Zde jsou nuly na konci čísla platné číslice. Kdybychom jednu z nul odebrali, změnila by se nám hodnota čísla.)

číslo 254,300 (Zde nuly platné číslice nejsou. Jedná se o desetinné číslo. Odebráním nul na konci hodnotu čísla nezměníme.)

První nenulová číslice zleva zaujímá nejvyšší platné místo. Nejnižší platné místo zaujímá poslední platná číslice vpravo.

V matematických a fyzikálních tabulkách se uvádějí pouze platné číslice. Nemusí tomu tak být ve všech případech. Například v tabulkách pro základní školy není počet platných číslic vyznačen. Hodnoty jsou uvedeny tak, aby se s nimi žákům pracovalo co nejlépe.

## 2. Zaokrouhlování při sčítání a odečítání

U sčítání nalezneme nejnižší řád sčítanců, následně pak součet na tento řád zaokrouhlujeme. U odčítání platí stejné pravidlo.

$$1,268 \text{ m} + 3,287569 \text{ m} = 4,555569 \text{ m} \doteq 4,556 \text{ m}$$

$$1,256 \text{ m} + 2,3465 \text{ m} + 1,7 \text{ m} = 5,3025 \text{ m} \doteq 5,3 \text{ m}$$

## 3. Násobení, dělení, umocňování a odmocňování

U násobení a dělení se výsledek zaokrouhluje na tolik platných číslic, kolik jich má činitel s nejmenším počtem platných číslic. U umocňování a odmocňování má výsledek tolik platných číslic jako má základ.

## 4. Složitější výpočty

Jednotlivé výsledky, které získáváme v průběhu řešení, zaokrouhlujeme tak, aby měly o jednu platnou číslici více než jsme si uvedli v předchozích dvou bodech. Další výpočty provádíme s již zaokrouhlenými výsledky. Celkový výsledek se zaokrouhluje už podle pravidel uvedených v předešlých bodech.

## 1.9 PROBLÉMOVÉ ÚLOHY

Co si představit pod pojmem problémová úloha? Jedná se o úlohu, ve které má žák odpovědět na problém z teorie nebo z praxe. Úvahou musí zjistit postup řešení. Někdy je také na žákovi, aby zvolil fyzikální veličiny nutné k řešení. V různé literatuře se pro problémové úlohy používají různé názvy. Můžeme se setkat s označením kvalitativní úlohy, úsudkové úlohy, praktické otázky, prověřovací otázky či úlohy ve formě otázek. Ani jeden z těchto názvů však není zcela přesný.

Většina problémových úloh se řeší logickou úvahou. Aby žák úlohu vyřešil, musí znát fyzikální zákony. Mnohdy se v problémových úlohách nevyskytují žádné číselné hodnoty, neboť jsou v problémových úlohách nepodstatné. Dalším možným způsobem, jak řešit problémovou úlohu, je grafické nebo experimentální řešení. Nevylučuje se však ani řešení algebraické.

O problémové úloze bychom mohli říct, že je jedním z hlavních prostředků, jak u žáků rozvíjet fyzikální myšlení. Nemusí to být pouze ve škole, ale také doma, v případě, že učitel zadá žákům problémovou fyzikální úlohu za domácí úkol.

Ve výuce je třeba začít jednoduchými problémovými úlohami a pomalu jejich náročnost stupňovat.

### **1.9.1 ZPŮSOBY ŘEŠENÍ PROBLÉMOVÝCH ÚLOH**

Jak už jsem zmínila, v problémové úloze se řeší problém. Řešení problému má z psychologického hlediska několik fází:

1. objevení problému
2. řešení problému
3. nalezení řešení nebo zjištění neúspěchu
4. konečná kontrola, poslední úpravy řešení

Během řešení problémové úlohy, ať už jakýmkoli způsobem, bychom se těchto fází měli držet.

#### **Řešení heuristickým rozhovorem**

Prvním krokem řešení je nalezení problému obsaženého v úloze. Zpravidla se jedná o problém, který je pro žáky náročný.

Z hlediska strategie řešení si problém vhodně rozdělíme na několik méně náročných problémů. Samotné řešení začneme tím, že si stanovíme předběžný plán, jak úlohu vyřešit. Během toho však zjistíme, že k řešení úlohy je potřeba vyřešit problém, který se v zadání úlohy nevyskytuje. Ten je však jednodušší a snáze řešitelný. Po jeho vyřešení se nám otevře nová otázka či problém k řešení, který budeme řešit. Tímto způsobem postupujeme dál dokud nebudou zjištěny odpovědi na otázky ze zadání úlohy.

Při řešení složitějších problémových úloh by žák neměl vidět pouze jednotlivé dílčí úlohy, ale měl by se na úlohu dívat komplexněji, jako na celek. Měl by správně uvažovat a v úloze se orientovat. Učitel by měl žákům pomoci, aby získali návyk řešením problémových úloh. Při získávání návyku existují 3 stavy:

- a) Žák se seznamuje s řešením problémových úloh. Samostatně je řešit neumí, proto mu musí pomoci vyučující. Ten žákovi dává návodné otázky, kterými ho směřuje k nalezení řešení úlohy.

- b) Žák dokáže samostatně formulovat návodné otázky a dokáže na ně odpovídat. Žák je aktivní a plně iniciovaný. Učitel pouze kontroluje myšlenkové postupy žáka.
- c) Nejvyšší úroveň heuristického přístupu. Řešení úlohy tvoří logicky a fyzikálně spojené návrhy, teze vytvářející složitý řetězec

### **Grafický způsob řešení**

Řešení grafickým způsobem je názorné a v mnoha případech stručné. Používá se zejména tehdy, když jsou podmínky úlohy formulovány použitím grafu, obrázku, náčrtku, fotografie atd. Odpověď na otázku obsaženou v úloze získáme analýzou grafického záznamu. Grafický způsob řešení velmi cenný v případech, kde lze nakreslit posloupnost obrázků zachycující určité momenty fyzikálního děje.

### **Experimentální řešení**

Odpověď na otázku dostaneme na základě provedeného experimentu vhodně zařazeného do plánu řešení.

### **Algebraický způsob řešení**

Využívá se v případech, kdy je nutné vyjádřit vztahy mezi veličinami nebo je v požadavcích úlohy vyjádřit exaktně fyzikální myšlení. Samotné algebraické řešení je stejné jako u úloh neproblémových.

Některé problémové úlohy lze řešit několika způsoby. U některých úloh se dokonce vyžaduje spojit několik způsobů řešení dohromady. Z těchto důvodů nelze jednotlivé způsoby řešení od sebe jednoznačně separovat.

### **1.9.2 STRATEGIE ŘEŠENÍ PROBLÉMOVÝCH ÚLOH**

Nejprve se žák musí seznámit s podmínkami úlohy. Přečte si zadání úlohy, ujasní si neznámé pojmy, prohlédne obrázky a zapíše si zadání ve zkrácené formě. Následně se zaměří na studium podmínek. Analyzuje podmínky úlohy, rozebere fyzikální děje obsažené v úloze. Někdy je nutné stanovit dodatečné podmínky, aby získal jednoznačnou odpověď. Nejzásadnějším krokem je však sestavení plánu řešení. Musí zkonstruovat řetězec úsudků, na jehož počátku je problém dané úlohy a na konci jeho řešení. Po vyřešení se ověřuje správnost výsledku. Kontrola se většinou provádí tak, že se úloha vyřeší odlišným způsobem a sleduje se, zda se obě řešení shodují.

## 2 VÝUKA FYZIKÁLNÍCH ÚLOH NA FAKULTÁCH PŘIPRAVUJÍCÍCH UČITELE

Fyzikální úlohy by měly být nezbytnou součástí výuky fyziky nejen na základních školách, ale i na školách středních. Tvoří jeden ze základních pilířů výuky fyziky. Z tohoto důvodu je důležité, aby na školách vyučovali fyziku kvalifikovaní učitelé. Měli by být dostatečně vzdělaní a řádně proškolení. Příprava budoucích učitelů fyziky probíhá na devíti univerzitách v České republice, přičemž na některých z nich jsou budoucí fyzikáři připravováni na více než jedné fakultě. Na všech těchto univerzitách mají studenti ve studijním plánu didaktiku fyziky, nicméně jsou i univerzity, kde najdeme v příslušných studijních plánech i předměty zabývající se speciálně řešením fyzikálních úloh. Takové předměty jsou pro budoucí učitele velmi obohacující. Jejich prostřednictvím se seznámí s problematikou fyzikálních úloh a naučí se, jak správně vést žáky při jejich řešení. Navíc mají možnost si osvojit mnoho didaktických pomůcek, které se jim budou v budoucnosti při výuce hodit. Podívejme se proto nyní na jednotlivé univerzity a jejich předměty zabývající se řešením fyzikálních úloh. Údaje prezentované v této kapitole byly získány z informačních systémů jednotlivých univerzit. Příslušné odkazy na tyto stránky jsou uvedeny vždy u jednotlivých institucí.

### **Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem (UJEP) - <http://portal.ujep.cz>**

Na univerzitě v Ústí nad Labem probíhá odborná a oborově didaktická příprava budoucích učitelů fyziky výhradně na Přírodovědecké fakultě. Studenti navazujícího studia oboru Učitelství fyziky pro základní školy mají povinně tři předměty zabývající se fyzikálními úlohami. Každý z těchto předmětů je ukončen zápočtem a ohodnocen dvěma kredity. První z nich se nazývá Proseminář řešení fyzikálních úloh A ZŠ. Obsahem je řešení metodicky náročnějších úloh a úloh z fyzikálních olympiád. Druhým předmětem je Proseminář řešení fyzikálních úloh B ZŠ. Navazuje na Proseminář řešení fyzikálních úloh A ZŠ. Zabývá se úlohami zaměřenými na intuitivní představy žáků v oblasti kinematiky a dynamiky, ale také na intuitivní představy o gravitačním působení. Stejně jako v předchozím předmětu jsou součástí náročnější úlohy a úlohy z fyzikálních olympiád. Třetím předmětem je Proseminář řešení fyzikálních úloh C ZŠ, ve kterém studenti řeší úlohy zaměřené na intuitivní představy žáků v oblasti elektřiny, optiky a termiky.

Studenti navazujícího studia, oboru Učitelství fyziky pro střední školy mají povinný pouze jeden předmět zaměřený na řešení fyzikálních úloh. Nazývá se Proseminář řešení fyzikálních úloh B, je zakončen zápočtem a ohodnocen jedním kreditem. Studenti v rámci



předmětu řeší fyzikální úlohy z oblasti mechaniky, termiky, elektřiny a magnetismu, optiky a jaderné fyziky. Jedná se většinou o náročnější středoškolské úlohy a úlohy z přijímacích zkoušek na vysoké školy.

### **Západočeská univerzita v Plzni – <http://portal.zcu.cz>**

Na Západočeské univerzitě v Plzni probíhá příprava budoucích učitelů převážně na Fakultě pedagogické, v navazujícím studiu je určité zapojení Fakulty aplikovaných věd. V rámci bakalářského studia studují zájemci o učitelství fyziky studijní program Přírodovědná studia. V rámci studia mají povinně ve třetím ročníku předmět Řešení fyzikálních úloh. Jedná se o předmět ohodnocený dvěma kredity a zakončený zápočtem. V rámci předmětu si studenti osvojí metody řešení fyzikálních úloh na úrovni základěškolské, středoškolské, ale i vysokoškolské. Dále se seznámí s úlohami z fyzikálních olympiád.

V navazujícím magisterském studiu (ať už v rámci učitelství fyziky pro základní školy nebo v rámci učitelství fyziky pro střední školy) se studenti částečně setkávají s řešením fyzikálních úloh v předmětech zabývajících se didaktikou fyziky, samostatný předmět již v tomto stupni zařazen do studijního plánu není.

### **Univerzita Palackého v Olomouci - <https://stag.upol.cz/portal/>**

Na univerzitě v Olomouci se vyučuje pouze učitelství fyziky pro střední školy, učitelství fyziky pro základní školy zde nenajdeme. Odborná a oborově didaktická příprava budoucích fyzikářů probíhá v současné době výhradně na Přírodovědecké fakultě. Stejně jako na předchozích dvou univerzitách zde existuje předmět zabývající se pouze fyzikálními úlohami. Jmenuje se Řešení fyzikálních úloh a je povinný v navazujícím studiu. V rámci předmětu, který je zakončen kolokviem a ohodnocen třemi kredity, se řeší náročnější středoškolské úlohy s důrazem na metodiku řešení. Klade se důraz na možnosti využití počítačů při řešení a při jeho interpretaci. Dále se studenti mohou setkat s řešením fyzikálních úloh v didaktice fyziky stejně jako je tomu na Západočeské univerzitě v Plzni.

### **Univerzita Hradec Králové - <https://stag.uhk.cz/portal/>**

Na univerzitě v Hradci Králové se taktéž jako v Olomouci vyučuje pouze učitelství pro střední školy, příprava učitelů opět probíhá na Přírodovědecké fakultě. Výukou fyzikálních úloh se zabývají předměty Metody řešení fyzikálních úloh SŠ 1 a Metody řešení fyzikálních úloh SŠ 2. Oba předměty jsou ohodnoceny dvěma kredity a jsou zakončeny zápočtem. Jsou povinné v navazujícím studiu. První z předmětů podává základy k metodice řešení fyzikálních úloh a zaměřuje se na konkrétní řešení fyzikálních úloh ve

výuce fyziky. Druhý předmět aktivizuje tvůrčí schopnosti učitele fyziky. Učí ho pracovat s komplexními úlohami, vytvářet jednoduché fyzikální programy a měřit s počítačem. Částečně se studenti setkávají s řešením fyzikálních úloh už v bakalářském studiu, konkrétně v předmětu Obecná didaktika fyziky. Samostatný předmět zaměřený na řešení úloh však v bakalářském studijním plánu nenajdeme.

#### **Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích – <http://portal.jcu.cz>**

Na Jihočeské univerzitě je učitelství fyziky pro střední školy realizováno na Fakultě přírodovědecké, učitelství pro základní školy na Fakultě pedagogické. Ani v jednom případě však neexistuje předmět, který by se zabýval přímo fyzikálními úlohami. Metodika řešení fyzikálních úloh je obsažena pouze v předmětech zabývajících se didaktikou fyziky jako jedno z většího počtu řešených témat.

#### **Technická univerzita v Liberci - <https://stag.tul.cz/portal/>**

Na Technické univerzitě v Liberci se vyučuje na Fakultě přírodovědně-humanitní a Fakultě pedagogické jak učitelství fyziky pro střední školy, tak učitelství fyziky pro školy základní. Stejně jako na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích ani zde není žádný specializovaný předmět zabývající se fyzikálními úlohami. O fyzikálních úlohách se studenti učí pouze v rámci didaktiky fyziky.

#### **Ostravská univerzita v Ostravě - <http://portal.osu.cz>**

Na Ostravské univerzitě má učitelství fyziky pro střední školy i pro školy základní společný tematický plán. Nicméně ani zde neexistuje předmět, který by se zabýval přímo řešením fyzikálních úloh. Opět se studenti s metodikou řešení fyzikálních úloh setkávají jen v didaktice fyziky.

#### **Masarykovo univerzita Brno - <https://is.muni.cz/>**

Na Masarykově univerzitě v Brně je už situace jiná. Učitelství fyziky pro základní školy se zde vyučuje na Pedagogické fakultě. Speciální předmět zabývající se řešením fyzikálních úloh však zde nenajdeme. Fyzikální úlohy jsou částečně obsaženy v povinném předmětu Didaktika fyziky 1 a ve volitelném předmětu Fyzika v běžném životě. Učitelství fyziky pro střední školy se vyučuje na Fakultě přírodovědecké. V rámci tohoto oboru se zabývají řešením fyzikálních úloh hned dva povinné předměty: Středoškolská fyzika v příkladech 1 a Středoškolská fyzika v příkladech 2. Jejich cílem je, aby studenti získali rutinní

dovednosti řešení středoškolských příkladů i obtížnější úrovně. Oba předměty jsou zakončeny zápočtem a ohodnoceny dvěma kredity.

**Univerzita Karlova Praha - <https://is.cuni.cz>**

Na nejznámější univerzitě v České republice, Karlově univerzitě, se věnuje řešení fyzikálních úloh předmět Kvantitativní fyzikální úlohy. Jedná se o semináře věnované aktivitám zaměřeným na rozvoj vybraných dovedností při řešení kvantitativních fyzikálních úloh a možnosti jejich využití ve středoškolské výuce. Tento předmět je pouze volitelný, nikoli povinný. Další předmět zabývající se fyzikálními úlohami se jmenuje Seminář fyzikální olympiády I a zabývá se řešením úloh z fyzikálních olympiád. Stejně jako předchozí předmět není ani tento povinný, je rovněž pouze volitelný. Oba uvedené předměty jsou ohodnoceny jedním kreditem a zakončeny zápočtem. V rámci povinných předmětů se studenti setkají s řešením fyzikálních úloh pouze v didaktice fyziky.

Z uvedeného přehledu je patrné, že alespoň jeden povinný předmět zaměřený na řešení fyzikálních úloh najdeme na zhruba polovině fakult připravujících fyzikáře. Ve zbylých případech je tato problematika zahrnuta do didaktiky fyziky, která je v souladu s požadavky na akreditace zahrnuta na všech těchto fakultách. Je možné, že v minulosti bylo řešení fyzikálních úloh věnováno více prostoru, v souvislosti s posílením pedagogicko-psychologické stránky přípravy učitelů již nyní na podobně zaměřené předměty tolik prostoru nezbývá.

### 3 STUDIE TÝKAJÍCÍ SE VNÍMÁNÍ NÁROČNOSTI FYZIKÁLNÍCH ÚLOH

Rozdíl ve vnímání náročnosti fyzikálních úloh a jednotlivých fyzikálních oblastí mezi studenty a učiteli není do současné chvíle prozkoumaný. Spekuluje se, že pohled učitelů a studentů se v mnoha ohledech liší (Lingard et al., 2009) a mnohdy se velké rozdíly ve vnímání náročnosti úloh a jejich příčin objevují i mezi samotnými učiteli (Gunstone et al., 2009). Nicméně v České republice neexistuje žádná studie, která by tyto domněnky potvrdila nebo naopak vyvrátila. Situace není o moc lepší ani ve světě. Podrobné hledání pomocí nástrojů Web of Science a Google Scholar s využitím klíčových slov perceived difficulty + physics problems (resp. physics tasks) ukázalo, že je pouze 7 v angličtině psaných studií, které se touto problematikou zabývají způsobem, který je pro tuto diplomovou práci relevantní. Ve všech případech se jedná o studie kvantitativní a empirické. S jednotlivými studii se podrobně seznámíme v nadcházejících podkapitolách. Velmi často se uvedené studie teoreticky opírají o paradigma expert- začátečník prezentované Larkinem et al. (1980).

#### 3.1 JUDGMENTS OF PHYSICS PROBLEM DIFFICULTY AMONG EXPERTS AND NOVICES

Jedná se o nejdůležitější studii zabývající se vnímáním náročnosti fyzikálních úloh. Velmi se podobá výzkumu, který je proveden v mé diplomové práci. Autoři studie (Fakcharoenphol et al., 2015) jsou Witat Fakcharoenphol, José P. Mestre, oba z Univerzity Illinois v Urbana Champaign, a Jason W. Morphey z Kasetsartské univerzity. Jednalo se tedy o americko-thajskou spolupráci. Článek o studii dokonce vyšel v prestižním časopise Physical Review Special Topics – Physics Education Research v listopadu 2015. Název studie je v překladu Posouzení náročnosti fyzikálních problémů experty a začátečníky. Cílem bylo zjistit, jak se liší v hodnocení náročnosti fyzikálních úloh experti a začátečníci, dále pak najít důvody, proč jsou některé úlohy pro studenty těžší a jiné lehčí. V rámci studie proběhly dva experimenty. První experiment probíhal pomocí dotazníku, v němž bylo obsaženo 78 dvojic fyzikálních úloh. Jednalo se o uzavřené úlohy s výběrem správné odpovědi ze tří resp. z pěti nabízených možností. Zadavatelé znali reálnou úspěšnost odpovědí, proto mohli úlohy do dvojic zařadit tak, aby měly velkou rozdílnost v úspěšnosti. Poté dotazníky rozdali studentům a učitelům. Ti měli určit, která z úloh ve dvojici je náročnější a proč. Odpovědi na otázku „Proč je daná úloha náročnější?“ byly kategorizovány do 11 kategorií (distraktor, formulace zadání, vícekrokové řešení apod.). Druhý experiment byl podobný prvnímu. Lišil se akorát tím, že v dotazníku bylo zadáno

méně dvojic fyzikálních úloh. Dotazníky byly posléze rozdány studentům doktorského studia. Ti pouze hodnotili, která z úloh je náročnější. Nemuseli už uvádět z jakého důvodu.

Vzhledem k tomu, že zadavatelé znali skutečnou úspěšnost studentů při řešení těchto fyzikálních úloh, mohli je srovnávat s odhady učitelů, doktorandů a studentů. 96 % učitelů odhadlo správně, která z úloh je náročnější. Doktorandů už bylo méně, přesto se jedná o poměrně velké procento, 87 %. Podle očekávání nejhorší odhad měli studenti, přibližně 70 %.

### 3.2 INVESTIGATING THE PERCEIVED DIFFICULTY OF INTRODUCTORY PHYSICS PROBLEMS

V překladu se tato studie nazývá Vnímání náročnosti základních fyzikálních problémů (Gire a Rebello, 2010). Autory jsou Elizabeth Gire a N. Sanjay Rebello. Byla vypracována ve Spojených státech amerických na Kansaské státní univerzitě. Cílem studie bylo nalezení vztahu mezi hodnocením obtížnosti fyzikální úlohy, komplexností úlohy a obeznámením s problémem úlohy. Výzkum probíhal pomocí dotazníků, v nichž se vyskytovaly úlohy na práci, energii a úlohy z kinematiky. Výzkumu se účastnilo 21 studentů a 16 učitelů. Ti hodnotili, jak vnímají náročnost dané úlohy na škále 1 až 10. U všech úloh zadavatelé znali skutečnou úspěšnost studentů při řešení, proto následně mohli porovnávat, jak se liší hodnocení náročnosti úloh studenty a učiteli od reálné náročnosti. Výsledky studie ukázaly, že u studentů je vysoká korelace mezi hodnocením náročnosti úloh a skutečnou náročností, korelační koeficient činil 0,76. U hodnocení náročností úloh učiteli je korelační koeficient ještě větší a to 0,89. Učitelé tedy měli lepší odhad než studenti. Dále se ukázalo, že zásadní roli při hodnocení náročnosti úloh u studentů hraje známost problému vyskytujícího se v úloze. Korelační koeficient vyšel 0,95. U učitelů hodnocení náročnosti ovlivňuje komplexnost úlohy, kdy je řešení vícekrokové. Korelační koeficient činil v tomto případě 0,84.

### 3.3 TEACHERS' AND STUDENTS' PERCEPTIONS OF STUDENTS' PROBLEM-SOLVING DIFFICULTIES IN PHYSICS: IMPLICATIONS FOR REMEDIATION

Autorem studie s názvem Vnímání náročnosti řešení fyzikálních problémů studenty a učiteli: Možnosti nápravy (Ogunleye, 2009) je Ayodele O. Ogunleye z Univerzity v Lagosu. Článek o studii vyšel v listopadu 2009 v časopise Journal of College Teaching & Learning. Cílem studie bylo zjistit, co podle studentů a učitelů způsobuje problémy při řešení úloh a co by mohlo pomoci ke zlepšení. Výzkum probíhal v obecné rovině.

Studentům a učitelům byly rozdány dotazníky s tvrzeními, které vyjadřovaly několik důvodů, jež by mohly způsobovat problémy při řešení úloh. Mezi tvrzeními bylo například nedostatečné porozumění problému, chybějící matematické dovednosti či nevyhovující učebnice. Tvrzení bylo 10 a ke každému měli respondenti napsat, zda s ním rozhodně souhlasí, souhlasí, nesouhlasí, rozhodně nesouhlasí nebo nejsou rozhodnutí. Výzkumu se účastnilo 16 učitelů a 210 studentů. Stejně tak bylo formulováno i 10 tvrzení s návrhy opatření vedoucích ke zlepšení. Studenti označili jako největší problém nedostatečné porozumění problému, na druhém místě pak nepostačující procvičení řešení problému ve třídě. Podle učitelů jsou největším problémem při řešení fyzikálních problémů nedostačující matematické znalosti. Celkově se učitelé a studenti shodli v 60 – 70 %.

**Table 1: Pooled Frequency Categories and Index of Agreement of Physics Students and their Teachers on the Reasons for Students Difficulties in Solving Physics Problems**

	STATEMENT	SA	A	UN	DA	SD	INDEX OF AGREEMENT
1.	Insufficient laboratory practical work in the topic area.	74	42	38	29	23	0.63
2.	Inability to remember the necessary equations to solve the problem	68	77	33	16	13	0.70
3.	Lack of understanding of the problem	98	71	21	12	5	0.78
4.	Not having enough practice in problem-solving in class	104	59	22	14	7	0.78
5.	Students poor understanding of the necessary mathematical skills	89	82	16	14	6	0.78
6.	Poor understanding of the physics definitions, principles and rules involve.	73	74	19	26	15	0.70
7.	Poor teaching and lack of motivation from the teacher.	83	51	26	26	20	0.68
8.	Insufficient home assignments or exercises on physics problems.	68	70	33	17	19	0.68
9.	Confusion arising from units and their conversions.	48	77	40	27	15	0.63
10.	Lack of good textbooks or course materials on physics problems.	48	51	30	37	41	0.53

SA – Strongly Agree, A – Agree, DA – Disagree, SD – Strongly Disagree, UN – Undecided

Obrázek 2: Příčiny problémů při řešení fyzikálních úloh (převzato z Ogunleye, 2009)

Zajímavý výsledek z pohledu českých pedagogů vyšel v této studii u návrhů na zlepšení. Studenti nejčastěji (poněkud překvapivě) odpovídali, že by jim při řešení fyzikálních problémů pomohlo více domácích úkolů a pracovních listů.

### 3.4 TEACHER'S AND STUDENT'S PERCEPTIONS OF PROBLEM SOLVING DIFFICULTIES IN PHYSICS

Autorem studie s názvem Vnímání náročnosti řešení fyzikálních problémů studenty a učiteli (Johnson, 2012) je N. Johnson z Indie (Perunthalaivar Kamarajar College Of Education Karaikal, U. T Of Puducherry). Cílem studie bylo nalézt, co způsobuje problémy při řešení fyzikálních úloh. Cíl je tedy téměř totožný s cílem studie 3.3., pouze se zde autor nezabývá žádnými návrhy na zlepšení. Také samotný výzkum má se studií 3.3.

mnoho společného, neboť dotazník obsahuje 10 zcela stejných tvrzení. Autor přitom uvedenou studii necitoval a dokonce uvedl, že použitý dotazník je vlastní výroby, čímž se dopustil plagiátorství. Výzkumu se účastnilo 130 studentů a 20 učitelů. Jako největší problém studenti označili nedostatečné porozumění problému a chybějící matematické znalosti. Učitelé se se studenty shodli v poměrně významném procentu.

V rámci studie N. Johnson vypracoval rovněž strategii řešení problémů, kterou ve své studii zveřejnil.

**Problem solving Strategies:**

1. Identification of the problem
2. Diagrammatic scheme of a problem or Mind Mapping/ Graphic organizer
3. Statement of the problem
4. Dissection
5. Exploration
6. Analyze
7. Organize
8. Generating solution
9. Verification/ Revision



Obrázek 3: Strategie řešení problému dle N. Johnsona (převzato z Johnson, 2012)

### 3.5 FACTORS AFFECTING STUDENTS' PERCEPTIONS OF DIFFICULTY IN CALCULUS WORD PROBLEMS

Studii s názvem Faktory ovlivňující vnímání obtížnosti slovních úloh studenty (Craig, 2001) provedl Tracy Craig na Univerzitě v Kapském Městě v Jihoafrické republice. Snažil se zjistit, jak na celý pohled nahlízejí studenti a jejich učitelé. Výzkumu se účastnilo 660 studentů a 20 učitelů. Jednalo se o dotazník, ve kterém byly dvojice úloh. Úkolem bylo úlohy v každé dvojici porovnat a určit jaká z nich je obtížnější. Vždy proti sobě stály úlohy z různých kategorií, do nichž byl rozděleny dle následujících kritérií:

	<b>Typ úlohy</b>	<b>Způsob řešení</b>	<b>Vizuální reprezentace</b>
A	konkrétní	algoritmické	ne
B	konkrétní	algoritmické	ano
C	abstraktní	algoritmické	ano
D	abstraktní	algoritmické	ne
E	konkrétní	algoritmické	ano

Tabulka 1: Kategorizace úloh v rámci studie

Na základě odpovědí byla vytvořena hierarchie obtížnosti slovních úloh. Rozhodující vliv při řešení slovních úloh měla znalost úlohy. V případě, že se studenti s úlohou typově již setkali, hodnotili jí jako méně náročnou, než když se s ní neseťkali. Na druhém místě studenti odpovídali, že se jim lépe řeší úlohy konkrétní než abstraktní. Třetím faktorem ovlivňujícím náročnost úlohy je grafické ztvárnění úlohy. Úloha s grafem, diagramem, schématem se dle autora studentům řeší lépe.

Mezi odpověďmi studentů a učitelů byla malá korelace. Podrobnější analýza toho, jak situace skutečně vypadala, však není ve studii obsažená.

### 3.6 SCIENCE TEACHERS' AND STUDENTS' PERCEIVED DIFFICULT TOPICS IN THE INTEGRATED SCIENCE CURRICULUM OF LOWER SECONDARY SCHOOLS IN BARBADOS

Studie s názvem Jak vnímají učitelé a studenti náročnost témat v přírodních vědách na středních školách na Barbadosu (Ogunkola a Samuel, 2011) byla publikována v říjnu 2011 v časopise World Journal of Education. Autory jsou Babalola J. Ogunkola a David Samuel, oba z Univerzity Západní Indie na Barbadosu. Cílem studie bylo zjistit, jak vnímají studenti a učitelé obtížnost témat v přírodních vědách a jak se jejich pohledy od sebe



odlišují. Je zajímavé, že se mimo jiné autoři zaměřili také na informace o studentech, konkrétně na jejich zájem o vědu a studijní návyky. Výzkumu se účastnilo 200 studentů a 30 učitelů. Dostali dotazníky, které obsahovaly 26 přírodovědných témat. Na škále od 1 do 100 museli zaznamenat, jak se jim témata zdají obtížná. Studenti navíc dostali dotazník, v němž měli uvést již zmiňovaný zájem o vědu a studijní návyky. Výsledky ukázaly, že nejnáročnější se studentům jeví plánování a design fyzikálních a chemických experimentů a příklady fyzikálních a chemických procesů v domácnosti. Je krásně vidět, že se jednalo o témata spojená s fyzikou a chemií. Učitelům se zdála nejobtížnější geometrická optika. Celkově se názory učitelů a studentů výrazně odlišovaly, byla mezi nimi je jen malá korelace. V rámci studie nebyl prokázán ani vliv zájmů studentů o vědu a studijních návyků na vnímání náročnosti témat v oblasti přírodních věd.

### 3.7 IDENTIFICATION OF DIFFICULT CONCEPTS IN SENIOR SECONDARY SCHOOL TWO (SS2) PHYSICS CURRICULUM IN RIVERS STATE, NIGERIA

Autory studie (Obafemi a Onwioduokit, 2013) jsou Deborah T. A. Obafemi a Fidelis A. Onwioduokit z Univerzity v Portu Harcourtu (Nigérie). V překladu název studie znamená Identifikace náročnosti konceptů středoškolského fyzikálního kurikula v Rivers State, Nigérii. Článek o studii vyšel v prosinci 2013 v časopise Asian Journal Education and e-Learning. Cílem studie bylo zjistit, jaký z 16 konceptů (témat) fyziky dělá studentům největší problémy a následně porovnat hodnocení obtížnosti fyzikálních témat učiteli a studenty. Výzkum probíhal prostřednictvím dotazníků. V dotazníku byl 16 témat, studenti a učitelé na škále od 1 do 5 uváděli jejich náročnost.

Výzkumu se účastnilo 600 studentů a 105 učitelů fyziky. Počet respondentů byl tedy poměrně velký. Studenti označili za nejnáročnější téma užití světelných vln a zvukové vlny a jejich aplikaci. Učitelům se jeví nejobtížnější teplo, energie a jejich měření. Naopak jako nejjednodušší označili učitelé vrhy. Z pohledu českých pedagogů je tento výsledek poněkud překvapivý. Shoda mezi studenty a učiteli byla poměrně malá.

## 4 STUDIE ZAMĚŘENÁ NA VNÍMÁNÍ NÁROČNOSTI FYZIKÁLNÍCH ÚLOH

V rámci mé diplomové práce jsem vypracovala studii zabývající se subjektivním vnímáním náročnosti fyzikálních úloh studenty a učiteli. Obtížnost fyzikálních úloh se řeší dnes a denně, ať už mezi studenty nebo učiteli. Přesto je dodnes chápána intuitivně. Motivací k výzkumu mi byl zejména fakt, že doposud nebyla problematika vnímání náročnosti fyzikálních úloh dostatečně prozkoumaná. V dosavadních výzkumech je shoda mezi studenty a učiteli někdy i menší než 50 % (Lingerd at al., 2009). Velké rozdíly ve vnímání náročnosti úloh a jejich příčin se objevují i mezi samotnými učiteli (Gunstone at al., 2009). Prakticky nulová pozornost byla věnována tomu, jaké rysy úlohy mají hlavní vliv na to, jak je vnímána z hlediska obtížnosti. Ve své studii jsem se proto na tyto rysy snažila zaměřit. Dále jsme se snažila zaměřit na rozdíly v hodnocení náročnosti úloh mezi učiteli a studenty, na vliv výsledků studentů ve fyzice a matematice v hodnocení náročnosti, na vliv alternativních metod řešení apod.

### 4.1 CÍLE STUDIE

Jak už vyplývá z názvu diplomové práce, hlavním cílem studie bylo zjistit, jak vnímají náročnost fyzikálních úloh studenti a jak učitelé. Popřípadě, jak se jejich pohledy od sebe liší. K tomu, abych tento cíl splnila, musela jsem se problematikou zabývat podrobněji a stanovit si několik podrobnějších cílů. Konkrétně jsem na základě studia literatury a konzultací s vedoucím práce určila následující čtyři:

- Prozkoumat, do jaké míry se v hodnocení náročnosti úloh shodují učitelé a studenti a jakou roli hrají v hodnocení náročnosti úloh výsledky studentů ve fyzice a matematice.
- Zjistit, jaké konkrétní rysy úloh mají zásadní vliv na vnímanou náročnost fyzikálních úloh.
- Provéřit vliv alternativních metod řešení úloh na vnímanou náročnost.
- Zjistit, zda je možné vypořádat společné trendy pro větší skupiny fyzikálních úloh nebo zda hrají při hodnocení náročnosti úloh zásadní roli konkrétní rysy úlohy.

## 4.2 METODOLOGIE

Připravila jsem sešit složený z několika listů, v němž bylo zadáno a podrobně vyřešeno následujících 5 fyzikálních úloh z klasické mechaniky.

1. Těleso padá volným pádem z výšky 45 m. Určete dobu jeho pádu a rychlost dopadu. Tíhové zrychlení je  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .
2. Těleso urazilo při volném pádu posledních 60 m dráhy za dvě sekundy. Jak dlouho a z jaké výšky těleso padalo? Tíhové zrychlení je  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .
3. Řidič automobilu začne při rychlosti  $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  brzdit. Automobil se při brzdění pohybuje se stálým zrychlením o velikosti  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Určete dobu, za kterou automobil zastaví, a vypočtete brzdnu dráhu. Nakreslete graf závislosti dráhy automobilu na čase.
4. Jaká je nejkratší vzdálenost, na které může zastavit automobil, který jede po vodorovné silnici rychlostí  $72 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , je-li součinitel smykového tření mezi pneumatikami a povrchem vozovky 0,25? Předpokládejte, že automobil jede s vyřazeným rychlostním stupněm, a všechny další odporové síly zanedbejte.
5. Osobní automobil se rozjíždí po vodorovné silnici se zrychlením velikosti  $a_v = 2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  a při stálém stoupání se zrychlením velikosti  $a_s = 1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Vypočtete úhel stoupání za předpokladu, že se tahová síla motoru ani valivý odpor nezměnily. Odpor vzduchu zanedbejte.

Všechny úlohy se týkaly učiva 1. ročníku gymnázia. Volila jsem je tak, aby se od sebe odlišovaly náročností a měly různé postupy při řešení. U druhé a čtvrté úlohy jsem zpracovala dva alternativní způsoby řešení.

Následně jsem vytvořila dotazník pro studenty a učitele. U každé úlohy bylo uvedených 12 rysů, které měli jak studenti, tak učitelé ohodnotit na škále 0-100 %. Dále byla uvedena u každé úlohy otázka na celkovou náročnost a otázka na odhadovanou úspěšnost při řešení, pokud by studenti řešili úlohu zcela samostatně. U úloh se dvěma alternativními řešeními bylo úkolem označit preferovaný způsob řešení. Jak dotazník skutečně vypadal a jaké konkrétní rysy úloh obsahoval, ukazuje nadcházející obrázek. Úplné zadání a řešení fyzikálních úloh je společně s dotazníky pro učitele a studenty uvedeno v příloze této práce na CD.

matematicky jednoduchá	0 % .....	100 %	matematicky náročná
nevyžadující rozvinuté fyzikální myšlení	0 % .....	100 %	vyžadující rozvinuté fyzikální myšlení
typová/základní	0 % .....	100 %	netypová/rozšiřující
zajímavá	0 % .....	100 %	nudná
snadno představitelná (jednoznačně zadaná)	0 % .....	100 %	obtížně představitelná (nejednoznačně zadaná)
nezáludná	0 % .....	100 %	záludná (svádějící k chybě)
časově nenáročná	0 % .....	100 %	časově náročná
jednokroková	0 % .....	100 %	víceokroková
hezká	0 % .....	100 %	ošklivá
neužitečná	0 % .....	100 %	užitečná
neselektivní (neodliší dobré studenty od méně dobrých)	0 % .....	100 %	selektivní
zaměřená spíše na mechanickou znalost vzorečků	0 % .....	100 %	zaměřená spíše na porozumění principům

Nyní uveďte jedním číslem, jaká je podle Vás souhrnná obtížnost dané úlohy (vztaženo ke standardům 3. ročníku všeobecného čtyřletého gymnázia): ..... %

Kolik procent studentů 3. ročníku na průměrném gymnáziu by podle Vás tuto úlohu dokázalo vyřešit **správně** (s použitím tabulek a kalkulačky, ale bez předchozího upozornění a opakování mechaniky):  
 ..... %

Obrázek 4: Ukázka dotazníku pro studenty a učitele

Je patrné, že jsem zařadila i rysy subjektivně zabarvené. Jedná se o dvojici hezká x ošklivá nebo třeba zajímavá x nudná.

Sběr dat probíhal na vybraných gymnáziích v Plzeňském a Jihočeském kraji (konkrétně v Plzni, Strakonících a ve Vimperku). Výzkumu se účastnili učitelé fyziky na středních školách a studenti 3. ročníků čtyřletého gymnázia a 7. ročníků gymnázia osmiletého. Vyplnění dotazníku zabralo cca 30 minut. Studenti vyplňovali dotazník přímo v hodinách fyziky. Dotazník byl anonymní, vyplnění bylo nepovinné. Před samotným rozdělením byli seznámeni s předmětem výzkumu a s tím, jak budou následně data zpracovány a prezentovány. Mimo charakteristické rysy vztahující se k úlohám byl dotazník doplněn o několik dalších položek. Studenti měli uvést, jakou měli známku z matematiky a fyziky na posledním vysvědčení, jak hodnotí své znalosti z fyziky nebo zda je fyzika jejich oblíbený předmět. Učitelé dotazník vyplňovali po dohodě ve svém volném čase. Byl rovněž

anonymní. V rámci doplňkových položek měli zaznamenat počet let praxe či preferovaný předmět v rámci jejich aprobace.

Ve všech případech studenti a učitelé dostali sešit s 5 podrobně vyřešenými úlohami. Jejich úkolem bylo si úlohy podrobně přečíst a následně vyplnit dotazník.

Nasbíraná data jsem přepsala do Excelu, kde jsem je následně zpracovala prostřednictvím základní analýzy dat. Konkrétně jsem využila deskriptivní statistiku, korelační analýzu s testy shod korelačních koeficientů, regresní analýzu a t-test střední hodnoty.

### 4.3 SOUBOR RESPONDENTŮ

Výzkumu se zúčastnilo 96 studentů z celkem 5 tříd. Polovina studovala gymnázium čtyřleté, druhá polovina gymnázium osmileté. Jednalo se o 62 dívek a 34 chlapců. Ve vzorku respondentů tedy bylo skoro dvakrát více dívek než chlapců. Oblíbenost fyziky na škále 0-100 % byla v průměru pouze 38,5 %. Tím se potvrdilo, že fyzika není mezi studenty oblíbeným předmětem. Vlastní znalosti ve fyzice studenti odhadovali v průměru na 40. percentil. Co se týká známek z fyziky a matematiky na vysvědčení, bylo mezi nimi nejvíce jedniček, poté následovaly dvojky. Dokonce se vyskytly i pětky. Přesné složení známek je zachycené v následující tabulce.

známka	1	2	3	4	5	neuv.
<b>MAT</b>	32	29	20	11	1	3
<b>FYZ</b>	40	23	25	6	1	1

Tabulka 2: Znamky studentů z matematiky a fyziky

Dále se výzkumu účastnilo 18 učitelů, z toho 9 mužů a 9 žen. Průměrně délka jejich pedagogické praxe byla 22,6 roku (rozpětí 3–38 let). Ve většině případech se tedy jednalo o zkušené pedagogy. Žádný z učitelů nebyl úplný začátečník. Většina z nich měla aprobaci matematika-fyzika. V rámci aprobace zpravidla neupřednostňovali žádný předmět.

V případě, že v dotaznících chyběly nějaké údaje, byly nahrazeny průměrem. Chybělo však méně než 1 % dat, tudíž zanedbatelné množství neovlivňující podstatně dále prezentované výsledky.

### 4.4 VÝSLEDKY

Nejdůležitější částí studie jsou získané výsledky a jejich interpretace. V této podkapitole nalezneme odpověď na otázku, jak vnímají náročnost fyzikálních úloh studenti a jak učitelé, jaké rysy ovlivňují hodnocení úloh z hlediska obtížnosti, zda se na úspěšnosti

řešení projevuje zvolený způsob řešení či zda existuje souvislost mezi známkami z matematiky a fyziky a hodnocením náročnosti fyzikálních úloh.

#### 4.4.1 HODNOCENÍ ÚLOH Z HLEDISKA OBTÍŽNOSTI A ODHADOVANÉ ÚSPĚŠNOSTI

Celková obtížnost	Ú1	Ú2	Ú3	Ú4	Ú5
Studenti – průměr (%)	21,1	43,5	39,4	57,3	63,3
Učitelé – průměr (%)	17,8	70,3	37,8	53,1	66,9
P-hodnota t-testu	0,46	<b>&lt;0,001</b>	0,77	0,42	0,54

Tabulka 3: Vnímaná obtížnost u jednotlivých úloh studenty a učiteli

U téměř všech úloh se studenti a učitelé v hodnocení vnímané náročnosti shodují. Větší rozdíl je pouze u druhé úlohy. Studentům se tato úloha zdá snadná, učitelům nikoli. Jedná se o typ úlohy, kdy si studenti přečtou vzorové řešení a řeknou si: „Vždyť je to jasné!“. Pokud by však měli problém vyřešit samostatně, značná část z nich nejspíše ani nedostane prvotní nápad nezbytný k řešení úlohy. Učitelé si jsou tohoto problému vzhledem ke svým zkušenostem spíše vědomi, a proto hodnotí úlohu jako obtížnější.

Jako nejobtížnější hodnotí studenti úlohu číslo 5, učitelé jí vnímají také jako poměrně náročnou, nikoli však nejnáročnější. Jako nejnáročnější označují zmiňovanou úlohu číslo 2. Na nejjednodušší úloze se studenti s učiteli shodují. Jedná se úlohu číslo 1. V úloze číslo 3 se v rámci řešení vyskytuje graf, přesto jí učitelé a studenti vnímají jako jednu z těch méně obtížných.

Hodnocení učitelů a studentů pro mě není žádným překvapením. Když jsem sestavovala 5 úloh, skutečně jsem první úlohu volila tak, aby byla nejlehčí a poslední, pátou, jako nejnáročnější. Trochu mě překvapilo procento u hodnocení náročnosti druhé úlohy učiteli. Nečekala jsem, že bude až tak vysoké. Spíše jsem si myslela, že nepřesáhne 60 %. Ostatní hodnoty víceméně splnily má očekávání.

Charakteristika	Známka z M	Známka z Fy
Matematická náročnost	<b>0,358</b>	<b>0,341</b>
Vyžadující fyz. myšlení	0,131	<b>0,209</b>
Typovost	0,166	0,190
Zajímavost	0,094	0,192
Představitelnost	0,166	0,210
Záludnost	0,130	0,232
Časová náročnost	<b>0,240</b>	<b>0,266</b>
Víceřokovost	0,073	0,118
Hezká x ošklivá	0,118	<b>0,222</b>
Užitečnost	-0,047	-0,144
Selektivnost	0,013	0,087
Zaměření na principy	-0,005	0,066
Celková obtížnost	0,121	0,147
Odhad úspěšnosti	0,025	-0,091
Oblíbenost fyziky	<b>-0,370</b>	<b>-0,490</b>
Odhadovaný percentil vlastních znalostí	<b>-0,628</b>	<b>-0,635</b>

Tabulka 4: Korelace mezi známkou z matematiky resp. fyziky a hodnocením rysů úloh, celkové obtížnosti a dalšími aspekty u studentů (průměrováno za všech pět úloh).

Je důležité se zaměřit i na to, jak souvisí hodnocení obtížnosti úloh jako celku a jejich jednotlivých rysů s výsledky studentů v matematice a fyzice. Jak je vidět z tabulky 4, korelační koeficienty nejsou ve většině případech statisticky významné. Lze tedy říci, že se nepotvrdila žádná významná souvislost mezi známkou z matematiky resp. z fyziky a hodnocením jednotlivých rysů úloh, celkové obtížnosti a dalšími aspekty. Vyšší kladné korelační koeficienty vyšly u časové a matematické náročnosti. Z toho vyplývá, že studentům s horším hodnocením se zdá být řešení fyzikálních úloh matematicky náročnější a trvá jim delší dobu než studentům s hodnocením lepším. Dále se mírně prokázalo, že studenti s horší známkou z fyziky označují uvedené fyzikální úlohy jako ošklivější a tvrdí, že vyžadují více fyzikálního myšlení. Nicméně se neprokázalo, že by na celkové hodnocení náročnosti úlohy a odhadovanou úspěšnost při řešení měly vliv výsledky studentů ve fyzice a v matematice. Překvapivé nejsou ani výrazné záporné korelace mezi

známkami z matematiky a fyziky na straně jedné a oblíbeností fyziky resp. odhadovaným percentilem vlastních znalostí na straně druhé.

Odhadovaná úspěšnost	Ú1	Ú2	Ú3	Ú4	Ú5
Studenti – průměr (%)	63,6	45,7	52,9	38,0	31,6
Učitelé – průměr (%)	62,8	18,6	37,2	32,8	23,9
P-hodnota t-testu	0,90	<0,001	<b>0,009</b>	0,33	0,16

Tabulka 5: Odhadovaná úspěšnost u jednotlivých úloh učiteli a studenty

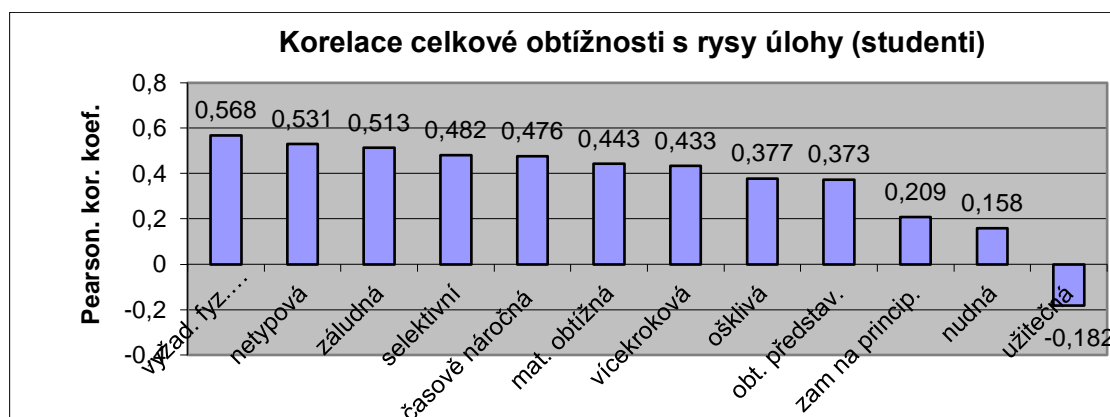
Z hlediska srovnání odhadované úspěšnosti mezi učiteli a studenty (tabulka 5) je patrné, že u všech úloh studenti odhadovali větší úspěšnost než učitelé. U úlohy číslo 2 je rozdíl největší, odhadovaná úspěšnost studenty se od odhadované úspěšnosti učitelů liší téměř o 30 procentních bodů. U ostatních úloh se odhadovaná úspěšnost studentů a učitelů tolik neliší.

Nejnižší úspěšnost učitelé přiřadili úloze číslo 2, naopak nejvyšší úspěšnost úloze číslo 1. Hodnocení koresponduje s hodnocením náročnosti úloh. Úlohu 2 označili učitelé jako nejnáročnější, proto zde k ní přiřadili nejnižší úspěšnost. Úlohu 1 vnímali jako lehkou, proto u ní odhadují úspěšnost vysokou. Studenti, stejně jako učitelé, přiřadili nejvyšší úspěšnost úloze 1, nejnižší úspěšnost pak úloze číslo 5. I u studentů, stejně jako u učitelů, korespondují výsledky s hodnocením náročnosti jednotlivých úloh.

Také v tomto případě mě výsledky nepřekvapují. Předpokládala jsem, že v úloze 1 by měli být studenti neúspěšnější. Nejmenší úspěšnost jsem čekala u úlohy číslo 5, neboť řešení úlohy je fyzikálně obtížné. Studenti mou domněnku potvrdili. Učitelé nejnižší odhadovanou úspěšnost poněkud překvapivě přiřadili úloze 2.

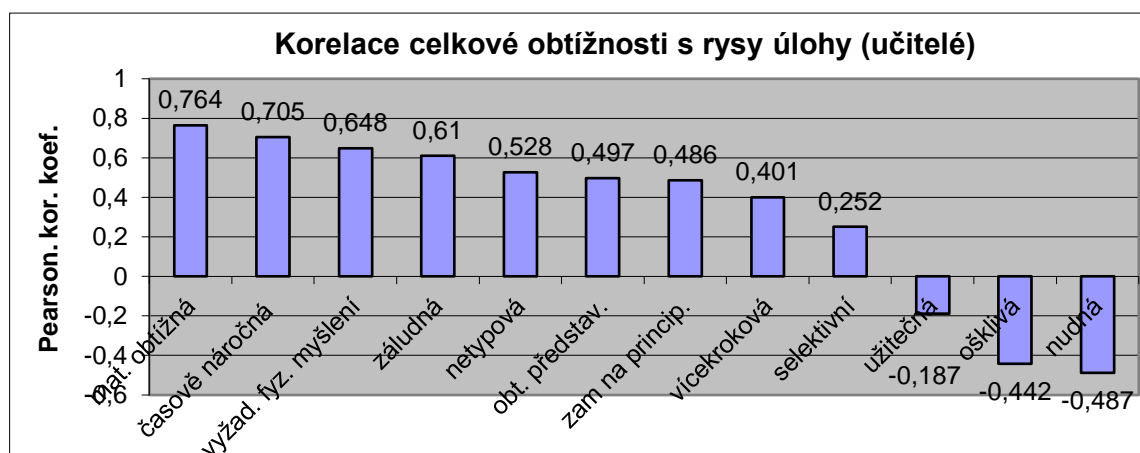


#### 4.4.2 VLIV RYSŮ KONKRÉTNÍCH FYZIKÁLNÍCH ÚLOH NA JEJICH HODNOCENÍ Z HLEDISKA OBTÍŽNOSTI



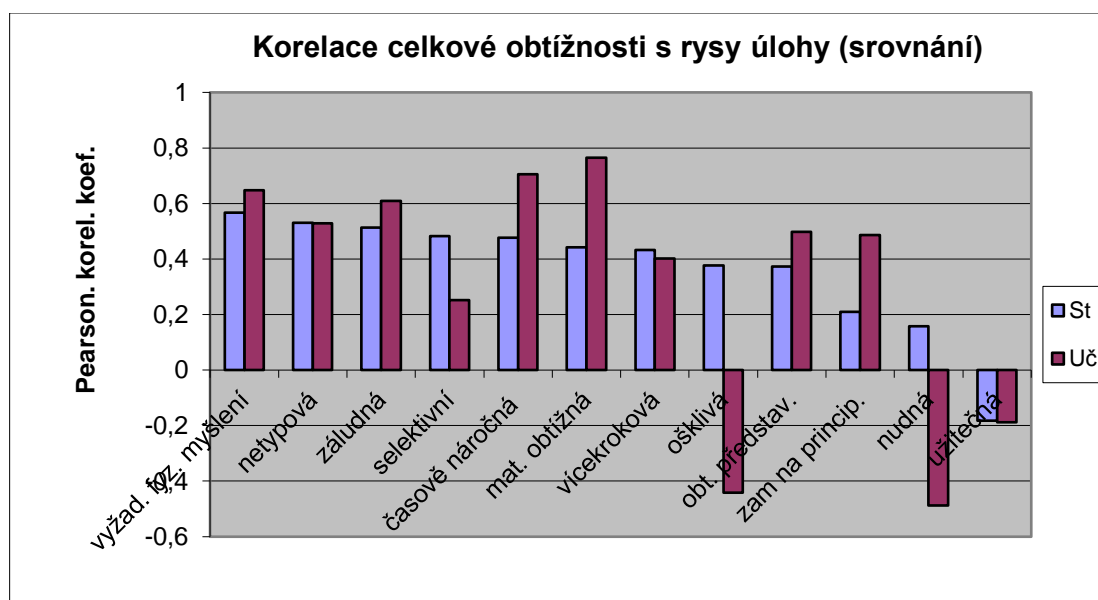
Graf 1: Korelace celkové obtížnosti s rysy úlohy (studenti)

Největší průměrná korelace (přes všech pět úloh) celkové obtížnosti s rysy úlohy vyšla v množině studentů u rysu „vyžadující fyzikální myšlení“ (viz graf 1). Přesná hodnota korelačního koeficientu činí 0,568. Je tedy krásně vidět, že úloha, která vyžaduje při řešení fyzikální myšlení je pro studenty mnohem náročnější než úloha, při jejímž řešení se fyzikální myšlení nevyžaduje. Vysoká korelace byla zaznamenána rovněž u rysů „netypová“ a „záludná“. Záludné a netypové úlohy vnímají studenti taktéž jako náročné. Je poněkud překvapivé, že rys „matematicky obtížná“ se umístil až na šestém místě. Podle studentů tedy matematická obtížnost nehraje až tak velkou roli v celkovém hodnocení náročnosti úlohy, jak by se mohlo na první pohled zdát. S poměrně vysokým kladným koeficientem vyšel dokonce i rys „ošklivá“. Naopak souvislost mezi náročností úlohy a její užitečností se nepotvrdila. Korelační koeficient vyšel záporný, konkrétní hodnota činí -0,182. Seřazení rysů sestupně podle Pearsonova korelačního koeficientu bylo potvrzené i multilinéárními regresními modely s poměrně vysokou hodnotou spolehlivosti  $R^2 \approx 0,5$ .



Graf 2: Korelace celkové obtížnosti s rysy úlohy (učitelé)

Zcela jiná situace nastává u učitelů (viz graf 2). Velmi vysoké průměrné korelace u učitelů vyšly pro rysy „matematicky obtížná“, „časově náročná“ a „vyžadující fyzikální myšlení“. Zde se prokazatelně ukázalo, že existuje souvislost mezi obtížností úlohy a těmito rysy. Naopak záporné korelace vyšly u rysů „užitečná“, „ošklivá“ a „nudná“. Seřazení rysů sestupně podle Pearsonova korelačního koeficientu v tomto případě nebylo ověřeno multilineárními regresními modely z důvodu nízkého počtu respondentů. Nemáme tedy vypočítanou hodnotu spolehlivosti.



Graf 3: Korelace celkové obtížnosti s rysy úlohy (srovnání)

V grafu 3 vidíme srovnání hodnot korelací celkové obtížnosti s rysy úlohy mezi učiteli a studenty. Statisticky významné rozdíly vidíme u rysů „ošklivá“, „nudná“ a „matematicky obtížná“. P-hodnoty po řadě vyšly 0,001; 0,006 a 0,029. Studenti označovali jednoduchou úlohu jako zajímavou a hezkou. Učitelé přesně naopak, tedy jako nudnou a ošklivou.

Zajímavě vypadají hodnoty také u rysu „selektivní“. Zde je také patrný poměrně velký rozdíl. Z hlediska podstatně většího důrazu kladeného učiteli na matematickou obtížnost úlohy jsou naše výsledky v souladu se zjištěními z literatury (Ogunleye, 2009).

Pro zajímavost uvedme rovněž srovnání toho, jak učitelé a studenti hodnotí vybrané rysy jednotlivých úloh a do jaké míry se v tomto hodnocení shodují. Srovnání by samozřejmě bylo možné provést pro všech 12 uvažovaných rysů, v této práci se však zaměříme pouze na dva případy, kde byly rozdíly alespoň u části úloh nejvýraznější. Jedná se o rysy typovost úlohy a o to, do jaké míry je úloha hezká či nikoliv.

Úloha typová x netypová (100 % = netypová)	Ú1	Ú2	Ú3	Ú4	Ú5
Studenti – průměr (%)	13,6	40,3	31,3	50,0	59,7
Učitelé – průměr (%)	7,8	59,7	14,5	36,9	61,4
P-hodnota t-testu	0,19	<b>0,004</b>	<b>0,005</b>	<b>0,04</b>	0,79

Tabulka 6: Srovnání rysů typová x netypová (u studentů a učitelů)

Výsledky z hlediska typovosti jsou uvedeny v tabulce 6. U první úlohy se učitelé i studenti přiklánějí k názoru, že se jedná o úlohu typovou. Ve druhé úloze se už taková shoda názorů neobjevuje. Z pohledu studentů se jedná spíše o úlohu typovou, naopak z pohledu učitelů o úlohu netypovou. Jejich názory se liší zhruba o 20 %. Ve třetí úloze se všichni přiklánějí k úloze typové, nicméně procentuálně se jejich názory odlišují o 15 %. Čtvrtá úloha je pohledem učitelů jednoznačně typová, nicméně studenti se nerozhodli ani pro jednu variantu. Na škále od 0–100 %, kde 0 % znamená typovou úlohu a 100 % úlohu netypovou, v průměru udávali hodnotu 50 %. Procentuálně se názor učitelů a studentů odlišuje stejně jako v předchozí úloze o 15 %. V poslední úloze se učitelé a studenti celkem jednoznačně shodují na tom, že úloha je netypová. P-hodnota t-testu shody průměrů obou skupin zde vyšla 0,79.

Shrnu-li výsledky, tak studenti označili v průměru úlohy číslo 1, 2 a 3 jako typové, u úlohy 4 se nerozhodli a úlohu 5 jako netypovou. Učitelé se rámcově shodli se studenty na zařazení úloh 1, 3 a 5 (ačkoliv u úlohy 3 byl procentuálně velký a statisticky významný rozdíl). Úlohu 2 označili učitelé jako netypovou, úlohu 4 naopak jako typovou.

Úloha hezká x ošklivá (100 % = ošklivá)	Ú1	Ú2	Ú3	Ú4	Ú5
Studenti – průměr (%)	37,5	67,2	44,2	69,7	59,2
Učitelé – průměr (%)	56,9	50	41,1	49,2	53,3
P-hodnota t-testu	<b>0,007</b>	<b>0,03</b>	<b>0,009</b>	<b>0,01</b>	0,40

Tabulka 7: Srovnání rysů hezká x ošklivá (u studentů a učitelů)

Tabulka 7 obsahuje srovnání obou skupin u toho, zda jsou dané úlohy hezké či ošklivé. V této emočně zabarvené dvojici rysů se pohled studentů a učitelů ve všech úlohách až na úlohu 5 liší. V úloze 5 panuje poměrně velká shoda názorů, p-hodnota t-testu vyšla 0,4. Za nejhezčí úlohu studenti považují úlohu jedna, naopak za nejošklivější úlohu 4. Lze zde vypátrat souvislost mezi vnímáním úlohy jako hezké a vnímáním celkové obtížnosti úlohy. Zdá se, že pro studenty je hezkou úlohou úloha nenáročná a lehce řešitelná. Je paradoxní, že úloha 1, kterou studenti označují jako nejhezčí, považují učitelé za nejošklivější. Učitelé za nejhezčí úlohu považují úlohu číslo 3.

#### 4.4.3 CELKOVÝ TREND X VLIV ÚLOHY

Abych zjistila, zda existuje společný trend pro větší skupinu úloh nebo mají zásadní vliv konkrétní rysy úlohy na vnímání její náročnosti, provedla jsem následující statistické výpočty. Zjistila jsem „korelace korelací“ pro jednotlivé dvojice úloh, kde jako vstupní data vystupovaly korelace mezi jednotlivým rysem a celkovou obtížností (12 rysů, 5 úloh, tj. spočteno  $5 \cdot 4 / 2 = 10$  korelačních koeficientů vždy z 12 dvojic hodnot).

U studentů se korelační koeficienty pohybovaly v rozmezí 0,83–0,93. Průměrná hodnota korelačních koeficientů činila 0,89. Interpretujeme-li výsledek, dospějeme k názoru, že studenti vnímají obtížnost fyzikálních úloh jako konzistentní. Pro danou množinu úloh se tedy potvrdil jasný trend.

U učitelů korelační koeficienty byly v rozmezí 0,64–0,87. Průměrná hodnota byla nižší než u studentů, její hodnota vyšla 0,74. Učitelé tedy více zohledňovali specifika jednotlivých úloh. Celkový trend se sice také zřetelně objevuje, nicméně není tolik patrný jako u studentů.

## 4.4.4 VLIV ALTERNATIVNÍCH METOD ŘEŠENÍ

Charakteristika	1. způsob řešení (n=16)	2. způsob řešení (n=56)	P-hodnota testu
Matematická náročnost	43,69 <sup>a</sup>	29,91 <sup>a</sup>	<b>0,037</b>
Vyžadující fyz. myšlení	46,01	48,75	0,683
Typovost	38,66	46,56	0,276
Zajímavost	49,92	61,06	0,126
Představitelnost	31,32	33,46	0,760
Záludnost	38,32	44,75	0,37
Časová náročnost	55,06	40,73	<b>0,021</b>
Víceřokovost	68,94	54,93	0,103
Hezká x ošklivá	64,76	54,34	0,156
Užitečnost	47,74	44,19	0,637
Selektivnost	60,94	54,98	0,397
Zaměření na principy	48,38	44,61	0,587
Celková obtížnost	47,19	42,33	0,423
Odhad úspěšnosti	38,38	48,43	0,125
Známka z M	2	1,875	0,665
Známka z Fy	1,84	1,75	0,743
Oblíbenost fyziky	40,63	35,83	0,563
Odahodovaný percentil vlastních znalostí.	46,00	40,22	0,472

<sup>a</sup> průměr

Tabulka 8: Souvislost preferovaného řešení u úlohy 2 s hodnocením jejích rysů, celkové obtížnosti a dalšími aspekty u studentů

První způsob řešení si u úlohy číslo 2 (tabulka 8) zvolilo 16 studentů. Jednalo se o výpočet založený na standardních vzorcích pro volný pád. Druhý způsob založený na jednoduchém průměrování si vybralo 56 studentů. Zbylí studenti preferovaný způsob řešení neuvodli či označili oba způsoby jako ekvivalentní. Je tedy patrné, že druhý způsob byl pro studenty mající k dispozici vzorové řešení přijatelnější. Pokud se podíváme na průměrné hodnocení ostatních rysů u jednotlivých metod, zjistíme, že se příliš neliší. Za zmínku stojí pouze matematická a časová náročnost. Studenti, kteří si vybrali druhý způsob řešení hodnotili úlohu jako matematicky a časově méně náročnou než studenti, kteří ji řešili způsobem prvním. Přesto se celková obtížnost v obou případech téměř nelišila. Vliv známek ve výběru způsobu řešení nehrál roli.

Charakteristika	1. způsob řešení (n= 31)	2. způsob řešení (n= 36)	P-hodnota testu
Matematická náročnost	39,96 <sup>a</sup>	42,50 <sup>a</sup>	0,694
Vyžadující fyz. myšlení	54,06	59,28	0,408
Typovost	46,96	52,20	0,402
Zajímavost	46,97	46,92	0,994
Představitelnost	36,90	48,31	<b>0,027</b>
Záludnost	56,35	53,98	0,699
Časová náročnost	52,49	53,69	0,840
Víceukrokovost	61,55	61,22	0,959
Hezká x ošklivá	57,10	63,36	0,339
Užitečnost	50,03	53,11	0,665
Selektivnost	64,09	69,50	0,323
Zaměření na principy	52,42	48,68	0,584
Celková obtížnost	55,65	60,25	0,353
Odhad úspěšnosti	36,67	37,30	0,901
Známka z M	1,9	1,86	0,866
Známka z Fy	1,78	1,74	0,868
Oblíbenost fyziky	38,80	35,89	0,698
Odhadovaný percentil vlastních znalostí.	43,69	40,80	0,685

<sup>a</sup> průměr

Tabulka 9: Souvislost preferovaného řešení úlohy 4 s hodnocením jejích rysů, celkové obtížnosti a dalšími aspekty u studentů

U úlohy číslo 4 (tabulka 9) si první způsob řešení vybralo 31 studentů a druhý způsob 36. Zde není v počtu studentů takový rozdíl jako byl v úloze 2. V prvním případě se úloha řešila pomocí pohybové rovnice, v druhém případě na principu zákona zachování energie. Stejně jako v předchozím případě nehrála při výběru způsobu řešení známka z matematiky ani fyziky roli. Hodnocení u převážné většiny rysů vycházelo u obou způsobů řešení téměř stejně. Za zmínku stojí pouze představitelnost. Studenti, kteří úlohu řešili pomocí zákona zachování energie, hodnotili úlohu jako méně představitelnou než studenti, kteří preferovali pohybovou rovnici. To může souviset s obtížemi při uchopení pojmu energie a změny energie, na které upozorňuje například studie (Obafemi a Onwioduokit, 2013).

## 4.5 SHRNUÍ EMPIRICKÉ STUDIE

### **Byly splněny veškeré cíle stanovené na začátku studie?**

Cíle stanovené na začátku studie jsem v rámci studie splnila.

Prvním cílem bylo prozkoumat, do jaké míry se v hodnocení náročnosti shodují učitelé a studenti a jakou roli hrají v hodnocení náročnosti úloh výsledky studentů ve fyzice a matematice. Stanovený cíl jsem splnila. V rámci mých pěti úloh se ukázalo, že ve většině příkladech se na vnímání náročnosti fyzikálních úloh učitelé se studenty shodují. Pouze u jedné úlohy, konkrétně u úlohy 2, se jejich názory lišily o více jak 25 procentních bodů. Souvislost mezi hodnocením obtížnosti a známkami studentů z matematiky a fyziky se nepotvrdila. Korelační koeficienty byly velmi nízké. Dále jsem se zabývala ještě odhadem úspěšnosti při řešení úlohy. Studenti odhadovali větší úspěšnost při řešení úloh než učitelé. Velký rozdíl mezi odhadem studentů a učitelů byl u úloh 2 a 3.

Druhým cílem bylo zjistit, jaký vliv mají rysy konkrétních fyzikálních úloh na jejich hodnocení z hlediska náročnosti. Ukázalo se, že pro studenty jsou nejnáročnější úlohy, jejichž řešení vyžaduje fyzikální myšlení. Dále pak úlohy netypové a záludné. Učitelé uvedli, že nejobtížnější jsou úlohy matematicky a časově náročné, dále pak úlohy vyžadující fyzikální myšlení. Učitelé se tedy na prvních třech pozicích shodli se studenty pouze na rysu „vyžadující fyzikální myšlení“.

Třetím cílem bylo prověřit vliv alternativních metod řešení úloh na vnímání obtížnosti. Ukázalo se, že zvolení způsobu řešení nemá na vnímání náročnosti téměř žádný vliv. Ať už úlohu studenti řešili jakýmkoliv způsobem, hodnotili základní rysy úlohy téměř stejně. Malé odchylky se objevovaly pouze u rysů „matematická náročnost“, „časová náročnost“ a „představitelnost“. Je logické, že se vzhledem k tomu, jak byla alternativní řešení postavena, jedno řešení mohlo studentům jevit jako matematicky méně náročné či lépe představitelné než druhé.

Posledním cílem bylo zjistit, zda existují společné trendy pro větší skupiny úloh nebo jsou v úloze zásadní specifika konkrétní úlohy. Na základě statistických výpočtů jsem dospěla k závěru, že u studentů se trend pro danou množinu úloh skutečně vyskytuje. U učitelů se trend také vyskytl, nicméně už ne tak výrazně jako u studentů. Učitelé více zohledňovali specifika úlohy.

**Existují limity studie?**

Limity studie skutečně existují.

Výzkumu se účastnilo poměrně málo respondentů, zvláště pak učitelů, kterých bylo více jak pětkrát méně než studentů. Nízký počet učitelů způsobil omezené možnosti analýzy. Ke zkeslení celého výzkumu mohly vést také poměrně dlouhé dotazníky. Otázky ke každé úloze byly na celé stránce A4. Právě obsáhlost dotazníků mohla na konci zapříčinit bezmyšlenkovité reakce.

V rámci studie jsou stále ještě nedokončené analýzy dat. Například není zatím detailněji popsáno, do jaké míry se shodovali učitelé navzájem resp. studenti navzájem.

**Jaké jsou další možnosti výzkumu v této oblasti?**

Bylo by vhodné zjistit skutečnou úspěšnost pro dané úlohy. V mé studii jsem pracovala pouze s úspěšností odhadovanou. Když bychom skutečnou úspěšnost znali, mohli bychom ji porovnat s odhadovanou podobně jako v některých studiích z literatury (např. Fakcharoenphol et al., 2015). Dále by bylo vhodné zapojit kvalitativní výzkumnou metodu. Já sbírala data pouze pomocí dotazníků. Polostrukturované rozhovory či ohniskové skupiny by však pro podrobnější zkoumání mohly být vhodnější, poskytly by hlubší pohled na danou problematiku. Další možností, jak zobecnit získaná data, je zvolení úloh z různých oblastí fyziky. Mohly by se vyzkoušet také úlohy bez udaného vzorového řešení. Zde je však otázkou, zda by se studentům vůbec nějaké řešení vybavilo a zda by byli schopni se k obtížnosti úlohy nějak rozumně a věcně vyjádřit.



## ZÁVĚR

Ve své diplomové práci jsem se zabývala subjektivním vnímáním náročnosti fyzikálních úloh učitelů a studentů.

Na začátku práce jsem sepsala teoretické poznatky týkající se fyzikálních úloh. Zavedla jsem pojem fyzikální úloha. Roztřídila jsem jednotlivé fyzikální úlohy podle funkce ve výuce a podle způsobu řešení. U každého typu jsem uvedla základní informace. Zpracovala jsem zásady při zadávání a při řešení fyzikálních úloh. Seznámila jsem se se strategií řešení fyzikálních úloh a s problémovými úlohami. Ve druhé kapitole jsem zkoumala studijní plány oborů učitelství fyziky pro střední a základní školy na fakultách připravujících učitele v České republice. Předmětem mého zájmu se staly předměty zabývající se řešením fyzikálních úloh. Ukázalo se, že na některých univerzitách se budoucí učitelé seznamují s řešením fyzikálních úloh ve speciálních předmětech, na jiných univerzitách je řešení fyzikálních úloh obsažené pouze v rámci předmětu didaktika fyziky. Ve třetí kapitole jsem přehledově sepsala informace týkající se 7 studií provedených ve světě a zaměřených na vnímání náročnosti fyzikálních úloh. U každé jsem napsala jméno autora, místo, kde byla studie provedena, cíl studie, jak probíhal sběr dat a jaké jsou základní výsledky studie.

Poslední kapitola byla praktická, týkala se provedeného výzkumu na gymnáziích v Plzeňském a Jihočeském kraji. Do diplomové práce jsem sepsala výsledky výzkumu a řádně jsem je okomentovala. Snažila jsme se výsledky hodnotit z mnoha úhlů, aby provedený výzkum byl pro čtenáře mé diplomové práce co nejvíce obohacující.

**RESUMÉ**

This thesis focus perceived difficulty of physics tasks by students and teachers. There are 4 chapters in this work. The first chapter introduces basic principles of physics problems, their taxonomy and possible solutions. Second chapter discusses the current state of education of future physics teachers regarding the solving methods of physics tasks. Third part deals with the studies in the world aimed at perception of difficulty of physics problems by students and by teachers. This chapter provides the theoretical and methodological background for my own empirical study which was done at selected grammar schools in West Bohemia and South Bohemia.

In my study I confirmed statistical significant differences in the perceived difficulty of physics tasks between teachers and students. On the other hand, I observed no significant difference between low and high performing students.

In the case of students, the perceived difficulty of the tasks is mainly affected by familiarity with the tasks and requirements on the developed physics thinking. On the other hand, teachers put focus on mathematical difficulty of the tasks.

There is no significant effect of the chosen problem solving method with alternative solving approach on the perceived problem difficulty. However there are some differences in particular feature assessment of the examined problems.

I found a common statistical trend in the problem set valid for both studied groups but teachers seems to focus more on specifics of the particular tasks.

**SEZNAM LITERATURY A OSTATNÍCH ZDROJŮ**

- CRAIG, Tracy. *Factors affecting students' perceptions of difficulty in calculus word problems*. 2001. Master's Thesis. University of Cape Town.
- FAKCHAROENPHOL, Witat; MORPHEW, Jason W. a MESTRE, José P. Judgments of physics problem difficulty among experts and novices. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*. 2015, **11**(2), 020128. ISSN 1554-9178.
- GIRE, Elizabeth; REBELLO, N. Sanjay. Investigating the perceived difficulty of introductory physics problems. In: *AIP Conference Proceedings*. AIP, 2010, s. 149-152.
- GUNSTONE, R., MULHALL, P., & MCKITTRICK, B. (2009). Physics Teachers' Perceptions of the Difficulty of Teaching Electricity, *Research in Science Education*, **39**, 515-538. ISSN 0157-244X.
- JOHNSON, N. Teacher's and student's perceptions of problem solving difficulties in physics, *Analysis*. 2012, **58**(50), 42-48. ISSN 0003-2638.
- LARKIN, Jill, MCDERMOTT, John, SIMON Dorothea P. a SIMON. Herbert A. Models of competence in solving physics problems, *Cognitive Science*, 1980, **4**(4), 317-345. ISSN 1551-6709.
- LINGARD, Jennifer, MINASIAN - BATMANIAN, Laura, VELLA, Gilbert, CATHERS, Ian a GONZALEZ, Carlo. Do students with well - aligned perceptions of question difficulty perform better?, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 2009, **34**, 603-619. ISSN 0260-2938.
- OBAFEMI, Deborah T.A. a ONWIODUOKIT, Fidelis A. Identification of Difficult Concepts in Senior Secondary School Two (SS2) Physics Curriculum in Rivers State, Nigeria, *Asian Journal of Education and e-Learning*, 2013, **1**(5), 317-322. ISSN 2321-2454.
- OGUNKOLA, Babalola a SAMUEL, David. Science teachers' and students' perceived difficult topics in the integrated science curriculum of lower secondary schools in Barbados, *World Journal of Education*, 2011, **1**(2), 17-29. ISSN 1925-0746.
- OGUNLEYE, Ayodele O. Teachers And Students Perceptions Of Students Problem-Solving Difficulties In Physics: Implications For Remediation, *Journal of College Teaching & Learning (TLC)*, 2011, **6**(7), 85-90. ISSN 1544-0389.
- SVOBODA, Emanuel a Růžena KOLÁŘOVÁ. *Didaktika fyziky základní a střední školy: vybrané kapitoly*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1181-3.
- VOLF, Ivo. *Metodika řešení úloh ve vyučování fyzice (zejména na základní škole)*. Praha: Jednota československých matematiků a fyziků. 1975.

**SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ**

Obrázek 1: Schéma řešení fyzikální úlohy (Svoboda a Kolářová, 2006).....	4
Obrázek 2: Příčiny problémů při řešení fyzikálních úloh (převzato z Ogunleye, 2009).....	26
Obrázek 3: Strategie řešení problému dle N. Johnsona (převzato z Johnson, 2012) .....	27
Obrázek 4: Ukázka dotazníku pro studenty a učitele .....	32
Tabulka 1: Kategorizace úloh v rámci studie .....	28
Tabulka 2: Znamky studentů z matematiky a fyziky .....	33
Tabulka 3: Vnímaná obtížnost u jednotlivých úloh studenty a učiteli .....	34
Tabulka 4: Korelace mezi známkou z matematiky resp. fyziky a hodnocením rysů úloh, celkové obtížnosti a dalšími aspekty u studentů (průměrováno za všech pět úloh).....	35
Tabulka 5: Odhadovaná úspěšnost u jednotlivých úloh učiteli a studenty .....	36
Tabulka 6: Srovnání rysů typová x netypová (u studentů a učitelů) .....	39
Tabulka 7: Srovnání rysů hezká x ošklivá (u studentů a učitelů).....	40
Tabulka 8: Souvislost preferovaného řešení u úlohy 2 s hodnocením jejich rysů, celkové obtížnosti a dalšími aspekty u studentů .....	41
Tabulka 9: Souvislost preferovaného řešení úlohy 4 s hodnocením jejich rysů, celkové obtížnosti a dalšími aspekty u studentů .....	42
Graf 1: Korelace celkové obtížnosti s rysy úlohy (studenti) .....	37
Graf 2: Korelace celkové obtížnosti s rysy úlohy (učitelé) .....	38
Graf 3: Korelace celkové obtížnosti s rysy úlohy (srovnání) .....	38

## **PŘÍLOHY**

CD s diplomovou prací, souborem řešených úloh a dotazníky pro studenty a učitele ve formátu PDF