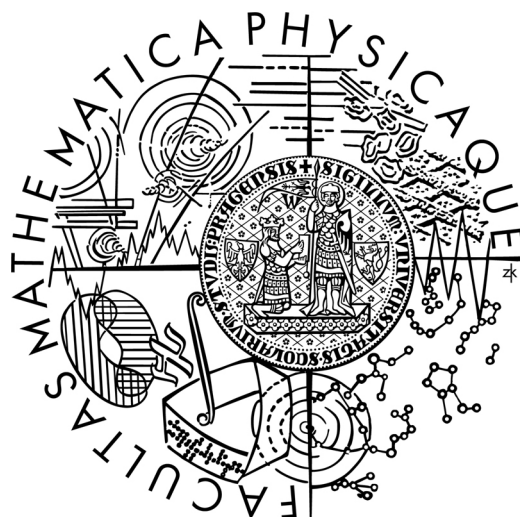


Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE



Dita Čížková

Prekoncepce studentů o síle a pohybu

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Dana Mandíková, CSc.

Studijní program: Fyzika, Fyzika zaměřená na vzdělávání

2009

Na tomto místě bych chtěla poděkovat především vedoucí mé diplomové práce RNDr. Daně Mandíkové, CSc. za pomoc a ochotu při tvorbě práce, za cenné rady a připomínky, které mi pomohly ke zkvalitnění práce, za pomoc při hodnocení testů, za poskytnutí literatury a potřebných kontaktů. Dále bych chtěla poděkovat také PhDr. Martinovi Chválovi, Ph.D. za pomoc a rady týkající se statistické části diplomové práce. Poděkování také patří profesorům, učitelům a studentům za jejich spolupráci a ochotu při provádění průzkumu.

V neposlední řadě patří moje poděkování mé rodině, partnerovi a blízkým, za jejich obětavou pomoc a podporu během studia na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy, které si velice vážím.

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci napsala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce.

V Praze dne: 16.4. 2009

Dita Čížková

Obsah

1. Úvod	6
1.1 Vymezení problematiky	6
1.2 Přehled literatury	7
2. Průzkum představ studentů o vlastnostech pohybu makroskopických těles	9
2.1 Cíl a forma průzkumu	9
2.2 Způsob zpracování výsledků	14
2.3 Jednotlivé kategorie odpovědí	15
2.4 Výsledky průzkumu provedeného na MFF UK (fyzika)	19
2.4.1 Podmínky a průběh průzkumu	19
2.4.2 Výsledky jednotlivých úloh	20
2.5 Výsledky průzkumu provedeného na MFF UK (učitelství ZŠ – SŠ)	30
2.5.1 Podmínky a průběh průzkumu	30
2.5.2 Výsledky jednotlivých úloh	31
2.6 Výsledky průzkumu provedeného na gymnáziích	37
2.6.1 Podmínky a průběh průzkumu	37
2.6.2 Výsledky jednotlivých úloh	39
2.7 Shrnutí a porovnání výsledků	69
2.7.1 Celkové výsledky průzkumu	69
2.7.2 Celkové výsledky průzkumu z roku 1881/82 a 1983/84 – porovnání	75
2.7.3 Relativní četnosti odpovědí, kde se objevuje představa o nezbytnosti síly působící ve směru pohybu - porovnání s výsledky průzkumu z roku 1981/82 a 1983/84	78
2.7.4 Výsledky studentů učitelství fyziky v letech 1991-2007 (1.ročník) a v roce 1985 (5.ročník)	84
2.7.5 Shrnutí nejčastějších prekonceptů	86
2.7.6 Dotazníky zadané učitelům fyziky na testovaných gymnáziích	88
2.8 Závěr	89

3. Přehled publikací týkajících se výzkumu prekonceptí v oblasti síly a pohybu	90
3.1 Publikace v anglickém jazyce	90
3.2 Publikace v českém a slovenském jazyce	93
3.3 Závěr	97
4. Průzkum prováděný pomocí FCI	98
4.1 Co jsou to testy FCI	98
4.2 Cíl a forma průzkumu	100
4.3 Způsob zpracování výsledků	100
4.4 Miskoncepce identifikovatelné pomocí FCI	101
4.5 Výsledky průzkumu	102
4.5.1 Výsledky 1.ročníku (oborů obecná fyzika a učitelství fyzika-matematika)	102
4.5.2 Nejčastější miskoncepce studentů denního studia	106
4.5.3 Výsledky studentů kombinovaného studia (oboru učitelství fyzika-matematika)	110
4.5.4 Nejčastější miskoncepce studentů kombinovaného studia	113
4.6 Závěr	118
5. Závěr	121
Literatura	124
Příloha 1	126
Příloha 2	133
Příloha 3	136

Název práce: Prekoncepce studentů o síle a pohybu
Autor: Dita Čížková
Katedra (ústav): Katedra didaktiky fyziky
Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Dana Mandíková, CSc.
e-mail vedoucího: dana.mandikova@mff.cuni.cz

Abstrakt: Diplomová práce se zabývá prekoncepce studentů v oblasti dynamiky pohybu. Práce je rozdělena do tří částí. První část práce navazuje na bakalářskou práci, v rámci které byl proveden průzkum představ studentů MFF UK a gymnázií o vztahu síly a pohybu. Průzkum byl proveden pomocí testu, který obsahoval šest kvalitativních úloh. Podrobně je popsán způsob zpracování výsledků. Ty jsou uvedeny v tabulkách a okomentovány. Výsledky průzkumu jsou porovnány s výsledky stejných průzkumů provedených v dřívějších letech v ČSSR, především s průzkumem provedeným v letech 1981/82 a 1983/84. Výsledky průzkumu poukazují na existenci nesprávných prekonceptů, které u mnoha studentů přetrvávají i přes několikeré školní vzdělávání. Ve druhé části diplomové práce je uveden přehled prací týkajících se výzkumů prekonceptů v dané oblasti. Ve třetí části práce se zaměřuji na zpracování průzkumu, který byl proveden pomocí FCI testu u studentů fyziky 1. ročníků na MFF UK. Výsledky průzkumu jsou opět zpracovány v tabulkách, okomentovány a porovnány s dostupnými výsledky z dalších zemí. Jsou zde také uvedeny jednotlivé miskoncepce, které byly u studentů díky FCI testu identifikovány.

Klíčová slova: prekoncepce, miskoncepce, Force Concept Inventory (FCI), mechanika (síla, pohyb), průzkum

Title: Student's preconceptions about force and motion
Author: Dita Čížková
Department: Department of Physics Education
Supervisor: RNDr. Dana Mandíková, CSc.
Supervisor's e-mail address: dana.mandikova@mff.cuni.cz

Abstract: The graduation thesis deals with student's preconceptions about force and motion. The thesis is divided to three sections. The first division picks up the threads of the bachelor thesis. Within this bachelor thesis there was performed a survey of ideas about relation of force and motion with students of the Faculty of Mathematics and Physics of Charles University and secondary schools' students. Results of survey based on a test with six qualitative problems are shown in tables and are commented. The way of processing of the results is closely described. In addition, the survey results are compared with similar studies performed in previous years in Czechoslovakia, mainly they were compared with results of similar research from the years 1981/82 and 1983/84. The survey results show existence of misconceptions, which persist despite school education. The survey of researches in this area is mentioned in the second division. In the third part of the thesis, I focus on the processing of research which was executed in terms of FCI test with the Faculty of Mathematics and Physics of Charles University first year students. The results are shown in tables and are commented again. The results of this research are compared with available results of similar researches from other countries. The individual misconceptions that were identified by FCI test, are shown in the third part too.

Key words: preconceptions, misconceptions, Force Concept Inventory (FCI), mechanics (force, motion), survey

1. Úvod

1.1 Vymezení problematiky

Podíváme-li se obecně na současný vzdělávací systém, vidíme, že stoupá nabídka různých studijních oborů, což má za následek ubývání studentů zajímajících se o studium přírodních věd, tedy také o fyziku a matematiku.

Zaměříme-li se konkrétně na proces vzdělávání studentů, zjistíme, že studenti se často dokáží naučit mnoho pouček a zákonů nazpaměť, bohužel bez hlubšího pochopení. Ve fyzice, ale i dalších přírodovědných oborech, je pochopení pojmů a vztahů mezi nimi velmi důležité. Tím, že studenti naučené pojmy a poznatky správně nechápou a neumějí je využívat, obracejí se často při řešení fyzikálních problémů ke svým hlouběji zakotveným představám. Tyto představy bývají označovány jako prvotní nebo intuitivní či jako prekoncepce ([10],[2]). Vznikají poměrně brzy, většinou v raném dětství, ještě před zahájením systematické výuky ve škole. Lidé si je vytvářejí „na základě bezprostředního vnímání a pozorování okolního světa, na základě tvůrčí činnosti s objekty tvořícími tento svět a na základě intuitivního zobecňování individuálních zkušeností.“ ([2], str. 11 - 12). Každé dítě má již při příchodu do školy vytvořenu řadu takových představ a je důležité s nimi při výuce fyziky počítat. Prekoncepce bývají často v rozporu s vědeckými poznatky a znesnadňují jejich správné pochopení. Takové chybné prekoncepce se označují jako miskoncepce. Miskoncepce bývají velmi odolné a snahy učitelů o správné pochopení fyzikálních zákonitostí často nezanechávají na studentech žádné následky. Proto je důležité tento problém vnímat a soustředit se na něj.

Problematika prekonceptů začala být aktuální v 80. letech minulého století, kdy se prováděla řada výzkumů těchto představ. V letech 1983/84 provedla u nás D. Hejnová průzkum představ studentů MFF UK a gymnázií o pohybu makroskopických těles [1], který ukázal na existenci řady chybných představ i u studentů, kteří si vybrali fyziku za svůj obor studia na vysoké škole. Zajímalo mne, jak by si se stejnými úlohami poradili současní studenti. Toto téma bylo již náplní mé bakalářské práce, v rámci které jsem provedla průzkum u současných studentů. V bakalářské práci jsem však uvedla jen část výsledků a srovnání. Tímto tématem se zabývám dále v mé diplomové práci, především v její první části, kde jsou již uvedeny všechny výsledky a z nich vyplývající závěry.

Problematika prekonceptů studentů se v průběhu let značně vyvíjela a na přelomu 80. a 90. let, především pak v průběhu 90. let vznikala celá řada testů identifikujících výskyt miskonceptů u studentů. Prvním z testů byl FCI test (Force Concept Inventory), který vznikl z jeho předchůdce MDT (Mechanics Diagnostic test) a zaměřuje se na porozumění základním pojmům newtonovské mechaniky. Pomocí tohoto testu můžeme u studentů odhalit jednotlivé miskoncepce, které u testovaného vzorku studentů převládají. Tento test byl využit mnoha učiteli po celém světě, k dispozici je tedy poměrně hodně výsledků často i z významných a světově známých univerzit. Pokládám za zajímavé zjistit, jak by si vedli studenti MFF UK při řešení FCI testu a případně výsledky porovnat s dostupnými výsledky studentů ze zahraničí. Tímto problémem jsem se zabývala ve třetí části diplomové práce.

Diplomovou práci jsem tedy rozdělila na tři stěžejní části. V první části, jak již bylo naznačeno, se zabývám průzkumem, který jsem prováděla již v rámci bakalářské práce.

ce. V této části můžeme najít všechny výsledky (studentů 1. a 2. ročníku obecné fyziky, studentů 1. ročníku učitelství fyzika-matematika, studentů 4. ročníků gymnázií), které jsem během průzkumu získala. Výsledky jsou zpracovány v tabulkách, okomentovány, popř. jsou doplněny o grafické znázornění. Získané výsledky porovnávám s výsledky příslušných skupin, s kterými byl průzkum proveden před více jak dvaceti lety. Na závěr této části jsou shrnuty závěry, které jsem průzkumem a jeho následným zpracováním zjistila.

Ve druhé části diplomové práce uvádím přehled prací týkajících se výzkumu prekonceptí v dané oblasti. Vzhledem k tomu, že je tato problematika v posledních letech poměrně populární a především v zahraničí bylo k tomuto tématu publikováno velké množství článků, zaměřila jsem se zejména na publikace vztahující se k FCI testu. Přehled jsem pak doplnila o publikace českých a slovenských autorů, které se vztahují k problematice prekonceptí.

Třetí část práce je zaměřena na průzkum provedený užitím FCI testu u studentů 1. ročníku fyziky na MFF UK. V této části najdeme výsledky studentů z pre-/post testu, můžeme zde vidět úspěšnost studentů při řešení jednotlivých otázek testu, zjistíme jakého zlepšení studenti dosáhli po absolvování výuky klasické mechaniky v prvním semestru jejich studia na MFF UK, apod. Výsledky jsou doplněny grafickým zpracováním a jsou okomentovány. Provádím zde také srovnání výsledků dosažených studenty MFF UK s výsledky několika zahraničních univerzit. Dále jsou zde rozebrány jednotlivé miskoncepce, které byly u studentů pomocí testu identifikovány. Na závěr této části provádím shrnutí nejdůležitějších zjištěných poznatků.

Na konci diplomové práce jsou k nahlédnutí tři přílohy. Najdeme v nich přesné znění obou testů, které byly studentům zadávány, a je zde přiložen dotazník pro učitele, jenž se zaměřuje na to, zda se učitelé již někdy setkali s problematikou prekonceptí studentů, do jaké hloubky a jaký jí přiřkládají význam. Dotazník byl vyplněn učiteli gymnázií, jejichž studenti se účastnili průzkumu, který zpracovávám v první části diplomové práce.

1.2 Přehled literatury

Ve své práci vycházím z několika publikací a článků, které se týkají prekonceptí studentů. Autoři těchto prací se pomocí speciálních testů nebo rozhovorů snaží zjistit, jak studenti chápou základní fyzikální zákonitosti a jaké mají představy o působení síly během pohybu těles. Výsledky průzkumů potvrzují častou představu studentů, že „kde je pohyb tam musí být nutně síla“.

Pro první část diplomové práce využívám především diplomovou práci D. Hejnové [1], která provedla průzkum v roce 1981/82 se studenty fyzikálních oborů a se studenty učitelství fyziky na Matematicko-fyzikální fakultě v Praze a v roce 1983/84 se studenty dvou pražských gymnázií. Získané výsledky a závěry z mého průzkumu porovnávám s výsledky uvedenými v její práci.

Pro porovnání výsledků také využívám diplomovou práci J. Spudila [8], který zopakoval stejný průzkum jako D. Hejnová u studentů 5. ročníku učitelství fyziky na Matematicko-fyzikální fakultě, a to týchž studentů, kteří se ho zúčastnili v prvním ročníku.

Test, který jsem zadávala na středních a vysokých školách, je totožný s testem, který byl studentům zadán v letech 1981/82 a 1983/84. Pět úloh tohoto testu pochází z testu, který pro svůj průzkum vytvořil D. Nachtigall [9]. Nachtigall prováděl průzkum u studentů středních a vysokých škol i u dospělých starších studentů doplňujících si vzdělání v NSR. V průzkumu dopadli nejlépe studenti posledního ročníku gymnázia s rozšířenou výukou fyziky, relativní četnost jejich nesprávných odpovědí se pohybovala v průměru okolo 65 %. Nejméně úspěšní byli studenti večerní střední školy, kde četnost nesprávných odpovědí dosahovala až 99 %. Pro možnost porovnání ještě uvádím relativní četnost nesprávných odpovědí u studentů posledního ročníku gymnázia s normálním rozsahem výuky fyziky, která dosahovala v průměru 96 % - 97 %. Výsledky tohoto průzkumu označuje Nachtigall ve své práci „za hrozivé a považuje je za doklad neefektivnosti kurzů klasické mechaniky na školách a univerzitách.“ Píše, že „intuitivní systém je tak pevně zakořeněný v myslích studentů, že přežívá i výuku fyziky v pokročilých kurzech“. ([1], str. 18).

Další publikace, kterými jsem se inspirovala při své práci (především v její první části), je disertační práce D. Mandíkové [2] a její články [3] [4], které jsou zaměřeny přímo na prekoncepte týkající se pohybu a síly a na způsoby jejich odstranění. Dále to jsou články J. Clementa [12] a P. Peterse [13], překlad tematického sešitu časopisu *Naturwissenschaften im Unterricht* věnovaného miskonceptům [10] a knihou R. Driverové [11], kde jsou přehledně shrnuty výsledky výzkumů prekonceptů studentů v oblasti přírodních věd.

Druhou část diplomové práce tvoří přehled publikací vztahujících se k problematice prekonceptů v oblasti mechaniky, především k testu FCI.

Ve třetí části diplomové práce jsem vycházela hlavně z článku D. Hestense, M. Wellse a G. Swackhamera [14], z článku Jozefa Hanče a kol. [16] a článku D. Hestense, I. Hallouna [15]. Ve všech těchto článcích se dočteme o FCI testu, o jeho vývoji, struktuře a k čemu slouží. V článku [14] jsou také pěkně rozebrány miskoncepte, které můžeme u studentů pomocí testu odhalit, a najdeme zde také poměrně podrobné výsledky studentů z několika amerických univerzit a středních škol.

2. Průzkum představ studentů o vlastnostech pohybu makroskopických těles

Tématika, kterou se zabývám v této první části diplomové práce, byla již náplní mé bakalářské práce. V rámci bakalářské práce jsem však zpracovávala výsledky pouze studentů 1. a 2. ročníků obecné fyziky na MFF UK a výsledky studentů dvou gymnázií (celkem tří tříd). Tyto výsledky jsou uvedeny i v této diplomové práci, přibyly zde však výsledky studentů z dalších šesti gymnaziálních tříd a výsledky studentů učitelství na MFF UK. Celkem tedy můžeme v první části diplomové práce najít výsledky studentů 1. a 2. ročníku obecné fyziky na MFF UK, studentů učitelství z roku 2007/08 a výsledky studentů devíti tříd ze čtyř gymnázií. Snažím se zde pro přehlednost, možnost porovnání a vyvození závěrů uvést všechny získané výsledky. Všechny výsledky, které zde uvádím, porovnávám jak mezi sebou, tak s příslušnými výsledky, které byly získány v průzkumu provedeném v roce 1981/82 na MFF UK a v roce 1983/84 na gymnáziích. Oproti bakalářské práci se snažím všechna porovnání doplnit komentářem, který se týká statistické významnosti rozdílu rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií u porovnávaných skupin. Tedy komentář by měl alespoň trochu objasnit, zda rozdíly v úspěšnostech porovnávaných skupin studentů jsou statisticky významné. Některé důležité výsledky jsou pro přehlednost znázorněny také graficky.

2.1 Cíl a forma průzkumu

Cílem průzkumu bylo zjistit, jak jsou studenti schopni využívat poznatky získané ve škole při řešení jednoduchých fyzikálních problémů a zda u nich setrvávají některé nesprávné prekoncepce o vztahu síly a pohybu. Průzkum jsem prováděla formou testu, který tvořilo šest úloh, k jejichž řešení nebylo třeba matematických výpočtů. V testu jsem použila stejné úlohy, které v roce 1981/82 a 1983/84 zadala v podobném průzkumu studentům D. Hejnová [1], pět z těchto úloh bylo též součástí průzkumu D. Nachtigalla [9]. Stejně úlohy jsem použila proto, abych mohla své získané výsledky porovnat s uvedenými průzkumy.

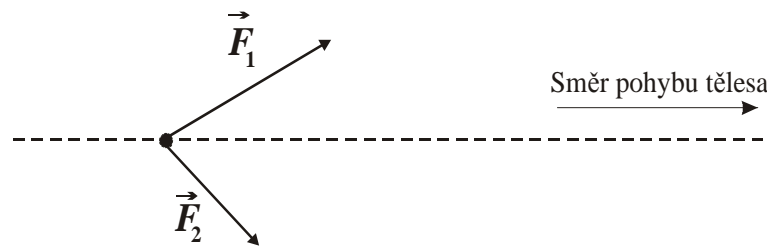
Test jsem zadávala studentům 1. a 2. ročníku oboru fyzika na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy, dále studentům 1. ročníku učitelství fyziky a matematiky pro ZŠ a SŠ na Matematicko-fyzikální fakultě a studentům 4. ročníků na čtyřech gymnáziích. Studentům odborné fyziky na Matematicko-fyzikální fakultě jsem testy zadávala na přelomu října a listopadu roku 2006, studentům učitelství pro ZŠ a SŠ byly testy zadány na začátku října roku 2007 (v roce 2006 se testy studentům učitelství nezadávaly, protože 1. ročník navštěvovali pouze 4 studenti a dva z nich test znali), na gymnáziích jsem studentům zadávala testy na konci listopadu a v průběhu prosince roku 2006 a také v průběhu ledna roku 2007.

Zadání testu:

V úvodu testu bylo zdůrazněno, aby studenti všechny úlohy řešili vzhledem k inerciální vztahné soustavě.

Úloha č. 1:

Těleso se pohybuje stálou rychlostí po přímkové trajektorii. Přitom na něj působí tři síly. Na obrázku 1 jsou vyznačeny vektory jen dvou těchto sil F_1 a F_2 . Zakreslete pečlivě do obrázku třetí sílu F_3 , která na těleso působí.

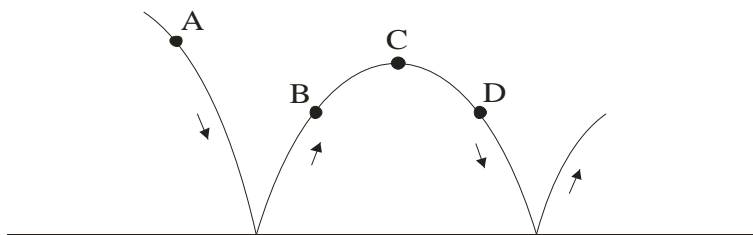


Obrázek 1

Zdůvodněte své řešení.

Úloha č. 2:

Na vodorovný stůl je hozen míč. Jeho trajektorie je znázorněna na obrázku 2. Zakreslete do obrázku vektory sil, které na míč působí, když se nalézá v bodech **A**, **B**, **C**, **D**. Vektory vyznačte pečlivě, aby bylo zřejmé, zda jsou či nejsou stejně velké a jaký mají směr (vodorovný nebo svislý, kolmý nebo tečný k dráze apod.). Zanedbejte odpor vzduchu.



Obrázek 2

Zdůvodněte svoji odpověď pro bod A, B, C, D:

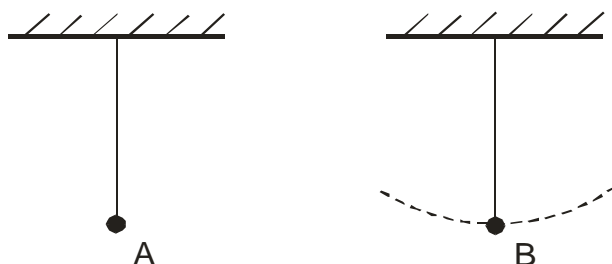
Úloha č. 3:

Dva hmotné body **A**, **B** o stejné hmotnosti visí na stejných vláknech (tj. na vláknech, která mají stejnou délku a stejné vlastnosti). Hmotný bod **A** je v klidu. Hmotný bod **B** kývá ve svislé rovině a právě prochází nejnižším bodem své trajektorie.

Určete všechny síly, které na oba hmotné body působí, a zakreslete je do obrázku 3.

Dbejte, aby z nákresu bylo zřejmé, zda síly mají či nemají stejnou velikost a jaké mají orientované směry.

Síly tření a odporu vzduchu zanedbejte. Vzájemné působení bodů **A**, **B** neuvažujte.



Obrázek 3

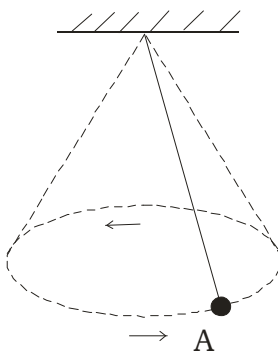
Zdůvodněte:

Úloha č. 4:

Na obrázku 4 je kónické kyvadlo. Hmotný bod **A** je zavěšen na závěsu a pohybuje se po kruhové trajektorii ve vodorovné rovině. Závěs opisuje při pohybu plášť kužele. Doba oběhu je konstantní. Odpor vzduchu a tření závěsu jsou zanedbatelné. Výsledná síla, která působí na hmotný bod **A**, má následující orientovaný směr:

- a) svisle dolů
- b) svisle vzhůru
- c) podél závěsu do bodu závěsu
- d) podél závěsu od bodu závěsu
- e) ke středu dráhy ve směru poloměru
- f) od středu dráhy ve směru poloměru
- g) ve směru tečny ke dráze

Zatrhněte správnou odpověď a výslednici vyznačte do obrázku.

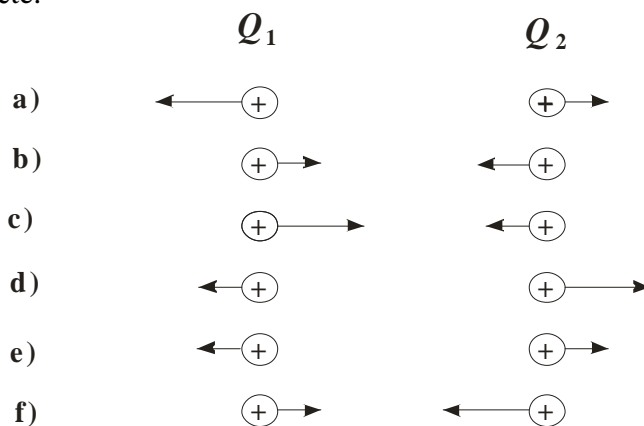


Obrázek 4

Zdůvodněte:

Úloha č. 5:

Na obrázcích 5 a) – f) jsou znázorněny vždy dva kladné elektrické náboje Q_1 , Q_2 . Náboj Q_1 je dvakrát tak velký jako náboj Q_2 . Orientovanými úsečkami jsou vyznačeny vektory elektrických sil, kterými jeden náboj působí na druhý. Který obrázek je správný? Zatrhněte ho a zdůvodněte.

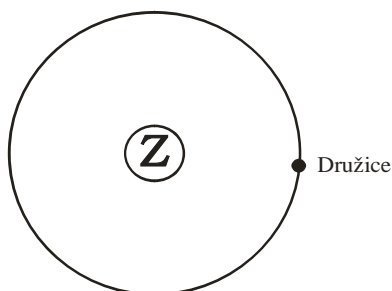


Obrázek 5

Zdůvodnění:

Úloha č. 6:

Na obrázku 6 je znázorněna družice obíhající po kruhové trajektorii kolem Země. Vliv ostatních těles zanedbáme. Vyjmenujte všechny síly, které pohyb družice po kruhové trajektorii kolem Země způsobují, zakreslete je do obrázku a vyznačte jejich výslednici. Působí také nějaká síla (nebo více sil) na Zemi? Zakreslete ji (je) do obrázku.



Obrázek 6

Zatrhněte tvrzení, která jsou podle vašeho názoru správná:

- a) Na družici působí jediná síla, kterou jsem zakreslil(a).
- b) Na družici působí více sil, jejichž výslednici jsem zakreslil(a).
- c) Na družici působí více sil, ale ty se navzájem vyruší.
- d) Na Zemi v systému Země – družice působí jediná síla, kterou jsem zakreslil(a).
- e) Na Zemi působí více sil, jejichž výslednici jsem zakreslil(a).
- f) Na Zemi působí více sil, které se navzájem vyruší.
- g) Žádná z uvedených odpovědí není správná, ale platí:

Zdůvodnění odpovědí:

1) které se týkají družice:

2) které se týkají Země:

Vyplněný test, který byl studentům zadán, je k nahlédnutí v Příloze 1 na str. 125 .

Studenti, kterým byl test zadán, se během své školní docházky setkali s učivem týkajícím se problematiky úloh zadaných v testu minimálně dvakrát.

Poprvé již na základní škole, kde měli získat první představy o síle a pohybu a ty poté dále rozvíjet. V sedmém ročníku základní školy se žáci seznamují se skládáním různoběžných sil ([5] str. 46, [6] str. 40 - 42), dále s rovnoměrným a nerovnoměrným pohybem ([5] str. 15 - 20, [6] str. 20 - 22). Už v šestém ročníku žáci poznali, že síla může uvést těleso z klidu do posuvného pohybu, může pohyb tělesa urychlit, zpomalit nebo zastavit. V sedmém ročníku se účinky síly zabývají podrobněji. Zjišťují, že působením síly se mění velikost nebo směr rychlosti pohybu. Dozívají se znění Newtonova zákona setrvačnosti ([5] str. 60 - 61, [6] str. 45 - 47), kvalitativně se rozebírá zákon síly ([5] str. 55 - 59, [6] str. 47 - 48). Probírá se také vzájemné působení dvou těles, tedy zákon akce a reakce ([5] str. 64 - 66, [6] str. 49). V této kapitole ([5] str. 66) je dokonce uveden a rozebírán příklad, kdy kámen padá k Zemi, protože ho Země přitahuje gravitační silou. Je zde uvedeno, že kámen musí Zemi podle zákona akce a reakce přitahovat stejně velkou silou, jakou přitahuje Země kámen. Protože však má Země velkou hmotnost, tak s ní přitažlivá síla kamene prakticky nepohne. Tento příklad a poznatky z něho získané, by se daly plně využít při řešení poslední šesté úlohy v testu. Můžeme si všimnout, že vědomosti nabyté na základní škole, by nám mohly velmi pomoci, někdy dokonce postačovat, k řešení několika úloh v testu (především první, páté a šesté úlohy).

Na gymnáziu se v prvním ročníku studenti seznamují a podrobněji zabývají kinematikou ([7] str. 24 - 63) a dynamikou hmotného bodu ([7] str. 64 - 100).

V kinematice hmotného bodu se opět probírá rovnoměrný a nerovnoměrný pohyb, volný pád, skládání pohybů a rychlostí nebo také rovnoměrný a rovnoměrně zrychlený pohyb po kružnici. Tato část mechaniky se zaměřuje na pohyb jako takový a nezabývá se jeho příčinami.

V dynamice hmotného bodu studenti opakují a snaží se o hlubší pochopení Newtonových zákonů. Z prvního Newtonova zákona ([7] str. 70 - 71) a jeho správného pochopení vychází řešení první úlohy v testu. Dále je v učebnici uveden druhý Newtonův zákon ([7] str. 72 - 78) a je zde přímo zmíněno: „Pokud je výslednice sil působících na těleso nulová, těleso má pak nulové zrychlení, je tedy v klidu nebo koná rovnoměrný přímočarý pohyb“. Pokud by si studenti zapamatovali tuto poznámku nebo správně pochopili význam druhého Newtonova zákona, nemělo by jim řešení první úlohy v testu dělat žádné potíže.

Třetí Newtonův zákon ([7] str. 70 - 80) se dal využít k řešení páté a šesté úlohy v testu. V této kapitole v učebnici pro gymnázia je zdůrazněno, že „silové působení těles je vždy vzájemné“, je zde také uveden stejný příklad jako v učebnici pro základní školy [5], kde jsou rozebírány síly, jimiž působí Země na padající kámen a naopak. Podíváme-li se na pátou úlohu, mohli studenti k jejímu řešení využít buď zákon o vzájemném silovém působení nebo Coulombův zákon, který se probírá později.

K řešení čtvrté úlohy a druhé části úlohy třetí by studentům mohly pomoci poznatky z kapitoly o dostředivém zrychlení ([7] str. 88 - 90). Zde se mohou přímo dočíst: „Podle druhého pohybového zákona je příčinou zrychlení hmotného bodu vždy síla, která má směr jako zrychlení. Na hmotný bod, který koná rovnoměrný pohyb po kruž-

nici, musí tedy působit síla, která stejně jako zrychlení směřuje stále do středu kružnice. Tato síla se nazývá dostředivá síla“. Dále je zde uvedeno, že dostředivá síla je kolmá ke směru okamžité rychlosti a z toho vyplývá zakřivení trajektorie do tvaru kružnice. Je zde také uveden příklad ([7] str. 89), kdy kulička na vlákně opisuje kružnici ve vodorovné rovině a student má určit výslednici sil, které na kuličku působí. Tento příklad koresponduje přímo se čtvrtou úlohou v testu.

Kapitola Gravitační pole ([7] str. 122 - 145) může studentům pomoci při řešení úlohy šesté. Je zde zmíněno a zdůrazněno, že „gravitační působení mezi tělesy je vždy vzájemné. Podle zákona akce a reakce se navzájem přitahují stejně velkými gravitačními silami Slunce a Země, Země a Měsíc, Země a kterékoli těleso na jejím povrchu. Skutečnost, že obvykle pozorujeme jen pohybový účinek síly, kterou působí Země na těleso, a nikoliv síly, kterou působí těleso na Zemi, si vysvětlujeme nepoměrně větší hmotností Země vzhledem k hmotnosti tělesa“ ([7] str. 122). Je zde také uveden Newtonův gravitační zákon.

Pro řešení úlohy druhé mohla studentům pomoci kapitola věnovaná šikmému vrhu ([7] str. 133 - 135). Dozvíme se zde, že šikmý vrh vznikne složením pohybu rovnoměrného přímočarého a volného pádu se zrychlením g . Nemluví se zde však o silách, které na hmotný bod během pohybu působí.

Vidíme tedy, že studenti, kteří se zúčastnili průzkumu, byli během studia seznámeni s potřebnými znalostmi ke správnému vyplnění testů. Studenti Matematicko-fyzikální fakulty navíc tuto látku znovu probírají v prvním ročníku.

2.2 Způsob zpracování výsledků

Studenty, kterým jsem test zadala, jsem rozdělila při zpracování výsledků do tří větších skupin. První skupinu tvoří studenti obecné fyziky na MFF UK, druhou skupinu studenti učitelství pro ZŠ a SŠ na MFF UK a třetí skupina je tvořena studenty gymnázií. V těchto skupinách jsem prováděla další rozdělení.

Studenty MFF UK jsem dále dělila podle ročníků a při vyhodnocování testů a komentování jejich výsledků jsem je mezi sebou často porovnávala. Studenti, u kterých byl výzkum prováděn, se na MFF UK zaměřují přímo na obecnou fyziku. Porovnání jednotlivých ročníků bylo někdy velmi zajímavé a překvapující. Průzkumu se v této skupině zúčastnilo celkem 106 studentů, z toho 85 chlapců, 14 dívek a 7 studentů nevedlo své jméno ani pohlaví. V prvním ročníku to bylo celkem 59 studentů z toho 50 chlapců a 9 dívek, ve druhém ročníku se průzkumu zúčastnilo celkem 47 studentů, z toho 35 chlapců, 5 dívek a 7 studentů nevedlo své jméno ani pohlaví.

Studenti učitelství na MFF UK tvoří méně početnou druhou skupinu. Průzkumu se zúčastnilo celkem 17 studentů z toho 13 chlapců a 4 dívky. Tuto skupinu jsem vytvořila, aby byla možnost srovnání se studenty učitelství, se kterými byl průzkum prováděn v roce 1981/82, popř. dalších letech.

Studenty čtvrtých ročníků gymnázií jsem dále rozdělila na čtyři skupiny A, L, Š, Ž podle názvu gymnázií, na kterých jsem průzkum prováděla. Pokud se průzkumu zúčastnilo více tříd jednoho gymnázia, vyhodnotila jsem tyto třídy nejprve jednotlivě a poté dohromady jako celek, pro úplnost výsledků. Průzkumu se celkem zúčastnilo 220 studentů gymnázií. Na některých gymnáziích studenti nezveřejnili svá jména ani pohlaví, proto neznám přesný počet chlapců a dívek.

Způsob zpracování výsledků byl u všech skupin stejný. Odpovědi studentů jsem pro jednotlivé úlohy rozdělila vždy do několika kategorií. Relativní četnosti odpovědí v každé kategorii jsou uvedeny v tabulkách.

V práci uvádím jen základní statistické výsledky. Pozornost věnuji spíše analýze jednotlivých typů odpovědí, zejména těch, které vypovídají o představách studentů o roli síly při pohybu těles.

2.3 Jednotlivé kategorie odpovědí

Aby bylo možné provést po vyhodnocení tohoto průzkumu porovnání s průzkumem D. Hejnové, snažila jsem se co nejvíce zachovat jednotlivé kategorie odpovědí tak, jak je vytvořila právě ona v roce 1983/84. Pokud se některé odpovědi vyskytovaly často a nespádaly do žádné kategorie, vytvořila jsem kategorii novou, popř. jsem již stávající kategorie lehce pozměnila či doplnila. Mezi nově vytvořené kategorie patří v úloze třetí kategorie B 1), kde studenti řešili tuto úlohu z hlediska neinerciální soustavy. Dále jsou to pak v úloze šesté kategorie a₂) a to jak v odpovědích týkajících se družice tak v odpovědích týkajících se Země. Mezi pozměněné nebo doplněné kategorie odpovědí patří ve třetí úloze kategorie B g).

1. Úloha

- a) Správná odpověď i se zdůvodněním. Těleso se pohybuje rovnoměrně přímočaře. Výsledná síla, která na těleso působí, musí tedy být nulová. Třetí síla má proto stejnou velikost a opačný směr než výslednice prvních dvou sil.
- b) Třetí síla je správně zakreslena do obrázku, zdůvodnění nepřesné nebo žádné.
- c) Nesprávná odpověď. Třetí síla je orientovaná ve směru pohybu (a je to buď výslednice prvních dvou sil nebo jiná síla).
- d) Nesprávná odpověď. Třetí síla je orientována proti směru pohybu, je však menší než výslednice prvních dvou sil.
- e) Nesprávná odpověď. Třetí síla může být orientována buď ve směru pohybu (výslednice prvních dvou sil či jiná síla) nebo je orientována proti směru pohybu, je však menší než výslednice prvních dvou sil.
- f) Nesprávná odpověď. Třetí síla je tíhová síla.
- g) Jiné nesprávné odpovědi nebo řešení neuvedeno.

2. Úloha

- a) Správné řešení. Předpokládáme-li, že odpor vzduchu (a také vztlaková síla) jsou zanedbatelně malé, působí na míček v každém z vyznačených směrů jediná síla mířící svisle dolů - tíhová síla.
- b) Pro bod C správné řešení, v ostatních bodech působí na míček ještě další síla – tečná k trajektorii, orientovaná ve směru pohybu nebo vodorovná (orientovaná obvykle zleva doprava).
- c) V bodě C je výsledná síla působící na míček nulová, v ostatních bodech jsou uváděny různé kombinace tíhové, tečné a vodorovné síly.
- d) Výslednice sil má ve všech bodech směr tečný k trajektorii a je orientovaná ve směru pohybu míčku, resp. na míček působí ve všech vyznačených bodech tečná a tíhová síla.
- e) V různých bodech působí na míček různé kombinace vodorovných a svislých sil různých orientací.
- f) Ostatní nesprávné odpovědi nebo řešení neuvedeno.

3. Úloha

- a) Správné řešení pro těleso A i B. Je-li těleso v klidu, výsledná síla, která na něj působí, je nulová. Má dvě složky: tíhovou sílu ve směru svisle dolů a stejně velkou tahovou sílu závěsu ve směru svisle nahoru. Jestliže těleso na vlákně kývá, má při průchodu rovnovážnou polohou nenulové dostředivé zrychlení a nulové tečné zrychlení. Výsledná síla, která na těleso B působí, je proto dostředivá. Je složena z tíhové síly a tahové síly závěsu. Na rozdíl od situace A zde má tahová síla závěsu větší velikost než tíhová síla.

Další kategorie jsou vytvořeny zvlášť pro bod A a bod B.

- A b) Správné řešení.
- A c) Na bod A působí tíhová síla a tahová síla závěsu, jejich výslednice má směr svisle dolů.
- A d) Na bod A působí pouze tíhová síla.
- A e) Ostatní nesprávné odpovědi nebo úloha v části A neřešena.
- B f) Správné řešení.
- B g) Na bod B působí výsledná síla tečná k trajektorii orientovaná ve směru pohybu, resp. na bod B působí tečná síla a tíhová síla (případně je ještě někdy uváděna tahová síla vlákna, která je buď větší nebo menší než tíhová síla).

- B h) Na bod B působí tíhová síla a tahová síla závěsu, které mají stejnou velikost a jsou opačně orientované. Výslednice je nulová.
- B i) Na bod B působí tíhová síla, resp. na bod B působí tíhová síla a tahová síla závěsu, které mají stejnou velikost a jsou opačně orientované, dále působí na bod B dvě síly tečné k trajektorii, které mají stejnou velikost a jsou opačně orientované.
- B j) Na bod B působí pouze tíhová síla.
- B k) Ostatní nesprávné odpovědi nebo úloha v části B není řešena.
- B l) Úloha je řešena z pohledu neinerciální soustavy. Na bod B působí tahová síla závěsu, tíhová síla a síla odstředivá. Výslednice tíhové a odstředivé síly má stejnou velikost jako tahová síla závěsu, jejich orientace je opačná.

4. Úloha

- a) Správná odpověď i se zdůvodněním. Bod A se pohybuje rovnoměrně po kružnici. Dostředivé zrychlení je nenulové, tečné zrychlení je nulové. Výsledná síla působící na bod A je proto dostředivá (a má konstantní velikost). Je výslednicí tíhové síly a tahové síly závěsu. Má být zatržena odpověď e).
- b) Dostředivá síla je správně zakreslena do obrázku, zatržena odpověď e), ale zdůvodnění je nepřesné nebo chybí.
- c) Zatržená odpověď d) – výsledná síla má směr závěsu a je orientovaná od bodu závěsu.
- d) Zatržená odpověď g) – výsledná síla má směr tečny k trajektorii.
- e) Zatržená odpověď f) – výsledná síla je orientovaná od středu dráhy ve směru poloměru.
- f) Ostatní nesprávné odpovědi nebo řešení není uvedeno.
- g) Na těleso působí dostředivá a odstředivá síla, které se vzájemně vyruší. Tyto dvě síly jsou někdy uváděny jako jediné síly působící na těleso A, jindy se kromě nich objevuje ještě tečná síla, tahová síla závěsu nebo tíhová síla.

5. Úloha

- a) Správné řešení i se zdůvodněním. Síly, kterými na sebe obě nabitá tělesa vzájemně působí, jsou stejně velké opačného směru. Jsou to síly odpuzivé. Zatržena odpověď e).
- b) Zatržena správná odpověď, zdůvodnění nepřesné nebo chybí.

- c) Zatřena odpověď a).
- d) Zatřena odpověď b).
- e) Zatřena odpověď c).
- f) Zatřena odpověď d).
- g) Úloha neřešena.

6. Úloha

- a) Správné řešení týkající se družice i Země. Na obě tělesa působí stejně velké síly opačného směru. Jsou to síly přitažlivé, gravitační síly, jimiž na sebe obě tělesa vzájemně působí. Pro družici je síla, kterou ji Země přitahuje, silou dostředivou. Družice se pohybuje rovnoměrně po kružnici. Síla, kterou působí družice na Zemi, je stejně velká jako síla, kterou působí Země na družici; zrychlení, které tato síla Zemi uděluje, je však zanedbatelně malé, protože hmotnost Země je velká. Správně zatřená odpověď a), d).
- b) Správné řešení týkající se družice, nesprávné řešení týkající se Země.
- c) Správné řešení týkající se Země, nesprávné řešení týkající se družice.
- d) Nesprávné řešení týkající se družice i Země nebo úloha neřešena.

Dále jsou vytvořeny zvlášť kategorie odpovědí pro družici a Zemi. Odpovědi týkající se Země jsou rozděleny do sedmi kategorií.

- a₁) Správné řešení se správným zdůvodněním.
- a₂) Správné řešení se správným zdůvodněním, ale síly zakreslené v obrázku nejsou stejně velké (síla, kterou působí družice na Zemi je podstatně menší případně větší) nebo síla působící na Zemi není zakreslena .
- b) Síla správně zakreslena do obrázku, zatřena správná odpověď d), ale zdůvodnění je nepřesné, neúplné nebo vůbec chybí.
- c) Na Zemi nepůsobí žádná síla.
- d) Na Zemi působí dostředivá a odstředivá síla, které se vzájemně vyruší.
- e) Jiné nesprávné odpovědi.
- f) Úloha v části týkající se Země neřešena.

Odpovědi týkající se družice jsou rozděleny do šesti kategorií:

- a₁) Správné řešení.
- a₂) Správné řešení se správným zdůvodněním, ale síly zakreslené v obrázku nejsou stejně velké (síla, kterou působí Země na družici je podstatně větší) .
- b) Na družici působí dostředivá a odstředivá síla, které se vzájemně vruší.
- c) Výsledná síla, která na družici působí, je tečná k trajektorii a je orientovaná ve směru pohybu.
- d) Na družici působí dostředivá síla a síla tečná k trajektorii.
- e) Ostatní nesprávné odpovědi, resp. řešení neuvedeno.

2.4 Výsledky průzkumu provedeného na MFF UK (fyzika)

Jak již bylo řečeno v úvodu první části diplomové práce, tj. v úvodu kapitoly 2., byly již tyto výsledky publikovány v mé bakalářské práci. Uvádím je však i zde, vzhledem k možnosti nahlédnutí do všech získaných výsledků. Navíc jsou tyto výsledky nezbytné k vyvození konečných závěrů, které z průzkumu chceme získat. K uvedeným výsledkům jsem nyní také provedla statistická zpracování, která se týkají statistické významnosti rozdílu v rozložení odpovědí studentů v jednotlivých kategoriích mezi porovnávanými skupinami.

2.4.1 Podmínky a průběh průzkumu

Test jsem zadala studentům 1. a 2. ročníku obecné fyziky na MFF UK.

Studenti 1. ročníku řešili testy začátkem listopadu roku 2006, tedy asi měsíc po zahájení 1. semestru, ve kterém se probírá klasická mechanika. Testy studenti vyplňovali v části hodiny klasické mechaniky, bohužel se jich na tuto přednášku nedostavilo příliš mnoho. Průzkumu se zúčastnilo 59 studentů z toho 9 dívek a 50 chlapců. Na průzkum nebyli předem upozorněni. Doba na vyplňování testů nebyla omezena, studenti ho vyplňovali v rozmezí 30 - 45 minut.

Studentům 2. ročníku jsem testy zadala na konci října roku 2006. Studenti již absolvovali klasickou mechaniku v 1. ročníku. Myslím si, že by mohlo být zajímavé porovnání výsledků testů studentů 1. a 2. ročníku. Pokud by byla úspěšnost studentů 2. ročníku výrazně lepší, dalo by se usuzovat na vysokou efektivitu výuky klasické mechaniky v 1. ročníku, popř. by se dále zkoumaly příčiny tohoto rozdílu. Průzkumu se zúčastnilo 47 studentů z toho 5 dívek, 35 chlapců a 7 studentů nenapsalo své jméno ani pohlaví. Test jim nebyl předem oznámen a vyplňovali ho přibližně 30 - 45 minut.

2.4.2 Výsledky jednotlivých úloh

Výsledky testů jsem pro přehlednost zpracovala do jednotlivých tabulek (tabulky 1.1 – 6.2-c). Odpovědi jsem pro každou úlohu rozdělila do několika kategorií (viz. str.15 - 19). Počet odpovědí v jednotlivých kategoriích je v tabulkách vždy přepočítán na relativní četnost. V posledních dvou sloupcích tabulky je uvedena celková relativní četnost správných a nesprávných odpovědí. Někdy si můžeme všimnout, že celkový součet se liší o 1 % od součtů odpovídajících jednotlivých kategorií. Tento rozdíl je dán zaokrouhlováním. Kdyby výsledky v tabulkách byly uvedeny např. na dvě desetinná místa, viděli bychom, že výsledné součty odpovídají součtům příslušných kategorií. Výsledky uvedené na dvě desetinná místa by byly přesnější, avšak tabulky by se dle mého názoru staly nepřehlednými. Výsledky v tabulkách uvádím tedy zaokrouhlené, myslím si, že jejich přesnost je pro naše potřeby postačující a orientace v tabulkách je jednodušší. V tabulkách jsou kromě celkových výsledků také uvedeny zvlášť výsledky dívek a chlapců. Ve 2. ročníku někteří studenti neuvedli své jméno ani pohlaví, tito studenti jsou v tabulkách uváděny pod názvem ostatní.

Ke každé tabulce je dále připojen komentář, kde mimo jiné zmiňuji také statistickou významnost rozdílu mezi výsledky studentů 1. a 2. ročníku z roku 2006/07 a mezi výsledky studentů 1. ročníku z roku 1981/82 a studentů 1. ročníku z roku 2006/07. Pro určení statistické významnosti jsem využila chí - kvadrát test, konkrétněji jsem vycházela ze vztahu pro test nezávislosti a pro test homogenity multinomických rozdělení. Za nulovou hypotézu jsem si stanovila, že rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií u obou porovnávaných skupin je stejné. Alternativní hypotéza by tedy byla negace hypotézy nulové a to, že rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií u obou porovnávaných skupin je odlišné. Dále si volím 5 % hladinu významnosti. Pokud nám vypočtená hodnota chí – kvadrát testu vyjde pro příslušný stupeň volnosti vyšší, než je jeho tabulková hodnota, potom zamítáme nulovou hypotézu na 5 % hladině významnosti. Tedy můžeme říci, že s 95 % pravděpodobností rozdělení výsledků do jednotlivých kategorií odpovědí u obou porovnávaných skupin je různé. Pokud však vypočtená hodnota chí – kvadrát testu bude pro příslušný stupeň volnosti menší než její tabulková hodnota pro 5 % hladinu významnosti, znamená to, že nulovou hypotézu jsme nevyvrátili a tedy nemůžeme říci, že rozdělení odpovědí studentů do jednotlivých kategorií je různé. Rozdíly v rozdělení četností odpovědí v jednotlivých kategoriích nejsou tak velké, aby je bylo možné pokládat za jiné než náhodné. O pravděpodobnosti platnosti nulové hypotézy se z tohoto testu nic nedozvídáme. Jednotlivé výsledky statistického porovnání příslušných skupin jsou uvedeny v komentářích k tabulkám.

Výsledky 1. úlohy

V první úloze jsem odpovědi studentů rozdělila do sedmi kategorií (viz. str. 15). Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích jsou v tabulkách 1.1 a 1.2.

1. ročník

Tabulka 1.1: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	70	4	8	2	10	0	6	74	26
Dívky	56	0	33	0	11	0	0	56	44
Celkem	68	3	12	2	10	0	5	71	29

2. ročník

Tabulka 1.2: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	89	0	3	3	6	0	0	89	11
Dívky	100	0	0	0	0	0	0	100	0
Ostatní	86	0	14	0	0	0	0	86	14
Celkem	89	0	4	2	4	0	0	89	11

V 1. ročníku správně odpovědělo 71 % studentů, ve 2. ročníku 89 % studentů, tedy považujeme-li také za správnou odpověď, je-li třetí síla do obrázku správně zakreslena, ale zdůvodnění je nepřesné nebo chybí. Vidíme, že 2. ročník byl v řešení 1. úlohy úspěšnější. Přesto i 71 % správných odpovědí studentů 1. ročníku je poměrně hodně.

Většina nesprávných odpovědí vypovídá o tom, že se studenti domnívají, že síla působící na rovnoměrně přímočaře se pohybující těleso má směr pohybu (kategorie odpovědí c, d, e), často tuto sílu získávají jako výslednici složení dvou vektorů působících sil. V 1. ročníku má tuto představu 24 % studentů a ve 2. ročníku 11 % studentů, tedy všichni, kdo odpověděli špatně.

Z hlediska statistického porovnání zamítáme nulovou hypotézu na 5 % hladině významnosti, tedy můžeme říci, že s 95 % pravděpodobností je rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií studentů 1. a 2. ročníku různé.

V porovnání se studenty 1. ročníku fyziky na MFF UK, se kterými byl tento test prováděn ve školním roce 1981/1982, jsou současní studenti o 15 % úspěšnější. Tehdy odpovědělo správně 56 % studentů 1. ročníku. Musíme však vzít v úvahu, že průzkum v roce 1981/82 byl se studenty prováděn před zahájením výuky klasické mechaniky. Současným studentům byly testy zadávány přibližně v polovině výuky a dá se předpokládat, že měli toto učivo z části zopakováno.

Také u studentů z roku 1981/82 se nejčastěji vyskytovala chybná představa, kdy výsledná síla působící na rovnoměrně přímočaře se pohybující těleso má směr pohybu. Tato představa se tehdy vyskytla u 40 % studentů.

Podíváme-li se na statistickou významnost tohoto rozdílu, tak v tomto případě nedochází k zamítnutí nulové hypotézy. Nulovou hypotézu jsme nevyvrátili, nemůžeme tedy říci, že rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií u studentů z roku 1981/82 je různé jako u studentů z roku 2006/07. Nemůžeme zde tedy vyvodit jednoznačný závěr, která skupina studentů byla v řešení této úlohy úspěšnější.

Příklady nesprávných odpovědí

- „Třetí síla F_3 leží na ose pohybu. Působí ve směru pohybu a má libovolnou velikost (v tom případě zrychluje pohyb) nebo působí proti směru pohybu a její velikost je menší než výslednice F_1 a F_2 (v tom případě zpomaluje pohyb).“
- „Výslednice sil F_1 a F_2 je ve směru pohybu. Síla F_3 musí být tedy menší a opačného směru.“
- „Třetí síla F_3 je rovna výsledné síle působící na těleso, která je vektorovým součtem obou působících sil.“

Výsledky 2. úlohy

Odpovědi jsem opět rozdělila do jednotlivých kategorií (viz. str. 16), tentokrát do šesti. Výsledky jsou zaznamenány v tabulkách 2.1 a 2.2.

1. ročník

Tabulka 2.1: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+...+f)
Chlapci	76	0	0	10	6	8	76	24
Dívky	44	11	22	0	11	11	44	56
Celkem	71	2	3	8	7	8	71	29

2.ročník

Tabulka 2.2: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+...+f)
Chlapci	94	0	0	0	6	0	94	6
Dívky	40	0	0	40	0	20	40	60
Ostatní	86	0	0	14	0	0	86	14
Celkem	87	0	0	6	4	2	87	13

V 1. ročníku odpovědělo na tuto úlohu správně 71 % studentů. Jedna z nejčastějších nesprávných odpovědí byla, že výsledná síla působící v jednotlivých bodech má směr tečny k trajektorii a orientaci ve směru pohybu, případně že na míček působí tečná a tíhová síla (kategorie d). Tuto odpověď uvedlo 8 % studentů z 1. ročníku a 6 % studentů z 2. ročníku. Ve 2. ročníku řešilo úlohu správně 87 % studentů. I v této úloze byli studenti 2. ročníku o něco úspěšnější.

Při statistickém porovnání je vypočtená hodnota chí – kvadrát testu o něco málo vyšší než její tabulková hodnota, dochází tedy k zamítnutí nulové hypotézy na 5 % hla-

dině významnosti. Můžeme vyvodit závěr, že rozdíl četností odpovědí v jednotlivých kategoriích je mezi studenty 1. a 2. ročníku různý.

Procentuální úspěšnost studentů obou ročníků je poměrně vysoká a ve srovnání se studenty 1. ročníku z roku 1981/82 jsou současní studenti výrazně lepší. V roce 1981/82 odpovědělo správně 44 % studentů. Nejčastější špatná odpověď, kterou uvedlo 23 % studentů, byla stejná jako u studentů z roku 2006/07.

Výsledky statistického porovnání potvrzují původní předpoklad, že výsledky studentů prvních ročníků se liší. Při podrobnějším přepočítání došlo k zamítnutí nulové hypotézy, z čehož vyplývá, že s 95 % pravděpodobností se zastoupení odpovědí v jednotlivých kategoriích studentů 1. ročníku z roku 1981/82 liší od zastoupení odpovědí v jednotlivých kategoriích studentů 1. ročníku z roku 2006/07.

Příklady nesprávných odpovědí:

- V bodě A: „Směr výsledné síly je tečný (působí tíhová a dopředná složka síly).“
 V bodě B: „Směr výsledné síly je tečný (dopředná složka je stále stejná, svislá složka míří nahoru, je menší než v bodě A dochází zde k tlumení).“
 V bodě C: „Zde je pouze dopředná složka síly (směr tečný), bod se nepohybuje ani nahoru ani dolů.“
 V bodě D: „V bodě D je situace stejná jako v bodě B jen svislá složka směřuje dolů.“
- V bodě A: „Na těleso působí tíhová síla F_G a síla ve vodorovném směru F_1 , kterou bylo těleso vrženo.“
 V bodě B: „Zde také působí F_G a F_1 . Těleso bylo urychleno v okamžiku odrazu od podložky.“
 V bodě C: „Působí zde síly stejné jako v bodě B. V tomto bodě se vyrovnalo zrychlení způsobené odrazem od podložky s tíhovou silou.“
 V bodě D: „Působí zde síly stejné jako v bodě A.“

Výsledky 3. úlohy

Tato úloha měla dvě části. Kategorie odpovědí byly vytvořeny pro každou část zvlášť (viz. str. 16-17). Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 3.1 a 3.2.

1. ročník

Tabulka 3.1: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Chlapci	14	94	2	4	0	14	14	56	0	0	6	10	14	86
Dívky	22	100	0	0	0	22	22	33	0	0	22	0	22	78
Celkem	15	95	2	3	0	15	15	53	0	0	8	8	15	85

2.ročník

Tabulka 3.2: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	A					B							správně (a)	nesprávně (b,.....g)
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Chlapci	23	91	0	6	3	23	3	34	0	0	9	31	23	77
Dívky	0	100	0	0	0	0	20	40	0	0	40	0	0	100
Ostatní	14	71	0	14	14	14	14	14	0	14	0	43	14	86
Celkem	19	89	0	6	4	19	6	32	0	2	11	30	19	81

V 1. ročníku odpovědělo správně na obě části úlohy 15 % studentů, což je poměrně málo. V první části úlohy odpověděla většina studentů (95 %) správně. Studenti odpovídali špatně převážně na druhou část úlohy, pouhých 15 % studentů zde znalo správnou odpověď. Přibližně stejný počet studentů (15 %) se domnívá, že výslednice působících sil má směr tečny k trajektorii a je orientována ve směru pohybu (kategorie g). Několik studentů (8 %) řešilo druhou část úlohy z pohledu neinerciální soustavy (kategorie l).

Ve 2. ročníku odpovědělo správně na obě části úlohy 19 % studentů. Pouze tito studenti znali správnou odpověď ve druhé části úlohy. V první části úlohy odpovědělo správně 89 % studentů. Poměrně hodně studentů (30 %) řešilo tuto úlohu z hlediska neinerciální soustavy, přestože na začátku testu bylo výrazně napsáno, že všechny úlohy se mají řešit v soustavě inerciální. Svědčí to buď o nepozornosti studentů nebo o tom, že si někteří studenti při řešení této úlohy neuvědomili přesný rozdíl mezi těmito soustavami. Nejčastější nesprávnou odpovědí v druhé části bylo, že na bod působí dvě síly (tahová síla závěsu a gravitační síla), které jsou stejně velké, opačného směru a jejichž výslednice je nulová (kategorie h). Tuto odpověď uvedlo 32 % studentů. V 1. ročníku to bylo dokonce 53 % studentů.

Podíváme-li se na výsledky těchto dvou skupin ze statistického hlediska, tak přestože výsledky jsou na první pohled podobné, při statistických výpočtech dochází k zamítnutí nulové hypotézy. Závěr tedy je, že s 95 % pravděpodobností je rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií u studentů 1. a 2. ročníku odlišné.

Při porovnání studentů prvních ročníků je zřejmé, že současní studenti byli v řešení této úlohy opět úspěšnější než studenti v roce 1981/82. Tehdy odpověděla správně na obě části úlohy pouze 4 % studentů. První část úlohy řešilo úspěšně 77 % studentů, druhou část pouze 4 % studentů. Nejčastější nesprávná odpověď (37 %), která se u studentů vyskytovala, spadala do kategorie h (tj. na hmotný bod působí tíhová síla a tahová síla závěsu, ty mají stejnou velikost, ale opačnou orientaci). Dále studenti často zakreslovali výslednou sílu působící na hmotný bod jako tečnu k trajektorii, orientovanou ve směru pohybu.

Prvotní předpoklad, že současní studenti byli při řešení této úlohy úspěšnější, potvrzují i statistické výpočty, které vedou k zamítnutí nulové hypotézy a závěru, že s 95 % pravděpodobností se rozdělení odpovědí v jednotlivých kategoriích u studentů prvních ročníků liší.

Příklady nesprávných odpovědí

- „Na bod B působí stejné síly jako na nepohybující se bod A, tedy gravitační síla a síla provázku, které jsou stejně velké, opačného směru a jejich výslednice je tedy nulová.“
- „Na bod B působí tahová síla provázku, proti ní působí stejně velká gravitační síla, navíc na bod B působí setrvačná síla F_s udržující hmotný bod v pohybu, tato síla má směr tečny k trajektorii.“
- „Na bod B působí gravitační síla, odstředivá síla ve stejném směru a vazbová síla, která tyto dvě síly kompenzuje.“

Výsledky 4. úlohy

Relativní četnosti odpovědí jsou uvedeny v tabulkách 4.1 a 4.2. Kategorie odpovědí jsou na str.17.

1. ročník

Tabulka 4.1: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+....+g)
Chlapci	70	4	12	4	6	4	0	74	26
Dívky	22	22	22	22	0	11	0	44	56
Celkem	63	7	14	7	5	5	0	69	31

2.ročník

Tabulka 4.2: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+....+g)
Chlapci	57	11	20	3	0	9	0	69	31
Dívky	20	0	0	60	0	20	0	20	80
Ostatní	29	0	29	14	0	29	0	29	71
Celkem	49	9	19	11	0	13	0	57	43

Tuto úlohu řešilo správně 69 % studentů z 1. ročníku a 57 % studentů z 2. ročníku. Pokud tedy za správné odpovědi budeme považovat i ty, jejichž zdůvodnění je nepřesné nebo úplně chybné. Můžeme si všimnout, že v této úloze byli studenti 1. ročníku úspěšnější než studenti 2. ročníku, což je možná i trochu překvapivé. Nejčastější nesprávná odpověď u obou ročníků byla, že výsledná síla má směr závěsu a směřuje od bodu závěsu. V 1. ročníku takto odpovědělo 14 % studentů a v 2. ročníku 19 % studentů.

Při statistickém zpracování jsme došli k závěru, že platí nulová hypotéza (rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií se u obou skupin neliší. Tedy rozdíly mezi čest-

nostmi odpovědí v jednotlivých kategoriích mezi studenty 1. a 2. ročníku nejsou statisticky významné.

Při srovnání s výzkumem z roku 1981/82 zjistíme, že tehdy byla nejčastější nesprávnou odpovědí také odpověď, kdy výsledná síla má směr závěsu a směřuje od bodu závěsu, uvedlo ji 26 % řešitelů. Správnou odpověď tehdy uvedlo 35 % řešitelů. Jako druhé nejčastější nesprávné řešení studenti tehdy i nyní zakreslovali výslednou sílu jako tečnu k trajektorii. V roce 1981/82 toto řešení uvedlo 22 % studentů, nyní to bylo v 1. ročníku 7 % studentů a ve 2. ročníku 11 % studentů. Pokud porovnáme výsledky studentů 1. ročníku fyziky na MFF UK z roku 1981/82 s výsledky studentů z roku 2006/2007 vidíme, že současní studenti jsou při řešení této úlohy úspěšnější.

Tento závěr potvrzují také statistické výpočty, kdy s 95 % pravděpodobností se četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích u studentů z roku 1981/82 a studentů z roku 2006/07 liší.

Příklady nesprávných odpovědí

- „Výsledná síla působí podél závěsu od bodu závěsu a je součtem gravitační a odstředivé síly.“
- „Odstředivá a gravitační síla se sečtou a vyruší se se silou závěsu. Zůstane pouze síla ve směru pohybu.“
- „Směr síly udává směr rychlosti a okamžitá rychlost má směr tečny k trajektorii.“

Výsledky 5. úlohy

Relativní četnosti odpovědí jsou uvedeny v tabulkách 5.1 a 5.2. Kategorie odpovědí jsou na str. 17-18.

1. ročník

Tabulka 5.1: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	78	8	2	4	0	8	0	86	14
Dívky	56	22	0	0	0	22	0	78	22
Celkem	75	10	2	3	0	10	0	85	15

2.ročník

Tabulka 5.2: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+....+g)
Chlapci	86	3	0	3	0	9	0	89	11
Dívky	100	0	0	0	0	0	0	100	0
Ostatní	100	0	0	0	0	0	0	100	0
Celkem	89	2	0	2	0	6	0	91	9

Správné řešení této úlohy uvedlo v 1. ročníku 85 % studentů a ve 2. ročníku 91 % studentů (považujeme-li za správnou i odpověď bez zdůvodnění nebo se zdůvodněním nepřesným). Všimněme si, že tuto úlohu řešila většina studentů správně.

Při využití statistických výpočtů dostáváme závěr, že nulová hypotéza platí, tedy rozdíly mezi četnostmi odpovědí v jednotlivých kategoriích studentů 1. ročníku a studentů 2. ročníku nejsou statisticky významné (nemůžeme říci, že četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích jsou při porovnání obou ročníků různé).

Srovnáme-li tyto výsledky s průzkumem provedeným v roce 1981/82 zjistíme, že větší úspěšnosti dosáhli současní studenti (v roce 1981/82 řešilo správně tuto úlohu 67 % řešitelů). Většina nesprávných odpovědí tehdy i nyní spadala do kategorie f, kde se studenti domnívají, že náboje v této úloze se odpuzují a náboj o menší velikosti je odpuzován větší silou. Ostatní nesprávné odpovědi se vyskytovaly pouze ojediněle.

Vyšší úspěšnost studentů z roku 2006/07 nám také potvrzuje statistické zpracování, kdy dochází k zamítnutí nulové hypotézy na 5 % hladině významnosti. Můžeme tedy vyvodit závěr, že rozdíly mezi četnostmi odpovědí v jednotlivých kategoriích jsou statisticky významné.

Příklady nesprávných odpovědí

- „Dva kladné náboje se odpuzují. Náboj Q_1 odpuzuje Q_2 dvakrát více, vektor Q_2 musí být dvakrát větší.“
- „Stejně náboje se odpuzují a síla je přímo úměrná náboji a nepřímo úměrná čtverci vzdálenosti. (Zatržena odpověď d.)“
- „Podle 3. Newtonova zákona (akce a reakce) na sebe náboje působí stejně velkou silou opačného směru. Q_1 působí dvakrát větší silou jako Q_2 , ale Q_2 působí na Q_1 stejně velkou silou jako Q_1 na Q_2 , ale opačného směru. Celkově tedy náboje působí naproti sobě stejně velkou silou. (Zatržena odpověď b.)“

Výsledky 6. úlohy

Zde bylo rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií (viz str. 18-19) poněkud obtížnější. Výsledky jsou uvedeny ve třech tabulkách pro každou skupinu. V první tabulce jsou zaznamenány výsledky celé úlohy. Ve druhé tabulce najdeme relativní četnosti

odpovědí týkajících se pouze Země a třetí tabulka se týká odpovědí vztahujících se k družici.

1. ročník

Tabulka 6.1-a (celkově): Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Chlapci	76	0	22	2	76	24
Dívky	44	0	22	33	44	56
Celkem	71	0	22	7	71	29

Tabulka 6.1-b (Země): Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+...+f)
Chlapci	78	12	8	0	0	0	2	98	2
Dívky	67	0	0	0	0	11	22	67	33
Celkem	76	10	7	0	0	2	5	93	7

Tabulka 6.1-c (družice): Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+...+e)
Chlapci	68	8	16	0	0	8	76	24
Dívky	44	0	22	11	0	22	44	56
Celkem	64	7	17	2	0	10	71	29

Celou úlohu řešilo v 1. ročníku správně 71 % studentů (viz. tabulka 6.1-a). 7 % řešitelů neodpovědělo správně ani na jednu část úlohy.

Pokud za správnou odpověď považujeme také odpověď s chybějícím či nepřesným zdůvodněním, řešilo část týkající se Země úspěšně celkem 93 % studentů. Někteří studenti uvedli správná řešení, ale síly, které zakreslili, neměly stejné velikosti. Tyto odpovědi jsem zařadila do kategorie a₂ a považuji je také za správné. 5 % studentů tuto úlohu vůbec neřešilo. Procentuální zastoupení odpovědí v jednotlivých kategoriích pro tuto část úlohy můžeme vidět v tabulce 6.1-b.

Část úlohy, která se týkala družice, řešilo správně 71 % studentů (viz. tabulka 6.1-c). Nejvíce chybných odpovědí (17 %) uvádí, že na družici působí odstředivá a do- středivá síla, které se navzájem vyruší. 2 % řešitelů se domnívají, že výsledná síla působící na družici je tečná k trajektorii a má směr pohybu družice. 10 % studentů tuto část úlohy neřešilo nebo jejich řešení nespadovalo do žádné z vytvořených kategorií.

2.ročník

Tabulka 6.2-a (celkově): Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Chlapci	57	0	34	9	57	43
Dívky	40	0	60	0	40	60
Ostatní	29	0	43	29	29	71
Celkem	51	0	38	11	51	49

Tabulka 6.2-b (Země): Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+...+f)
Chlapci	80	6	6	0	3	0	6	91	9
Dívky	80	0	0	0	0	0	0	80	0
Ostatní	57	14	0	0	14	14	0	71	29
Celkem	77	9	4	0	4	2	4	89	11

Tabulka 6.2-c (družice): Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+...+e)
Chlapci	57	0	23	3	0	17	57	43
Dívky	20	20	0	60	0	0	40	60
Ostatní	29	0	71	0	0	0	29	71
Celkem	49	2	28	9	0	13	51	49

Ve 2. ročníku odpovědělo na obě části úlohy správně 51 % studentů. 38 % studentů řešilo správně pouze část týkající se Země a 11 % řešitelů nebylo úspěšných ani v jedné části úlohy.

Podíváme-li se na část úlohy týkající se Země (viz. tabulku 6.2-b), vidíme, že úlohu řešilo správně celkem 89 % studentů. Přibližně 4 % studentů se domnívala, že na Zemi působí odstředivá a dostředivá síla, které se navzájem vyruší.

V části, která se týkala družice (viz. tabulka 6.2-c), odpovědělo správně 51 % studentů. Také zde se několik studentů (9 %) domnívá, že výsledná síla působící na družici je tečná k trajektorii a má směr pohybu družice.

Porovnáme-li tyto výsledky s 1. ročníkem, zjistíme, že překvapivě o něco úspěšnější byli studenti 1. ročníku.

Při podrobnějším statistickém zpracování, dostáváme závěry, že v části týkající se družice a v části týkající se Země nejsou rozdíly v rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií statisticky významné (platí nulová hypotéza na 5 % hladině významnosti). Zaměříme-li se na celkové výsledky (tabulky 6.1.-a, 6.2.-a), dochází při výpočtech k zamítnutí nulové hypotézy. Můžeme tedy říci, že rozdíly v četnostech odpovědí v jednotlivých kategoriích mezi studenty 1. a 2. ročníku již jsou statisticky významné.

Srovnáme-li výsledky současných studentů prvního ročníku s výsledky studentů z roku 1981/82, vidíme, že celou úlohu řešilo tehdy správně pouze 25 % studentů. Část týkající se Země vyřešilo úspěšně 74 % studentů (za správné považujeme i odpovědi s nepřesným či žádným zdůvodněním). Na část úlohy, jež se vztahovala k družici, odpovědělo správně celkem 27 % řešitelů. Nejčastější nesprávná představa byla stejná jako u současných studentů (na družici působí odstředivá a dostředivá síla, tyto síly se navzájem vyruší). Takto odpovědělo 43 % studentů. 14 % studentů se domnívalo, že výsledná síla působící na družici je tečná k trajektorii družice. Z tohoto porovnání můžeme pozorovat zlepšení v úspěšnosti řešení úlohy u současných studentů oproti studentům z roku 1981/82.

Při statistickém porovnání těchto dvou skupin žáků, dojdeme k zamítnutí nulové hypotézy, jak pro celou úlohu, tak i pro její jednotlivé části. Dostáváme tedy závěr, že s 95 % pravděpodobností je rozdělení odpovědí studentů obou skupin do jednotlivých kategorií různé. Na základě porovnání četností obou skupin tedy můžeme říci, že současní studenti byli při řešení šesté úlohy úspěšnější.

Příklady nesprávných odpovědí

Pro družici:

- „Na družici působí gravitační síla Země, odstředivá síla a výsledná síla ve směru tečny k trajektorii způsobující pohyb a zakřivení dráhy (tato síla je někdy také nazývána jako setrvačnost).“
- „Síla gravitační a odstředivá, která působí na družici, se musí rovnat, jinak by se družice k Zemi blížila nebo se od ní vzdalovala.“

Pro Zemi:

- „Lze uvažovat, že družice na Zemi působí gravitační silou, ale ta musí být zanedbatelně malá.“

2.5 Výsledky průzkumu provedeného na MFF- UK (učitelství ZŠ – SŠ)

2.5.1 Podmínky a průběh průzkumu

Testy byly studentům 1. ročníku oboru Učitelství pro ZŠ a SŠ zadány na první hodině cvičení z mechaniky, tedy začátkem října roku 2007. (Výsledky studentů učitelství fyziky na MFF UK z roku 2006 neporovnávám, protože v prvním ročníku tohoto oboru byli pouze 4 studenti, z nichž dva se s tímto testem již setkali, a navíc v semináři, který předcházal cvičení, kde byl test zadán, se řešily obdobné problémy. Porovnání by tedy nebylo objektivní.) Úlohy byly zadány jak studentům prezenčního studia, tak studentům kombinovaného studia. Kombinované studium navštěvují především lidé z praxe, kteří učí a chtějí si doplnit vzdělání. V prezenčním studiu řešilo testy šest studentů, z toho bylo 5 chlapců a jedna dívka, v kombinovaném studiu vyplňovalo testy 11 studentů, z toho bylo 8 chlapců a 3 dívky. Pro nízký počet respondentů jsem výsledky obou skupin vyhodnotila a zpracovala dohromady.

Studenti měli na vyřešení testu 45 minut a nikdo nebyl na průzkum předem upozorněn. Pouze jeden student přešel na tento obor z oboru obecná fyzika, kde studoval

předcházejí rok v 1. ročníku, je tedy možné, že se již s testem setkal při provádění průzkumu v roce 2006 u studentů 1. ročníků obecné fyziky.

2.5.2 Výsledky jednotlivých úloh

Pro každou úlohu byly vytvořeny kategorie (viz. str. 15 – 19), do nichž jsem odpovědi studentů zařazovala. V tabulkách 7 – 12.3 jsou uvedeny relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích. I zde si můžeme všimnout, že v některých tabulkách neodpovídají celkové součty relativních četností součtům příslušných kategorií. Tento rozdíl je opět dán zaokrouhlováním relativních četností v jednotlivých kategoriích, jak již bylo podrobněji vysvětleno v kapitole 2.4.2.

Výsledky 1. úlohy

Celkové výsledky první úlohy jsou uvedeny v tabulce 7. Jednotlivé kategorie, do nichž byly odpovědi řazeny jsou k nalezení na straně 15.

Tabulka 7: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	62	0	31	0	8	0	0	62	38
Dívky	25	0	75	0	0	0	0	25	75
Celkem	53	0	41	0	6	0	0	53	47

Z výsledků v této tabulce vidíme, že na první úlohu odpovědělo správně celkem 53 % studentů. Většina studentů, kteří odpověděli chybně, se domnívá, že třetí síla působící na těleso je orientována ve směru pohybu (kategorie c). Kromě této odpovědi se vyskytla také odpověď, kdy třetí síla je orientována ve směru pohybu (výslednice prvních dvou sil či jiná síla) nebo je orientována proti směru pohybu, je však menší než výslednice prvních dvou sil (kategorie e). Obě tyto odpovědi spadají mezi prekoncepce studentů, kdy se studenti domnívají, že ve směru pohybu tělesa musí vždy působit síla. Z hodnot uvedených v tabulce si také můžeme všimnout, že chlapci byli v řešení této úlohy podstatně úspěšnější než dívky.

Pro srovnání se můžeme podívat, jak dopadl průzkum, který byl prováděn se studenty učitelství v letech 1981/82. Tehdy se ale průzkumu zúčastnilo celkem 178 studentů, což je podstatně více než v roce 2007 (17 studentů). To je třeba zohlednit při srovnávání výsledků. V roce 1981/82 řešilo tuto úlohu správně 51 % studentů. Vidíme, že procentuální úspěšnost studentů z roku 1981/82 a studentů současných se příliš neliší. Stejně tak nejčastější chybné řešení bylo tehdy stejné jako u současných studentů, spadá do kategorie c) a odpovědělo tak 37 % studentů.

Při statistickém porovnávání používáme chí-kvadrát test, který je vhodný i pro takto početně odlišné skupiny. Pokud by procentuelní rozdělení správných a chybných odpovědí malé skupiny bylo výrazně jiné než u velké skupiny, test by to prokázal - došlo by k zamítnutí nulové hypotézy. Konkrétně v této úloze však k zamítnutí nulové

hypotézy nedochází, rozdíly v rozdělení četností odpovědí v jednotlivých kategoriích nejsou tak velké, aby je bylo možné pokládat za jiné než náhodné.

Příklady nesprávných odpovědí

- „ F_3 musí být umístěna tak, aby výslednice všech sil F_1, F_2, F_3 byla ve směru pohybu daného tělesa.“
- „Složením síly F_1, F_2 dostaneme výslednou sílu. Síla F_3 s ní musí být rovnoběžná.“ „Složení sil F_1, F_2, F_3 vždy musí dát sílu ve směru pohybu tělesa.“
- „Síla F_3 je vektorovým součtem sil F_1 a F_2 .“

Výsledky 2. úlohy

Relativní četnosti odpovědí druhé úlohy jsou uvedeny v tabulce 8. Jednotlivé kategorie, do kterých byly odpovědi studentů zařazovány, jsou uvedeny na str. 16.

Tabulka 8: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+...+f)
Chlapci	38	8	0	23	23	8	38	62
Dívky	0	25	25	25	0	25	0	100
Celkem	29	12	6	24	18	12	29	71

Vidíme, že u druhé úlohy byli studenti učitelství již méně úspěšní, správně odpovědělo 29 % studentů. I zde byli úspěšnější chlapci než dívky, žádná z dívek neuvédla správné řešení. Nejčastější chybnou odpovědí (24 %) bylo řešení, kdy se studenti domnívali, že výslednice všech sil působících na míček má ve všech bodech směr tečný k trajektorii a je orientována ve směru pohybu míčku (kategorie d). Často také zakreslovali v různých bodech různé kombinace vodorovných a svislých sil různých orientací, které působí na míček (kategorie e).

Podíváme-li se na výsledky studentů z roku 1981/82, pozorujeme, že i zde je úspěšnost studentů velmi podobná, správně tuto úlohu vyřešilo 20 % studentů. Nejvíce uváděné chybné řešení patřilo do kategorie e a uvedlo ho celkem 27 % studentů

Prvotní závěr, že úspěšnost studentů obou skupin je podobná, také potvrzují statistické výpočty, kdy nedochází k vyvrácení nulové hypotézy na 5 % hladině významnosti. Opět můžeme formulovat závěr, že rozdíly v četnosti rozdělení odpovědí do kategorií jsou ze statistického hlediska náhodné.

Příklady nesprávných odpovědí

- „V každém bodě působí svisle dolů tíhová síla F_G a síla setrvačnosti, která vznikla uvedením míče do pohybu. Jejich výslednice je pak síla působící ve směru pohybu míče.“

- A: „Na bod působí tíhová síla F_G svisle dolů a síla F_1 ve směru vodorovném.“
- B: „Na bod působí síla F_G a síla F_1 ve směru tečny k trajektorii.“
- C: „Na bod působí síla F_G a síla F_1 ve směru vodorovném.“
- D: „Na bod působí síla F_G a síla F_1 ve směru tečny k trajektorii.“

Výsledky 3. úlohy

Výsledky třetí úlohy jsou uvedeny v tabulce 9. Tato úloha se skládala ze dvou částí, jednotlivé kategorie, do kterých jsem odpovědi řadila jsou na str. 16-17.

Tabulka 9: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k			l
Chlapci	0	69	8	15	8	0	31	38	8	0	8	15	0	100
Dívky	0	50	0	50	0	0	25	25	0	25	0	25	0	100
Celkem	0	65	6	24	6	0	29	35	6	6	6	18	0	100

Z výsledků uvedených v tabulce vidíme, že žádný z řešitelů neodpověděl správně na obě části úlohy.

První část úlohy vyřešilo úspěšně 65 % studentů. 24 % studentů zakreslilo do obrázku pouze tíhovou sílu, jakožto jedinou a výslednou sílu, která působí na zavěšené těleso.

Druhou část úlohy nevyřešil správně nikdo. V části B se mezi nesprávnými odpověďmi nejčastěji objevovalo zdůvodnění, že na hmotný bod působí tíhová síla a síla závěsu tak, že jejich výsledná síla je nulová (kategorie h). Další velmi častou nesprávnou odpovědí bylo, že výsledná síla působící na hmotný bod je tečná k trajektorii a orientovaná ve směru pohybu (kategorie g). Poměrně hodně studentů (18 %) řešilo tuto úlohu z pohledu neinerciální soustavy (kategorie l).

Studenti, se kterými byl průzkum prováděn v roce 1981/82, byli o něco úspěšnější v řešení této úlohy než současní studenti. Obě části úlohy vyřešila správně celkem 3 % studentů. První část úlohy vyřešilo úspěšně celkem 75 % studentů, ve druhé části byla úspěšná už pouze 3 % studentů. Nejčastější nesprávnou odpovědí byla řešení spadající do kategorie g (46 % odpovědí).

Při statistickém zpracování nedochází k zamítnutí nulové hypotézy na 5 % hladině významnosti. Nemůžeme tedy říci, že rozdíly v rozdělení četností odpovědí do jednotlivých kategorií jsou u studentů obou skupin různé.

Příklady nesprávných odpovědí

- „V bodě B: Na hmotný bod působí gravitační síla (vždy svisle dolů) a síla způsobená závěsem. V tomto bodě jsou obě síly stejně velké, opačně orientované, výslednice je tedy nulová.“
- „V bodě B působí síla gravitační, odstředivá, síla vlákna a síla setrvačná (tečná k trajektorii).“
- „Hmotný bod B: působí tíhová síla, odstředivá síla a dostředivá síla ($F_G + F_O = F_D$).“

Výsledky 4. úlohy

V tabulce 10 jsou uvedeny relativní četnosti odpovědí spadajících do jednotlivých kategorií čtvrté úlohy. Přesné znění jednotlivých kategorií je na str. 17.

Tabulka 10: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	31	0	31	23	0	15	0	31	69
Dívky	0	0	25	50	0	0	25	0	100
Celkem	24	0	29	29	0	12	6	24	76

Čtvrtou úlohu řešilo správně celkem 24 % studentů. Z výsledků uvedených v tabulce vidíme, že mezi nejčastější nesprávné odpovědi patřila zdůvodnění, že výsledná síla má směr závěsu a je orientována od bodu závěsu (kategorie c) nebo že výsledná síla má směr tečny k trajektorii (kategorie d).

Také při řešení této úlohy byli studenti v roce 1981/82 úspěšnější než studenti současní, úlohu řešilo správně celkem 34 % studentů. V roce 1981/82 se studenti nejčastěji domnívali (37 %), že výslednice sil má ve všech bodech směr tečný k trajektorii a je orientovaná ve směru pohybu míčku (kategorie d).

Tento rozdíl v úspěšnosti však není statisticky významný. Statistické výpočty ukazují, že nedojde k vyvrácení nulové hypotézy, rozdíly v rozložení odpovědí do jednotlivých kategorií u obou skupin studentů jsou ze statistického hlediska náhodné.

Příklady nesprávných odpovědí

- „Dostředivá a odstředivá síla jsou díky zavěšení v rovnováze, těleso se musí pohybovat ve směru výslednice. Pokud je trajektorií kružnice, musí být výslednicí tečna.“
- „Složením tíhové síly a síly odstředivé vznikne výsledná síla směřující podél závěsu od bodu závěsu.“ (Místo odstředivé síly bývá někdy uváděna síla setrvačná.)
- „Výsledná síla uvádí hmotný bod do pohybu (udává mu zrychlení), má tedy stejný směr jako rychlost.“

Výsledky 5. úlohy

Výsledky této úlohy jsou zpracovány v tabulce 11. Jednotlivé kategorie, do kterých byly odpovědi řazeny, jsou uvedeny na str. 17-18.

Tabulka 11: Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	38	8	8	0	15	31	0	46	54
Dívky	50	0	25	0	0	25	0	50	50
Celkem	41	6	12	0	12	29	0	47	53

V páté úloze správně odpovědělo 47 % studentů (považujeme-li za správné odpovědi také řešení, kde zdůvodnění je nepřesné či úplně chybí). Mezi nejčastěji uváděné nesprávné odpovědi patřilo řešení spadající do kategorie f, kdy se souhlasné náboje odpuzují a náboj o dvojnásobné velikosti je odpuzován poloviční silou. Při řešení této úlohy byly poprvé úspěšnější dívky než chlapci.

Porovnáme-li tyto výsledky s výsledky získanými z průzkumu v roce 1981/82, kdy úspěšnost studentů v řešení páté úlohy dosáhla 49 %, vidíme, že úspěšnost současných studentů byla opět trochu nižší. Také tehdy spadaly nejčastěji uváděné chybné odpovědi do kategorie f (29 %).

I v této úloze při podrobnějším statistickém zpracování zjistíme, že rozdíl v úspěšnosti studentů obou skupin není statisticky významný (opět nedojde k zamítnutí nulové hypotézy na 5 % hladině významnosti).

Příklady nesprávných odpovědí

- „Náboje jsou souhlasné, tudíž se odpuzují. Náboj Q_1 je dvakrát větší než Q_2 , takže na Q_2 působí dvojnásobnou silou.“
- „Dva náboje stejného druhu se odpuzují. Náboj Q_1 má sílu dvakrát větší.“

Výsledky 6. úlohy

Výsledky této úlohy jsou uvedeny celkem ve třech tabulkách. V tabulce 12.1 jsou nejprve celkové výsledky šesté úlohy. V tabulce 12.2 vidíme výsledky, týkající se pouze Země. A v tabulce 12.3 jsou uvedeny relativní četnosti odpovědí, které se týkají pouze družice. Jednotlivé kategorie pro tuto úlohu najdeme na str. 18-19.

Tabulka 12.1 (celkově): Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Chlapci	23	0	54	23	23	77
Dívky	50	0	50	0	50	50
Celkem	29	0	53	18	29	71

Tabulka 12.2 (Země): Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+....+f)
Chlapci	54	23	0	0	0	8	15	77	23
Dívky	50	50	0	0	0	0	0	100	0
Celkem	53	29	0	0	0	6	12	82	18

Tabulka 12.3 (družice): Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+....+e)
Chlapci	23	0	31	31	8	8	23	77
Dívky	25	25	0	25	25	0	50	50
Celkem	24	6	24	29	12	6	29	71

Z celkových výsledků uvedených v tabulce 12.1 vidíme, že správně řešilo celou úlohu 29 % studentů. Poměrně hodně studentů (53 %) vyřešilo správně pouze část úlohy, která se týkala Země (kategorie c), nikdo ze studentů nevyřešil správně pouze část týkající se družice (kategorie b). 18 % studentů neodpovědělo správně ani na jednu část úlohy (kategorie d).

V tabulce 12.2 jsou uvedeny výsledky, které se týkají Země. Na část týkající se Země odpovědělo správně celkem 82 % studentů (pokud považujeme za správnou odpověď také správné řešení bez správného zdůvodněním nebo správná řešení, kde síly zakreslené v obrázku nejsou stejně velké nebo síla působící na Zemi není zakreslena). 12 % studentů tuto úlohu vůbec neřešilo (kategorie f).

V tabulce 12.3 jsou uvedeny výsledky, které se týkají družice. Vidíme, že tuto část úlohy řešilo správně 29 % studentů (pokud opět za správné řešení považujeme správné řešení i se zdůvodněním, kde však zakreslené síly nemají stejnou velikost, popř. nejsou vůbec zakresleny). Můžeme si také všimnout, že studenti kteří řešili správně tuto část úlohy, řešili úspěšně také část týkající se Země. Nejčastější nesprávnou odpovědí bylo řešení, kdy výsledná síla působící na družici je tečná k trajektorii a je orientována ve směru pohybu (kategorie c). Tuto odpověď uvedlo celkem 29 % studentů. Dalším častým zdůvodněním bylo, že na družici působí odstředivá a dostředivá síla, které se vzájemně vyruší (kategorie b).

Ve srovnání s průzkumem z roku 1981/82 byli současní studenti při řešení této úlohy úspěšnější. V roce 1981/82 odpovědělo na tuto úlohu úspěšně pouze 15 % studentů, 34 % studentů nevyřešilo správně ani jednu část úlohy. Část týkající se Země řešilo úspěšně celkem 60 % studentů, 24 % studentů tuto část úlohy vůbec neřešilo. Část týkající se družice řešilo správně celkem 21 % studentů. Nejčastěji se vyskytovaly chybné odpovědi, které spadaly do kategorií b, c. Relativní četnost v obou kategoriích byla 24 %.

Rozdíl v úspěšnosti řešení této úlohy, kterou dosáhli studenti z roku 2007/08 a studenti z roku 1981/82, není statisticky významný. Při statistickém zpracování nedošlo, pro žádnou část úlohy, k vyvrácení nulové hypotézy na 5 % hladině významnosti, tedy nemůžeme říci, že rozdíly v rozdělení odpovědí studentů obou skupin do jednotlivých kategorií jsou různé.

Příklady nesprávných odpovědí

Pro družici:

- „Země působí na družici silou F_G , jež je současně v tomto systému silou dostředivou. Na družici dál působí síla setrvačná F_S , jež má v každém bodě směr tečny k trajektorii (kružnici) oběhu.“
- „Aby se družice udržela na orbitě, musí být síly v rovnováze, jedná se o gravitační sílu Země a sílu odstředivou.“

Pro Zemi: Na tuto část úlohy odpovídali studenti většinou správně. Někteří tuto úlohu neřešili nebo uvedli netradiční řešení, která neokomentovali.

2.6 Výsledky průzkumu provedeného na gymnáziích

2.6.1 Podmínky a průběh průzkumu

Testy jsem zadávala na čtyřech gymnáziích studentům čtvrtých ročníků. V rámci bakalářské práce jsem již zpracovala výsledky tří tříd ze dvou gymnázií. Zbylé materiály jsem vyhodnotila později a přehled všech výsledků uvádím v této diplomové práci.

Průzkum jsme prováděla na čtyřech gymnáziích, celkem v devíti třídách. Tři gymnázia jsou pražská – gymnázia jsem pro zjednodušení označila písmeny A, L, Š a jedno gymnázium je ze Žďáru nad Sázavou – gymnázium dále značím písmenem Ž. Testy jsem na gymnáziích zadávala v průběhu prosince 2006 a ledna 2007.

Záměrně byla pro průzkum vybrána gymnázia A a L, neboť právě na těchto gymnáziích byl průzkum prováděn také v letech 1983/84. Tehdy se průzkumu zúčastnilo celkem pět tříd, z toho čtyři třídy měly přírodovědné zaměření a jedna třída měla zaměření humanitní. V roce 2006/07 byl na gymnáziu Ž průzkum prováděn ve třech třídách, výuka v těchto třídách nebyla nijak speciálně zaměřena. Gymnázium poskytuje všeobecné středoškolské vzdělání s důrazem na studium jazyků a širokou nabídku volitelných předmětů. Podobné je to i na pražském gymnáziu Š, kde se průzkumu zúčastnily dvě všeobecně zaměřené třídy. Naopak na gymnáziu A byl průzkum prováděn u žáků dvou tříd, jejichž zaměření bylo přírodovědné. Na gymnáziu L se průzkumu zúčastnily také dvě třídy, z nichž jedna byla zaměřena na všeobecné vzdělání (L-b) a druhá byla zaměřena na vzdělání přírodovědné (L-a). Dále z výsledků průzkumu uvidíme, že právě mezi těmito třídami je patrný značný rozdíl, kdy žáci z přírodně zaměřené třídy byli v průzkumu mnohem úspěšnější.

Třídy gymnázia A jsem označila A-a a A-b. Na gymnáziu A se průzkumu zúčastnilo celkem 50 studentů, ve třídě A-a to bylo 23 studentů z toho 12 chlapců a 11 dívek, ve třídě A-b byly testy zadány 27 studentům, z nichž bylo 15 chlapců a 12 dívek. Na gymnáziu L jsem testy zadávala celkem 50 studentům. Třídy gymnázia L dále značím L-a a L-b. Ve třídě L-a se průzkumu zúčastnilo 25 studentů z toho 15 chlapců a 10 dívek, ve třídě L-b bylo přítomno také 25 studentů z toho bylo 8 chlapců a 17 dívek. Třídy gymnázia Š jsem označila Š-a a Š-b. Ve třídě Š-a se průzkumu zúčastnilo celkem 27 studentů z toho 7 chlapců a 20 dívek, ve třídě Š-b to bylo 19 studentů z toho 14 chlapců a 5 dívek. Dohromady se tedy na gymnáziu Š průzkumu zúčastnilo 46 studentů. Třídy gymnázia Ž označuji Ž-a, Ž-b a Ž-c, ve třídě Ž-a testy řešilo 25 studentů, ve třídě Ž-b 23 studentů a ve třídě Ž-c 26 studentů. Celkem byly testy na gymnáziu Ž zadávány 74

studentům. Celkový počet studentů gymnázií, kteří se průzkumu zúčastnili, je 220. Na všech gymnáziích měli studenti na vypracování testů celou vyučovací hodinu (tedy 45 minut). Žádná ze tříd nebyla na test předem upozorněna.

Při zadávání testů na žďárském gymnáziu jsem pro neodkladné studijní povinnosti nemohla být přítomna a studenti bohužel v testech neuvedli svá jména. Proto v tabulkách chybí bližší rozdělení na dívky a chlapce. Myslím si, že to kvalitu tohoto zpracování nijak neovlivnilo. Nemohu však ohodnotit přístup a zodpovědnost studentů na žďárském gymnáziu při řešení testů. Studenti pražských gymnázií přistupovali k testu, až na málo výjimek, velice pozitivně. Bohužel při zadávání testů ve třídě L-a na gymnáziu L jsem opět z časových důvodů nebyla přítomna, nemohla jsem tedy dohlížet na korektnost provádění průzkumu v této třídě. Zadávající učitel byl však přítomen při provádění průzkumu ve třídě L-b a seznámen s podmínkami správného provádění průzkumu.

2.6.2 Výsledky jednotlivých úloh

Pro zajímavost a možnost porovnání uvádím výsledky jednotlivých gymnázií a také jednotlivých tříd. Výsledky jsou zpracovány v tabulkách 13 – 36.3-c. Hodnoty jsou uváděny v relativních četnostech. Případné nerovnosti celkových součtů uvedených v posledních dvou sloupcích tabulky a součtů jednotlivých příslušných kategoriích jsou dány zaokrouhlováním (podrobněji vysvětleno v kapitole 2.4.2).

Také zde při porovnávání jednotlivých gymnázií, uvádím statistickou významnost rozdílu v rozdělení četností odpovědí do jednotlivých kategoriích. Podrobnější postup z čeho jsem při určování této statistické významnosti rozdílu vycházela a jak jsem postupovala je uveden v kapitole 2. 4.2. na str. 20.

Výsledky 1. úlohy

Výsledky první úlohy jsou zaznamenány v tabulkách 13 - 16.3. Jednotlivé kategorie, do kterých jsou odpovědi řazeny, jsou na straně 15. Nejprve vždy uvádím celkové výsledky gymnázia a poté i výsledky jednotlivých tříd.

Gymnázium A

Tabulka 13: Gymnázium A (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+....+g)
Chlapci	15	0	78	7	0	0	0	15	85
Dívky	0	0	70	4	4	22	0	0	100
Celkem	8	0	74	6	2	10	0	8	92

Tabulka 13.1: Třída A-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	8	0	83	8	0	0	0	8	92
Dívky	0	0	82	0	0	18	0	0	100
Celkem	4	0	83	4	0	9	0	4	96

Tabulka 13.1: Třída A-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	20	0	73	7	0	0	0	20	80
Dívky	0	0	58	8	8	25	0	0	100
Celkem	11	0	67	7	4	11	0	11	89

Vidíme, že tuto úlohu řešilo správně pouze 8 % studentů, zaměříme-li se na jednotlivé třídy, pozorujeme, že ve třídě A-a odpověděla správně pouze 4 % studentů, ve třídě A-b to bylo 11 % studentů. Výsledky třídy A-b jsou o něco lepší než třídy A-a, přesto procentuální úspěšnost žáků při řešení této úlohy je velmi nízká.

Představu, že k pohybu je nezbytná síla působící ve směru pohybu tělesa má celkem 82 % studentů (jsou to kategorie odpovědí c, d, e), ve třídě A-a má tuto představu dokonce 87 % studentů, ve třídě A-b 78 % studentů.

Z výsledků je dále patrné, že chlapci byli při řešení této úlohy úspěšnější než dívky, žádná z dívek nevyřešila tuto úlohu správně.

Gymnázium L

Tabulka 14: Gymnázium L (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	13	17	39	13	9	0	9	30	70
Dívky	19	15	41	0	0	19	7	33	67
Celkem	16	16	40	6	4	10	8	32	68

Tabulka 14.1: Třída L-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	20	27	20	20	7	0	7	47	53
Dívky	50	40	0	0	0	0	10	90	10
Celkem	32	32	12	12	4	0	8	64	36

Tabulka 14.2: Třída L-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	0	0	75	0	13	0	13	0	100
Dívky	0	0	65	0	0	29	6	0	100
Celkem	0	0	68	0	4	20	8	0	100

Na gymnáziu L řešilo tuto úlohu správně celkem 32 % studentů. Podíváme-li se však na jednotlivé třídy, vidíme velké rozdíly v úspěšnosti řešení. Ve třídě L-a odpovědělo správně na první úlohu 64 % studentů (budeme-li za správnou odpověď považovat i správně zakreslené řešení s nepřesným či žádným zdůvodněním), zatímco ve třídě L-b úlohu neřešil správně žádný student. Ve třídě L-b jsem studentům zadávala test osobně. Bohužel při zadávání testů ve třídě L-a jsem ze studijních důvodů nemohla být přítomna, nemohu tedy zaručit korektnost provádění průzkumu. Navíc zdůvodnění ke správně zatrženým odpovědím byla v této třídě často nepřesná až zmatená. Výraznější rozdíl v úspěšnosti těchto tříd by mohl být způsoben také odlišným zaměřením obou tříd. Třída L-a, kde byli studenti úspěšnější, má přírodovědné zaměření, oproti tomu třída L-b má zaměření všeobecné.

Podíváme-li se na procentuální výskyt odpovědí, kde studenti využívají představy síly působící ve směru pohybu, vidíme, že tato představa se celkem vyskytuje u 50 % studentů (kategorie c,d,e). Ve třídě L-a má tuto představu 28 % studentů, ve třídě L-b 72 % studentů. I zde je patrný výrazný rozdíl mezi třídami.

Z výsledků uvedených v tabulkách vidíme, že zde byly při řešení o něco úspěšnější dívky než chlapci, nejvíce je to patrné u třídy L-a.

Gymnázium Š

Tabulka 15: Gymnázium Š (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	14	0	43	5	14	24	0	14	86
Dívky	4	0	52	20	4	16	4	4	96
Celkem	9	0	48	13	9	20	2	9	91

Tabulka 15.1: Třída Š-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	29	0	29	0	14	29	0	29	71
Dívky	5	0	55	25	5	5	5	5	95
Celkem	11	0	48	19	7	11	4	11	89

Tabulka 15.2: Třída Š-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	7	0	50	7	14	21	0	7	93
Dívky	0	0	40	0	0	60	0	0	100
Celkem	5	0	47	5	11	32	0	5	95

Tuto úlohu řešilo správně celkem 9 % řešitelů. Ve třídě Š-a bylo úspěšných 11 % studentů, ve třídě Š-b 5 % studentů.

Většina studentů, tj. celkem 70 % (ve třídě Š-a je to 74 % studentů, ve třídě Š-b 63 % studentů) se domnívá, že výsledná síla, která působí na rovnoměrně přímočaře se pohybující těleso, má směr a orientaci pohybu, tj. kategorie c, d, e. Ve třídě Š-b odpovědělo 32 % studentů, že třetí síla působící na těleso je úhlová síla (kategorie f). Celkem se tato odpověď objevila u 20 % studentů.

Vidíme, že při řešení této úlohy byli úspěšnější chlapci než dívky.

Gymnázium Ž

Tabulka 16: Gymnázium Ž (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Celkem	20	8	36	12	7	16	0	28	72

Tabulka 16.1: Třída Ž-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Celkem	0	0	40	8	4	48	0	0	100

Tabulka 16.2: Třída Ž-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Celkem	22	4	48	9	17	0	0	26	74

Tabulka 16.3: Třída Ž-c (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Celkem	38	19	23	19	0	0	0	58	42

Vidíme, že jedna třída byla v řešení této úlohy podstatně úspěšnější. Zatímco ve třídě Ž-a úlohu neřešil správně nikdo, ve třídě Ž-b odpovědělo správně 26 % studentů a ve třídě Ž-c řešilo úlohu úspěšně dokonce 58 % studentů, pokud tedy budeme za správnou odpověď považovat i správně zakreslené řešení, kde zdůvodnění je nepřesné nebo úplně chybí. Celkově tuto úlohu řešilo správně 28 % studentů.

Představu, že výsledná síla má směr a orientaci pohybu tělesa (kategorie c, d, e), má celkem 55 % studentů, ve třídě Ž-a je to 52 % studentů, ve třídě Ž-b 74 % studentů

a ve třídě Ž-c 42 % studentů. Ve třídě Ž-a se téměř polovina studentů (48 %) domnívá, že třetí síla působící na těleso pohybující se přímočaře stálou rychlostí je síla tíhová.

Bohužel ani na tomto gymnáziu jsme při zadávání testů nebyla přítomna a nemohla tak dohlížet na korektnost průběhu průzkumu.

Podíváme-li se na celkové výsledky gymnázií, pozorujeme zde značné rozdíly. U gymnázií A a Š je celková úspěšnost žáků v řešení testu nižší než u gymnázií L a Ž. Na gymnáziích A a Š jsem testy zadávala osobně. Na školách nebo ve třídách, kde jsem nebyla průzkumu přítomna, dopadly testy výrazně lépe, můžeme to pozorovat u dvou tříd gymnázia Ž (Ž-b, Ž-c) a u třídy L-a. Přesto procentuální zastoupení jednotlivých kategorií odpovědí jsou celkem podobná, lze tedy usuzovat, že studenti gymnázií mají podobné představy o vztahu síly a pohybu.

Při statistickém porovnání celkových výsledků gymnázií zjistíme, že nedojde k vyvrácení nulové hypotézy pro dvojice gymnázií A-Š, L-Ž, Š-Ž, nemůžeme tedy říci, že rozložení odpovědí do jednotlivých kategorií je u těchto dvojic gymnázií různé. Naopak u dvojic gymnázií A-L, A-Ž a L-Š zamítáme nulovou hypotézu (na 5 % hladině významnosti), tedy s pravděpodobností 95 % je rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií u obou porovnávaných skupin vždy odlišné.

Ve srovnání se studenty gymnázií, s nimiž byl průzkum proveden v roce 1983/84, si můžeme všimnout, že úspěšnost při řešení této úlohy je u současných studentů o trochu vyšší, především u gymnázií L a Ž, méně patrné je to u současných studentů gymnázií A a Š, kteří dosahují podobných výsledků jako studenti před 25-ti lety. Průzkum byl v roce 1983/84 prováděn na dvou pražských gymnáziích. Na prvním gymnáziu řešilo úlohu správně celkem 8 % studentů, na druhém nevyřešil tuto úlohu správně nikdo. Nejčastější nesprávná odpověď, kterou studenti uváděli, byla, že třetí síla, jež na těleso působí, má směr pohybu tělesa (je buď výslednicí prvních dvou sil nebo jiná síla). Tuto odpověď (kategorie c) uvedlo 77 % a 65 % studentů. I u současných studentů se tato odpověď objevovala nejčastěji (74 %, 40 %, 48 % a 36 % studentů).

Statistické srovnání gymnázií z roku 2006/07 s gymnázií z roku 1983/84 (tato dvě gymnázia pro zjednodušení dále značíme GA(83) a GB(83)) nám poskytlo tyto výsledky: K zamítnutí nulové hypotézy dochází u dvojic gymnázií GA(83)-L, GA(83)-Š, GA(83)-Ž, GB(83)-L, GB(83)-Ž. Rozložení četností odpovědí do jednotlivých kategorií je u těchto dvojic gymnázií odlišné, potvrzuje to tedy částečně vyjádření v odstavci výše. Můžeme tedy říci, že studenti gymnázií L a Ž z roku 2006/07 jsou úspěšnější v řešení první úlohy než studenti obou gymnázií z roku 1983/84. Naopak k vyvrácení nulové hypotézy nedochází u dvojic gymnázií GA(83)-A, GB(83)-A, GB(83)-Š. U těchto dvojic nemůžeme říci, zda byli někteří studenti v řešení první úlohy úspěšnější, neboť rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií se u těchto dvojic gymnázií neliší. Závěr by tedy mohl být, že studenti gymnázia A z roku 2006/07 dosáhli v řešení první úlohy přibližně stejné úspěšnosti jako studenti obou gymnázií z roku 1983/84.

Příklady nesprávných odpovědí

- „Třetí síla F_3 , která působí na těleso, je výslednicí sil F_1 a F_2 . Zjistíme ji doplněním sil na kosodélník.“
- „Třetí síla je výsledná síla, která táhne těleso. Určuje směr táhnutí.“

- „Může mít různou velikost. Nemůže působit jinak, protože už by vypadala trajektorie jinak.“
- „Třetí silou je gravitační síla působící na každé těleso na Zemi.“

Třetí sílu, kterou studenti zakreslovali ve směru pohybu tělesa, často nazývali „hnací síla“.

Výsledky 2. úlohy

Odovědi studentů gymnázií jsem opět rozdělila do jednotlivých kategorií, viz str. 16. V tabulkách 17 – 20.3 jsou uvedeny jejich relativní četnosti.

Gymnázium A

Tabulka 17: Gymnázium A (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+...+f)
Chlapci	7	7	4	30	48	4	7	93
Dívky	0	0	22	39	17	22	0	100
Celkem	4	4	12	34	34	12	4	96

Tabulka 17.1: Třída A-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+...+f)
Chlapci	17	0	8	42	33	0	17	83
Dívky	0	0	36	27	27	9	0	100
Celkem	9	0	22	35	30	4	9	91

Tabulka 17.2: Třída A-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+...+f)
Chlapci	0	13	0	20	60	7	0	100
Dívky	0	0	8	50	8	33	0	100
Celkem	0	7	4	33	37	19	0	100

Z výsledků uvedených v tabulkách vidíme, že tuto úlohu řešila správně pouze 4 % studentů gymnázia A. Ve třídě A-a vyplnili testy správně 9 % studentů, ve třídě A-b neřešil tuto úlohu správně nikdo.

Představu, že na míč během pohybu musí působit síla tečná k trajektorii s orientací ve směru pohybu, uvedlo celkem 84 % studentů (kategorie odpovědí b,c,d,e), ve třídě A-a to bylo 87 % studentů a ve třídě A-b 81 % studentů.

I v této úloze byli úspěšnější chlapci než dívky (žádná z dívek tuto úlohu nevyřešila správně).

Gymnázium L

Tabulka 18: Gymnázium L (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+....+f)
Chlapci	4	0	0	35	52	9	4	96
Dívky	4	0	4	33	37	22	4	96
Celkem	4	0	2	34	44	16	4	96

Tabulka 18.1: Třída L-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+....+f)
Chlapci	7	0	0	33	47	13	7	93
Dívky	0	0	0	40	20	40	0	100
Celkem	4	0	0	36	36	24	4	96

Tabulka 18.2: Třída L-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+....+f)
Chlapci	0	0	0	38	63	0	0	100
Dívky	6	0	6	29	47	12	6	94
Celkem	4	0	4	32	52	8	4	96

Úspěšnost studentů gymnázia L při řešení této úlohy byla 4 %. Stejná úspěšnost byla i v obou třídách L-a a L-b.

Celkem 80 % studentů má představu o nezbytnosti síly působící ve směru pohybu míče. Ve třídě L-a tuto představu uvedlo 72 % studentů, ve třídě L-b 88 % studentů.

Vidíme, že celková úspěšnost chlapců a dívek byla stejná, ve třídě L-a však byli úspěšnější chlapci, naopak ve třídě L-b odpovědělo správně více dívek.

Gymnázium Š

Tabulka 19: Gymnázium Š (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+....+f)
Chlapci	19	0	10	29	24	19	19	81
Dívky	4	8	4	40	16	28	4	96
Celkem	11	4	7	35	20	24	11	89

Tabulka 19.1: Třída Š-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+...+f)
Chlapci	14	0	0	29	14	43	14	86
Dívky	0	5	5	45	15	30	0	100
Celkem	4	4	4	41	15	33	4	96

Tabulka 19.2: Třída Š-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+...+f)
Chlapci	21	0	14	29	29	7	21	79
Dívky	20	20	0	20	20	20	20	80
Celkem	21	5	11	26	26	11	21	79

Tuto úlohu řešilo správně celkem 11 % studentů. Zde můžeme pozorovat výrazný rozdíl mezi jednotlivými třídami, ve třídě Š-a odpověděla správně 4 % studentů, ve třídě Š-b odpovědělo správně výrazně více studentů, 21 % studentů.

Většina studentů, kteří řešili tuto úlohu nesprávně, tj. 66 % studentů, se domnívá, že síla působící na míč v bodech A, B, C, D je tečná k trajektorii a má směr pohybu (této představy se týkají kategorie odpovědí b, c, d, e). Ve třídě Š-a uvedlo tuto představu 64 % studentů, ve třídě Š-b 68 % studentů.

Gymnázium Ž

Tabulka 20: Gymnázium Ž (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+...+f)
Celkem	28	4	5	30	5	27	28	72

Tabulka 20.1: Třída Ž-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+...+f)
Celkem	0	4	4	52	12	28	0	100

Tabulka 20.2: Třída Ž-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+...+f)
Celkem	22	0	9	48	0	22	22	78

Tabulka 20.3: Třída Ž-c (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	správně (a)	nesprávně (b+...+f)
Celkem	62	8	4	8	8	12	62	38

Správně odpovědělo celkem 28 % řešitelů, i když podíváme-li se na konkrétní výsledky, můžeme si všimnout, že ve třídě Ž-a neznal správnou odpověď žádný student, naproti tomu ve třídě Ž-b zakreslilo řešení správně 22 % studentů a ve třídě Ž-c dokonce 62 % studentů.

Nejčastějším nesprávným řešením bylo opět zakreslení výsledné síly působící na míček v každém bodě jako tečny k trajektorii s orientací ve směru pohybu, popřípadě zakreslení ve vyznačených bodech tečné síly a síly tíhové. Toto řešení uvedlo celkem 44 % studentů (ve třídě Ž-a 72 % studentů, ve třídě Ž-b 57 % studentů a ve třídě Ž-c 28 % studentů). Poměrně hodně odpovědí studentů ze všech gymnázií je zařazeno v kategorii f. Někteří studenti tuto úlohu vůbec neřešili nebo zakreslili řešení pouze v některých bodech. Často také zakreslili takové kombinace sil, které se nedaly zařadit do žádné kategorie.

Podíváme-li se na celkové výsledky všech gymnázií, vidíme, že gymnázia A a L dosahují v průměru stejných výsledků, kdy správně odpověděla pouze 4 % studentů. Tento prvotní závěr nám také potvrzují podrobnější statistické výpočty. Nedochozí zde k zamítnutí nulové hypotézy, tedy nemůžeme říci, že rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií je u studentů obou gymnázií různé.

Na první pohled se může zdát, že studenti gymnázia Š dosáhli o něco lepších výsledků, správně odpovědělo 11 % studentů. Při statistickém zpracování však zjišťujeme, že tento rozdíl není statisticky významný. Můžeme tedy tyto poznatky shrnout a dostáváme závěr, že rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií není u studentů gymnázií A, L a Š různé (nedošlo zde k vyvrácení nulové hypotézy na 5 % hladině významnosti).

Z tabulek vidíme, že studenti gymnázia Ž byli úspěšnější než studenti ostatních gymnázií (správně odpovědělo 28 % studentů). To potvrzují i statistické výpočty, kdy vychází, že rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií u studentů gymnázia Ž se liší od rozdělení odpovědí u studentů gymnázia A, L a Š (u všech dvojic gymnázií Ž-A, Ž-L, Ž-Š zamítáme nulovou hypotézu). Pro zajímavost si ještě můžeme všimnout jednotlivých tříd gymnázia Ž, vidíme, že na vyšší úspěšnosti studentů tohoto gymnázia se výrazně podílela především třída Ž-c, ve které odpovědělo správně 62 % studentů. Jak jsem již uvedla, při zadávání testů na tomto gymnáziu jsem bohužel nebyla přítomna, nemohla jsem tedy dohlížet na správné provedení průzkumu.

Dále porovnáme výsledky studentů těchto čtyř gymnázií s výsledky studentů gymnázií z roku 1983/84. Tehdy řešila tuto úlohu úspěšně na obou gymnáziích 3 % studentů. Nejčastěji se studenti mylně domnívali (stejně jako současní studenti), že výsledná síla působící na míček má ve všech bodech směr pohybu a je tečná k trajektorii. Na obou gymnáziích takto odpovědělo 43 % studentů. Na první pohled by se mohlo zdát, že výsledky současných studentů se u této úlohy, ve srovnání s výsledky tehdejších studentů, liší jen nepatrně, především u gymnázií A a L, gymnázium Ž dosáhlo oproti současným gymnáziím i gymnáziím z roku 1983/84 výrazně lepších výsledků.

Z podrobnějších statistických výpočtů, které se zaměřují na celkové rozdělení odpovědí studentů do jednotlivých kategorií, vyplývá, že pouze studenti gymnázia Š nemají různé rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií jako studenti obou gymnázií z roku 1983/84 (tedy nulovou hypotézu jsme na 5 % hladině významnosti nevyvrátili u dvojic gymnázií GA(83)-Š a GB(83)-Š). U všech ostatních gymnázií z roku 2006/07 se rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií liší od rozdělení odpovědí gymnázií z roku 1983/84 (tedy pro všechny zbývající dvojice GA(83)-A, GA(83)-L, GA(83)-Ž, GB(83)-A, GB(83)-L, GB(83)-Ž zamítáme nulovou hypotézu na 5 % hladině významnosti).

Příklady nesprávných odpovědí

V bodě A: „Na míč působí gravitační síla a také síla, kterou je míč hozen a která udává směr. Výsledná síla F_1 je síla složená.“

V bodě B: „Síla F_2 vzniká při odrazu míče od stolu, je v odporu s gravitační silou, proto je menší a míč už nevyletí tak vysoko.“

V bodě C: „Zde působí na míč gravitační síla a síla vložená při hodů, výslednicí je síla F_3 .“

V bodě D: „Na míč působí gravitační síla a počáteční síla hodů, výsledná síla je F_4 .“

Odpovědi tohoto typu se vyskytovaly u studentů nejčastěji. Lišily se většinou v počtu a pojmenování sil, které na míček v daných bodech působí (nejčastěji se objevovalo pojmenování „pohybové síly“). Výsledná síla však byla většinou zakreslena jako tečna k trajektorii.

Někdy také studenti skládali složky síly se složkami rychlosti.

Výsledky 3. úlohy

Jednotlivé kategorie pro odpovědi jsou na straně 16-17. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 21 - 24.3.

Gymnázium A

Tabulka 21: Gymnázium A (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Chlapci	0	37	7	52	4	0	63	4	19	4	4	7	0	100
Dívky	0	30	9	57	4	0	74	0	17	4	4	0	0	100
Celkem	0	34	8	54	4	0	68	2	18	4	4	4	0	100

Tabulka 21.1: Třída A-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Chlapci	0	67	0	33	0	0	67	8	8	0	0	17	0	100
Dívky	0	45	0	55	0	0	91	0	0	9	0	0	0	100
Celkem	0	57	0	43	0	0	78	4	4	4	0	9	0	100

Tabulka 21.2: Třída A-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Chlapci	0	13	13	67	7	0	60	0	27	7	7	0	0	100
Dívky	0	17	17	58	8	0	58	0	33	0	8	0	0	100
Celkem	0	15	15	63	7	0	59	0	30	4	7	0	0	100

Z tabulek vidíme, že nikdo ze studentů nevyřešil obě části úlohy správně.

První část úlohy (A) řešilo správně celkem 34 % studentů, ve třídě A-a to bylo dokonce 57 % studentů, ve třídě A-b pouze 15 % studentů. Můžeme si všimnout, že velká část studentů se domnívá, že na těleso zavěšené na vlákně, které je v klidu, působí pouze tíhová síla (kategorie d). Celkem tuto odpověď uvedlo 54 % studentů, ve třídě A-b to bylo dokonce 63 % studentů.

Problémy studentům dělala především druhá část úlohy (B), tuto část nevyřešil žádný student správně. Většina studentů, celkem 86 %, se domnívá, že na pohybující se hmotný bod zavěšený na vlákně musí působit síla, která má směr a orientaci pohybu, je tedy tečná k trajektorii tělesa (kategorie g,i). Ve třídě A-a má tuto představu 82 % studentů a ve třídě A-b 89 % studentů. Celkem 4 % studentů řešila tuto úlohu z pohledu neinerciální soustavy (kategorie l).

Gymnázium L

Tabulka 22: Gymnázium L (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Chlapci	0	4	0	91	4	0	43	0	39	9	9	0	0	100
Dívky	0	0	0	100	0	0	33	0	44	11	11	0	0	100
Celkem	0	2	0	96	2	0	38	0	42	10	10	0	0	100

Tabulka 22.1: Třída L-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Chlapci	0	7	0	87	7	0	40	0	40	13	7	0	0	100
Dívky	0	0	0	100	0	0	0	0	60	20	20	0	0	100
Celkem	0	4	0	92	4	0	24	0	48	16	12	0	0	100

Tabulka 22.1: Třída L-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Chlapci	0	0	0	100	0	0	50	0	38	0	13	0	0	100
Dívky	0	0	0	100	0	0	53	0	35	6	6	0	0	100
Celkem	0	0	0	100	0	0	52	0	36	4	8	0	0	100

Také na gymnáziu L žádný student neodpověděl na obě části úlohy správně.

První část úlohy vyřešila úspěšně celkem pouze 2 % studentů, ve třídě L-a to byla 4 % studentů a ve třídě L-b nevyřešil první část úlohy správně nikdo. Ve třídě L-b odpověděli všichni studenti, že na hmotný bod zavěšený na vlákně, který je v klidu, působí pouze tíhová síla. Ve třídě L-a do této kategorie spadá 92 % studentů. Celkem má tuto představu tedy 96 % studentů.

Druhou část úlohy nevyřešil žádný student správně. Opět se většina studentů domnívá, že pro pohybující se hmotný bod je nutná síla tečná k trajektorii a orientovaná ve směru pohybu. Celkem takto odpovědělo 80 % studentů, ve třídě L-a to bylo 72 % studentů a ve třídě L-b 88 % studentů. I ve druhé části se někteří studenti (10 %) domnívají, že na pohybující se hmotný bod zavěšený na vlákně působí pouze tíhová síla (kategorie j).

Gymnázium Š

Tabulka 23: Gymnázium Š (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Chlapci	5	71	5	14	10	5	33	19	19	5	14	5	5	95
Dívky	0	44	4	32	20	8	24	4	52	0	12	0	0	100
Celkem	2	57	4	24	15	7	28	11	37	2	13	2	2	98

Tabulka 23.1: Třída Š-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Chlapci	14	100	0	0	0	14	14	14	14	0	29	14	14	86
Dívky	0	55	0	25	20	10	20	5	55	0	10	0	0	100
Celkem	4	67	0	19	15	11	19	7	44	0	15	4	4	96

Tabulka 23.2: Třída Š-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Chlapci	0	57	7	21	14	0	43	21	21	7	7	0	0	100
Dívky	0	0	20	60	20	0	40	0	40	0	20	0	0	100
Celkem	0	42	11	32	16	0	42	16	26	5	11	0	0	100

Na obě části úlohy odpověděla správně 2 % studentů, ve třídě Š-a mají správnou představu 4 % studentů, ve třídě Š-b neodpověděl správně žádný student.

První část úlohy řešilo úspěšně 57 % řešitelů. 24 % studentů se v první části úlohy (A) mylně domnívá, že na bod zavěšený na vlákně působí pouze tíhová síla. Ve třídě Š-a odpovědělo na první část úlohy správně 67 % studentů, ve třídě Š-b to bylo o něco méně, 42 % studentů. Odpověď, že na zavěšené těleso působí pouze tíhová síla, uvedlo ve třídě Š-a 19 % studentů a ve třídě Š-b 32 % studentů.

V části B bylo úspěšných celkem 7 % řešitelů (ve třídě Š-a to bylo 11 % řešitelů, ve třídě Š-b neodpověděl správně nikdo). Více jak polovina studentů (65 %) si představuje, že výsledná síla působící na kývající se hmotný bod má směr a orientaci pohybu (kategorie g, i). Ve třídě Š-a má tuto představu 63 % studentů, ve třídě Š-b 68 % studentů. Celkem 2 % studentů tuto úlohu řešila v neinerciální soustavě (kategorie l) a 11 % studentů se domnívá, že řešení je stejné jako správné řešení v části A (kategorie h).

Gymnázium Ž

Tabulka 24: Gymnázium Ž (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Celkem	15	74	7	12	7	15	35	23	3	11	11	3	15	85

Tabulka 24.1: Třída Ž-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Celkem	0	44	16	28	12	0	52	4	4	24	12	4	0	100

Tabulka 24.2: Třída Ž-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Celkem	0	91	4	4	0	0	26	52	4	0	17	0	0	100

Tabulka 24.3: Třída Ž-c (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	A					B						správně (a)	nesprávně (b,.....g)
		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
Celkem	42	88	0	4	8	42	27	15	0	8	4	4	42	58

Celkem 15 % studentů vyřešilo obě části této úlohy správně. Podíváme-li se však na výsledky jednotlivých tříd, vidíme zde značné rozdíly. Ve třídě Ž-a a Ž-b nikdo ze studentů nevyřešil obě části úlohy správně, oproti tomu ve třídě Ž-c vyřešilo celou úlohu úspěšně dokonce 42 % studentů!

Na první část úlohy odpovědělo správně celkem 74 % řešitelů. Ve třídě Ž-b to bylo dokonce 91 % studentů, ve třídě Ž-c 88 % studentů a ve třídě Ž-a 44 % studentů.

Na druhou část úlohy odpovědělo správně celkem 15 % studentů. O tento výsledek se však zasloužila opět třída Ž-c, ve které řešilo tuto část úlohy úspěšně 42 % studentů, ve třídě Ž-a ani Ž-b nevyřešil tuto část úlohy správně žádný student. I zde se velká část studentů (38 %) domnívá, že výsledná síla působící na bod B je tečna k trajektorii a má směr pohybu (kategorie g, i), ve třídě Ž-a je to 56 % studentů, ve třídě Ž-b 30 % studentů a ve třídě Ž-c 27 % studentů. Celkem 23 % studentů uvedlo, že na pohybující se hmotný bod působí tíhová síla a tahová síla závěsu, které mají stejnou velikost a jsou opačně orientované, výslednice je tedy nulová (kategorie h). Ve třídě Ž-b má tuto představu dokonce 52 % studentů. Celkem 11 % řešitelů také odpovědělo, že na bod B působí pouze tíhová síla (kategorie j).

Podíváme-li se na celkové výsledky gymnázií uvedené v tabulkách, můžeme si všimnout, že úspěšnost studentů při řešení této úlohy byla velmi malá. Na gymnáziu A a L nevyřešil obě části úlohy správně žádný student, na gymnáziu Š řešila úspěšně obě části úlohy 2 % studentů a největší úspěšnosti dosáhli studenti gymnázia Ž, kde úlohu správně vyřešilo 15 % studentů.

Při statistickém zpracování jsme zjistili, že pro každá dvě gymnázia z roku 2006/07 dochází k zamítnutí nulové hypotézy, tedy rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií je pro každá dvě gymnázia z roku 2006/2007 různé.

V roce 1983/84 neřešil nikdo ze studentů obě části úlohy správně. V první části bylo úspěšných 49 % a 37 % studentů. Ve druhé části nebyl úspěšný žádný student na obou gymnáziích. Nejčastěji se studenti gymnázií z roku 1983/84 chybně domnívali (stejně jako studenti současní), že výsledná síla, která na kývající se těleso působí, má směr pohybu a je tečná k trajektorii (tuto představu uvedlo 68 % a 62 % studentů). V první části úlohy studenti nejvíce chybovali, když zakreslili pouze tíhovou sílu, jež působí na těleso (do kategorie d spadá 34 %, 44 % odpovědí studentů).

Porovnáme-li tyto výsledky se současnými studenty, dostáváme ze statistického hlediska závěr, že gymnázia GA(83)-Š a GB(83)-Š mají podobná rozdělení odpovědí studentů do jednotlivých kategorií (nedochází k vyvrácení nulové hypotézy). Ostatní gymnázia ve srovnání s gymnáziem z roku 1983/84 mají rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií odlišná (nulová hypotéza se zamítá). Můžeme tedy říci, že nejméně úspěšní byli v této úloze studenti gymnázia L.

Příklady nesprávných odpovědí

- „Na kývající se hmotný bod působí gravitační síla a síla, která jej uvádí do pohybu. Směr této síly může být doprava nebo doleva.“
- „Na bod B působí gravitační síla a tahová síla vlákna, které jsou v rovnováze, navíc na bod působí dvě síly, stejně velké, opačného směru, které kuličku vychylují z rovnovážné polohy.“
- „Hmotný bod B uvádí do pohybu tíhová síla, která v okamžiku zachyceném na obrázku je rovna síle provázku. Výslednice je rovna nule.“

Síla uvádějící bod do pohybu bývá někdy označována jako „pohybová síla“. Tato síla je zakreslována jako tečna k trajektorii.

Výsledky 4. úlohy

Kategorie odpovědí jsou na str. 17. Výsledky pro obě gymnázia jsou uvedeny v tabulkách 25 - 28.3.

Gymnázium A

Tabulka 25: Gymnázium A (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	7	4	19	44	15	7	4	11	89
Dívky	0	9	13	48	22	9	0	9	91
Celkem	4	6	16	46	18	8	2	10	90

Tabulka 25.1: Třída A-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	17	0	25	50	8	0	0	17	83
Dívky	0	9	18	36	36	0	0	9	91
Celkem	9	4	22	43	22	0	0	13	87

Tabulka 25.2: Třída A-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	0	7	13	40	20	13	7	7	93
Dívky	0	8	8	58	8	17	0	8	92
Celkem	0	7	11	48	15	15	4	7	93

Z tabulek vidíme, že tuto úlohu řešilo správně celkem 10 % studentů (považujeme-li za správné řešení také správně zakreslenou výslednou sílu a zatrženou správnou odpověď, kde zdůvodnění je však nepřesné nebo úplně chybí). Ve třídě A-a odpovědělo správně 13 % řešitelů, ve třídě A-b 7 % řešitelů.

Představu, že na pohybující se těleso působí síla tečná k trajektorii, orientovaná ve směru pohybu (kategorie d) uvedlo celkem 46 % studentů (ve třídě A-a to bylo 43 % studentů, ve třídě A-b 48 % studentů). Často také studenti uváděli, že na kuličku zavěšenou na vlákně pohybující se rovnoměrně po trajektorii tvaru kružnice působí výsledná síla orientovaná od středu dráhy ve směru poloměru (kategorie e). Celkem toto řešení uvedlo 18 % studentů.

Gymnázium L

Tabulka 26: Gymnázium L (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	0	4	52	30	9	0	4	4	96
Dívky	0	4	22	22	19	30	4	4	96
Celkem	0	4	36	26	14	16	4	4	96

Tabulka 26.1: Třída L-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	0	7	53	27	7	0	7	7	93
Dívky	0	0	20	30	10	40	0	0	100
Celkem	0	4	40	28	8	16	4	4	96

Tabulka 26.2: Třída L-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	0	0	50	38	13	0	0	0	100
Dívky	0	6	24	18	24	24	6	6	94
Celkem	0	4	32	24	20	16	4	4	96

Na gymnáziu L řešila tuto úlohu úspěšně pouze 4 % studentů, stejné procento úspěšných řešitelů se objevilo v obou třídách. Žádný z úspěšných řešitelů nedoprovodil své správně zakreslené řešení také správným zdůvodněním. Za správné řešení tedy považujeme také správně zakreslenou výslednou sílu, kde zdůvodnění je nepřesné nebo úplně chybí.

Představa síly působící na pohybující se těleso ve směru pohybu se vyskytla celkem u 26 % studentů (kategorie d). Podobný počet se vyskytoval i v obou třídách, ve třídě L-a 28 % studentů, ve třídě L-b 24 % studentů. Poměrně hodně studentů má představu, že na zavěšený hmotný bod pohybující se rovnoměrně po trajektorii tvaru kružnice působí výsledná síla, která má směr závěsu a je orientovaná od bodu závěsu (kategorie c). Tato představa se vyskytla celkem u 36 % studentů.

Gymnázium Š

Tabulka 27: Gymnázium Š (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	14	10	10	57	10	0	0	24	76
Dívky	4	16	0	52	12	16	0	20	80
Celkem	9	13	4	54	11	9	0	22	78

Tabulka 21.1: Třída Š-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	14	14	14	57	0	0	0	28	72
Dívky	5	15	0	55	5	20	0	20	80
Celkem	7	15	4	56	4	15	0	22	78

Tabulka 27.1: Třída Š-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	14	7	7	57	14	0	0	21	79
Dívky	0	20	0	40	40	0	0	20	80
Celkem	11	11	5	53	21	0	0	21	79

Budeme-li také jako správné řešení považovat dobře zakreslenou výslednou sílu, kde zdůvodnění je nepřesné nebo chybí, potom tuto úlohu řešilo úspěšně 22 % studentů. V jednotlivých třídách byl počet úspěšných řešitelů velmi podobný, ve třídě Š-a to bylo 22 % studentů, ve třídě Š-b 21 % studentů.

Celkem 54 % neúspěšných řešitelů zakreslilo výslednou sílu, působící na pohybu- jící se hmotný bod, jako tečnu ve směru pohybu bodu (kategorie d). V obou třídách byl počet studentů s touto představou velmi podobný, ve třídě Š-a se tato představa vyskytla u 56 % studentů, ve třídě Š-b u 53 % studentů.

Gymnázium Ž

Tabulka 28: Gymnázium Ž (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Celkem	24	22	3	27	5	19	0	46	54

Tabulka 28.1: Třída Ž-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Celkem	0	12	8	56	4	20	0	12	88

Tabulka 28.2: Třída Ž-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Celkem	35	26	0	22	4	13	0	61	39

Tabulka 28.3: Třída Ž-c (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Celkem	38	27	0	4	8	23	0	65	35

Celkový počet správných odpovědí studentů gymnázia Ž je 46 % (pokládáme-li za správnou odpověď také dobře zakreslenou výslednou sílu bez uvedeného zdůvodnění nebo se zdůvodněním nepřesným). Opět je zde patrný rozdíl v úspěšnosti tříd gymnázia Ž. Ve třídě Ž-b znalo správnou odpověď 61 % studentů, ve třídě Ž-c dokonce 65 % studentů, zatímco ve třídě Ž-a pouze 12 % studentů.

Celkem 27 % studentů nesprávně uvedlo, že výsledná síla je tečná k trajektorii pohybujícího se bodu a má směr pohybu. Opět jsou tu patrné značné rozdíly mezi jednotlivými třídami, ve třídě Ž-a dosahuje počet studentů s touto představou 56 %, ve

třídě Ž-b je tento počet výrazně nižší (22 %) a ve třídě Ž-c se tato představa vyskytuje u pouhých 4 % studentů. Hodně nesprávných odpovědí (celkem 19 %) spadá také do kategorie f, kde studenti buď tuto úlohu vůbec neřešili nebo uváděli řešení, která nespada-la do žádné z vytvořených kategorií.

Všimneme-li si celkových výsledků studentů jednotlivých gymnázií, vidíme, že nejúspěšnější v řešení čtvrté úlohy byli studenti gymnázia Ž a naopak nejméně úspěšní byli studenti gymnázia L.

Statistické výpočty tyto prvotní závěry potvrzují, při podrobnějším zpracování výsledků zjistíme, že nulovou hypotézu nelze vyvrátit pouze pro dvojici gymnázií A-Š, pro ostatní dvojice gymnázií se nulová hypotéza na 5 % hladině významnosti zamítá. Z toho vyplývá, že pouze u gymnázií A a Š se rozdělní odpovědí do jednotlivých kategorií neliší. U ostatních gymnázií můžeme říci, že rozdíl v úspěšnosti studentů při řešení této úlohy je statisticky významný.

Provedeme-li srovnání se studenty z roku 1983/84, můžeme pozorovat, že tito studenti byli podstatně méně úspěšní než studenti současní, především ve srovnání s gymnázií Š a Ž. Správně odpovědělo pouze 1 % a 6 % studentů, jejich zdůvodnění řešení bylo navíc nepřesné nebo úplně chybělo. Nejčastější uváděnou nesprávnou odpovědí studentů gymnázií v roce 1983/84 byla stejně jako u současných studentů odpověď, kdy výsledná síla je tečnou k trajektorii (tuto odpověď uvedlo 70 % a 47 % studentů).

Ze statistického zpracování vyplývá, že nulová hypotéza se nezamítá pouze pro dvojici gymnázií GB(83)-A, tedy rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií u studentů z těchto dvou gymnázií se neliší. Pro všechna ostatní gymnázia nulovou hypotézu zamítáme, je zde tedy rozdíl v rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií a můžeme říci, že rozdíly v úspěšnosti těchto gymnázií jsou statisticky významné.

Příklady nesprávných odpovědí

- „Těleso opisuje kruh. Z toho usuzuji, že výsledná síla ho musí nutit k pohybu ve směru tečny k dráze. Při ostatních možnostech by byla trajektorie tělesa jiná. Závěs brání tělesu, aby „vylétlo“ z kruhové trajektorie.“
- „Jestliže se těleso točí, musí být výsledná síla ve směru pohybu a je výsledkem ostatních sil.“
- „Síla vždy působí jako tečna ke dráze, ale provázek nenechá kuličku vylétnout.“

Výsledky 5. úlohy

Výsledky této úlohy jsou uvedeny v tabulkách 29 – 32.3. Odpovědi studentů jsou rozděleny do jednotlivých kategorií, viz str. 17-18.

Gymnázium A

Tabulka 29: Gymnázium A (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+....+g)
Chlapci	7	0	26	0	11	56	0	7	93
Dívky	13	4	35	0	0	43	4	17	83
Celkem	10	2	30	0	6	50	2	12	88

Tabulka 29.1: Třída A-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+....+g)
Chlapci	8	0	42	0	0	50	0	8	92
Dívky	0	0	45	0	0	55	0	0	100
Celkem	4	0	43	0	0	52	0	4	96

Tabulka 29.2: Třída A-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+....+g)
Chlapci	7	0	13	0	20	60	0	7	93
Dívky	25	8	25	0	0	33	8	33	67
Celkem	15	4	19	0	11	48	4	19	81

Považujeme-li za správné řešení správně zaškrtnutou odpověď, kde zdůvodnění chybí nebo je nepřesné, řešilo tuto úlohu úspěšně 12 % studentů gymnázia A. Podíváme-li se na jednotlivé třídy, vidíme, že ve třídě A-a odpověděla správně pouze 4 % studentů, ve třídě A-b odpovědělo správně 19 % studentů.

Polovina studentů nesprávně odpověděla, že souhlasné náboje se budou odpuzovat a náboj, který je dvakrát větší než náboj druhý, bude menší náboj odpuzovat větší silou (kategorie f). Další nesprávnou odpovědí, kterou uvedla téměř třetina studentů, je, že souhlasné náboje se budou odpuzovat, avšak větší náboj se bude odpuzovat větší silou (kategorie c).

Gymnázium L

Tabulka 30: Gymnázium L (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+....+g)
Chlapci	4	4	13	0	4	52	22	9	91
Dívky	0	0	22	0	11	48	19	0	100
Celkem	2	2	18	0	8	50	20	4	96

Tabulka 30.1: Třída L-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+....+g)
Chlapci	7	7	20	0	7	53	7	13	87
Dívky	0	0	30	0	10	60	0	0	100
Celkem	4	4	24	0	8	56	4	8	92

Tabulka 30.2: Třída L-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+....+g)
Chlapci	0	0	0	0	0	50	50	0	100
Dívky	0	0	18	0	12	41	29	0	100
Celkem	0	0	12	0	8	44	36	0	100

Na gymnáziu L řešila tuto úlohu úspěšně pouze 4 % studentů, počet úspěšných studentů ve třídě L-a byl 8 %, ve třídě L-b nebyl v řešení této úlohy úspěšný nikdo.

Odpovědi poloviny všech studentů spadají opět do kategorie f, kde se studenti správně domnívají, že souhlasné náboje se odpuzují, pak ale mají špatnou představu, že větší náboj odpuzuje menší náboj větší silou. Hodně studentů spadajících do kategorie g uvedlo řešení, kdy se souhlasné náboje přitahují, přičemž náboj o větší velikosti působí na menší náboj větší silou. Mezi často uváděné nesprávné odpovědi (celkem 18 %) spadá také řešení, kdy studenti předpokládají, že dva souhlasné náboje se odpuzují a náboj o dvojnásobné velikosti se odpuzuje větší silou (kategorie c).

Gymnázium Š

Tabulka 31: Gymnázium Š (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+....+g)
Chlapci	14	10	29	0	5	43	0	24	76
Dívky	4	4	48	0	0	40	4	8	92
Celkem	9	7	39	0	2	41	2	15	85

Tabulka 31.1: Třída Š-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+....+g)
Chlapci	14	0	29	0	0	57	0	14	86
Dívky	0	5	50	0	0	40	5	5	95
Celkem	4	4	44	0	0	44	4	8	92

Tabulka 31.1: Třída Š-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Chlapci	14	14	29	0	7	36	0	29	71
Dívky	20	0	40	0	0	40	0	20	80
Celkem	16	11	32	0	5	37	0	26	74

Pokud uznáme jako správné řešení dobře zatrženou odpověď, kde zdůvodnění chybí nebo je nepřesné, řešilo tuto úlohu správně 15 % studentů (ve třídě Š-a 8 % studentů, ve třídě Š-b 26 % studentů).

Celkem 41 % studentů uvedlo, že souhlasné náboje se odpuzují, přičemž náboj o menší velikosti je odpuzován větší silou (kategorie f) a celkem 39 % studentů se domnívá, že souhlasné náboje se odpuzují a náboj o menší velikosti je odpuzován menší silou (kategorie c).

Gymnázium Ž

Tabulka 32: Gymnázium Ž (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Celkem	36	16	16	0	1	26	4	53	47

Tabulka 32.1: Třída Ž-a (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Celkem	0	0	36	0	4	48	12	0	100

Tabulka 32.2: Třída Ž-b (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Celkem	48	30	0	0	0	22	0	78	22

Tabulka 32.3: Třída Ž-c (Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích)

Kategorie Skupina	a	b	c	d	e	f	g	správně (a+b)	nesprávně (c+...+g)
Celkem	62	19	12	0	0	8	0	81	19

Celkem tuto úlohu řešilo úspěšně 53 % studentů (jako správné bereme i odpovědi bez zdůvodnění nebo s nepřesným zdůvodněním). Ve třídě Ž-b bylo úspěšných řešitelů 78 % a ve třídě Ž-c dokonce 81 % studentů, oproti tomu ve třídě Ž-a tuto úlohu nevyřešil správně nikdo.

Ve většině nesprávných odpovědí (26 %) je označena odpověď d, tedy kategorie f (náboje se odpuzují a náboj o menší velikosti je odpuzován větší silou). Celkem 16 % studentů zadrželo odpověď a, tj. kategorie c (náboje se odpuzují a náboj o větší velikosti je odpuzován větší silou). Někteří studenti úlohu vůbec neřešili.

Při srovnání současných studentů gymnázií vidíme, že nejúspěšnější byli opět studenti gymnázia Ž, nejméně správných odpovědí pak uvedli studenti gymnázia L.

Rozdíly mezi výsledky jednotlivých gymnázií z roku 2006/07 jsou statisticky významné až na dvojici gymnázií A-Š, o kterých nemůžeme říci, že jejich rozdělení četností odpovědí do jednotlivých kategorií je různé.

Podíváme-li se na výsledky studentů z roku 1983/84, zjistíme, že správně odpovědělo 25 % a 6 % studentů (považujeme-li za správné odpovědi také odpovědi s nepřesným, popřípadě žádným zdůvodněním). Nejčastěji uváděné chybné odpovědi spadají, stejně jako u současných studentů, do kategorie f (47 %, 65 %).

Při statistickém porovnání tehdejších gymnázií s gymnázií z roku 2006/07 zjistíme, že rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií se u dvojic gymnázií GA(83)-A, GA(83)-Š, GB(83)-A neliší. Zbylé dvojice gymnázií mají s 95 % pravděpodobností rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií odlišné. U těchto gymnázií pak můžeme říci, že jejich rozdíl v úspěšnosti studentů při řešení této úlohy je statisticky významný.

Příklady nesprávných odpovědí

- „Dva kladné náboje a stejně tak dva záporné náboje (tzn. náboje téže polarity) se navzájem odpuzují. Jelikož je náboj Q_1 dvakrát větší, síla kterou působí na Q_2 je větší (s větší razancí ho odmrští).“
- „Dva kladné náboje se odpuzují a jelikož je náboj Q_1 dvakrát větší než Q_2 , bude se Q_1 odpuzovat dvakrát více.“

Výsledky 6. úlohy

Tato úloha byla na hodnocení poněkud náročnější. Nejprve jsem posuzovala správnost celé úlohy. Poté jsem hodnotila zvlášť odpovědi týkající se družice a zvlášť odpovědi týkající se Země.

Kategorie odpovědí jsou na str. 18-19. Výsledky pro obě gymnázia jsou uvedeny v tabulkách 33-a - 36.3-c.

Gymnázium A

Tabulka 33-a: Gymnázium A (celkově) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Chlapci	4	0	41	56	4	96
Dívky	4	0	57	39	4	96
Celkem	4	0	48	48	4	96

Tabulka 33.1-a: Třída A-a (celkově) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Chlapci	8	0	58	33	8	92
Dívky	9	0	55	36	9	91
Celkem	9	0	57	35	9	91

Tabulka 33.2-a: Třída A-b (celkově) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Chlapci	0	0	27	73	0	100
Dívky	0	0	58	42	0	100
Celkem	0	0	41	59	0	100

Z hodnot uvedených v tabulkách vidíme, že celou úlohu správně vyřešila pouze 4 % studentů (ve třídě A-a to bylo 9 % studentů, ve třídě A-b neřešil tuto úlohu správně žádný student). Žádný student nevyřešil úspěšně část, která se týkala pouze družice (kategorie b). Správné odpovědi na část úlohy týkající se pouze Země uvedlo celkem 48 % studentů (kategorie c). Stejný počet studentů (48 %) nevyřešil správně ani jednu část úlohy, popř. úlohu vůbec neřešil.

Tabulka 33-b: Gymnázium A (Země) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+....+f)
Chlapci	11	30	4	0	0	33	22	44	56
Dívky	0	35	26	0	0	0	39	61	39
Celkem	6	32	14	0	0	18	30	52	48

Tabulka 33.1-b: Třída A-a (Země) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+....+f)
Chlapci	25	33	8	0	0	17	17	67	33
Dívky	0	36	27	0	0	0	36	64	36
Celkem	13	35	17	0	0	9	26	65	35

Tabulka 33.2-b: Třída A-b (Země) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+....+f)
Chlapci	0	27	0	0	0	47	27	27	73
Dívky	0	33	25	0	0	0	42	58	42
Celkem	0	30	11	0	0	26	33	41	59

Zaměříme-li se nyní na problém Země, můžeme si všimnout, že byl pro studenty méně náročný než problém družice. Úlohu pro Zemi vyřešilo správně poměrně hodně studentů (52 %), za správné řešení považujeme také nepřesně zakreslené řešení, kdy síly nejsou stejně velké a také řešení, kde zdůvodnění není přesné nebo úplně chybí. Z výsledků také vidíme, že většina nesprávných odpovědí spadá do kategorie e nebo f, kdy studenti úlohu vůbec neřešili nebo uváděli řešení, která nespadala do žádné z vytvořených kategorií.

Tabulka 33-c: Gymnázium A (družice) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+...+e)
Chlapci	4	0	22	48	15	11	4	96
Dívky	0	4	13	48	22	13	4	96
Celkem	2	2	18	48	18	12	4	96

Tabulka 33.1-c: Třída A-a (družice) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+...+e)
Chlapci	8	0	33	42	17	0	8	92
Dívky	0	9	18	45	18	9	9	91
Celkem	4	4	26	43	17	4	9	91

Tabulka 33.2-c: Třída A-b (družice) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+...+e)
Chlapci	0	0	13	53	13	20	0	100
Dívky	0	0	8	50	25	17	0	100
Celkem	0	0	11	52	19	19	0	100

Část úlohy, která se týkala pouze družice, řešila úspěšně celkem 4 % studentů (opět za správné řešení považujeme také odpovědi bez přesného znázornění, kdy zakreslené síly nemají stejnou velikost). Z výsledků tedy vyplývá, že studenti, kteří vyřešili úspěšně problém družice, řešili správně celou úlohu.

Mezi nesprávnými odpověďmi se nejčastěji objevovala představa, že na pohybující se družici působí výsledná síla tečná k trajektorii a orientovaná ve směru pohybu, popř. byla kromě této síly uváděna ještě síla dostředivá (kategorie c, d). Tato představa se objevila celkem u 66 % studentů (ve třídě A-a to bylo u 60 % studentů, ve třídě A-b u 71 % studentů).

Gymnázium L

Tabulka 34-a: Gymnázium L (celkově) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Chlapci	0	4	39	57	0	100
Dívky	0	0	26	74	0	100
Celkem	0	2	32	66	0	100

Tabulka 34.1-a: Třída L-a (celkově) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Chlapci	0	7	33	60	0	100
Dívky	0	0	0	100	0	100
Celkem	0	4	20	76	0	100

Tabulka 34.2-a: Třída L-b (celkově) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Chlapci	0	0	50	50	0	100
Dívky	0	0	41	59	0	100
Celkem	0	0	44	56	0	100

Na gymnáziu L nevyřešil nikdo ze studentů celou úlohu správně, část týkající se družice vyřešila úspěšně pouze 2 % studentů (ve třídě L-a to byla 4 % studentů, ve třídě L-b tuto část úlohy nevyřešil správně nikdo) a část týkající se Země 32 % studentů (ve třídě L-a 20 % studentů, ve třídě L-b 44 % studentů). Více jak polovina (celkem 66 %) studentů však nevyřešila správně ani jednu část úlohy.

Tabulka 34-b: Gymnázium L (Země) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+...+f)
Chlapci	0	35	4	4	0	22	35	39	61
Dívky	15	11	0	0	0	15	59	26	74
Celkem	8	22	2	2	0	18	48	32	68

Tabulka 34.1-b: Třída L-a (Země) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+...+f)
Chlapci	0	27	7	0	0	20	47	33	67
Dívky	0	0	0	0	0	30	70	0	100
Celkem	0	16	4	0	0	24	56	20	80

Tabulka 34.2-b: Třída L-b (Země) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+....+f)
Chlapci	0	50	0	13	0	25	13	50	50
Dívky	24	18	0	0	0	6	53	41	59
Celkem	16	28	0	4	0	12	40	44	56

Pokud budeme za správné řešení považovat nepřesně zakreslené působící síly, kdy jejich velikosti nejsou stejné a také řešení, ke kterým chybí zdůvodnění nebo kde zdůvodnění je nepřesné, odpovědělo na část týkající se Země správně, jak již bylo řečeno, celkem 32 % studentů (ve třídě L-a to bylo 20 % studentů, ve třídě L-b 44 % studentů). Téměř polovina studentů tuto úlohu vůbec neřešila (kategorie f).

Tabulka 34-c: Gymnázium L (družice) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+....+e)
Chlapci	4	0	9	13	43	30	4	96
Dívky	0	0	4	4	52	41	0	100
Celkem	2	0	6	8	48	36	2	98

Tabulka 34.1-c: Třída L-a (družice) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+....+e)
Chlapci	7	0	13	13	33	33	7	93
Dívky	0	0	0	10	10	80	0	100
Celkem	4	0	8	12	24	52	4	96

Tabulka 34.2-c: Třída L-b (družice) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+....+e)
Chlapci	0	0	0	13	63	25	0	100
Dívky	0	0	6	0	76	18	0	100
Celkem	0	0	4	4	72	20	0	100

Na část týkající se družice odpověděla správně pouze 2 % řešitelů (budeme-li brát za správné řešení také odpověď, kde zakreslené síly nemají stejnou velikost). Nejčastěji se vyskytující nesprávné odpovědi obsahovaly představu tečné síly působící ve směru pohybu tělesa, v tomto případě družice (kategorie c, d). Ve třídě L-a se tato představa objevila u 36 % řešitelů, ve třídě L-b u 76 % řešitelů, celkem tedy u 56 % řešitelů.

Gymnázium Š

Tabulka 35-a: Gymnázium Š (celkově) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Chlapci	14	0	29	57	14	86
Dívky	0	4	32	64	0	100
Celkem	7	2	30	61	7	93

Tabulka 35.1-a: Třída Š-a (celkově) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Chlapci	14	0	29	57	14	86
Dívky	0	5	35	60	0	100
Celkem	4	4	33	59	4	96

Tabulka 35.2-a: Třída Š-b (celkově) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Chlapci	14	0	29	57	14	86
Dívky	0	0	20	80	0	100
Celkem	11	0	26	63	11	89

Obě části této úlohy řešilo správně pouze 7 % studentů (ve třídě Š-a to byla 4 % studentů, ve třídě Š-b 11 % studentů). Celkem více než polovina studentů, tj. 61 %, neodpověděla na žádnou část úlohy správně.

Tabulka 35-b: Gymnázium Š (Země) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+....+f)
Chlapci	10	33	0	10	0	19	29	43	57
Dívky	12	20	0	8	0	12	48	32	68
Celkem	11	26	0	9	0	15	39	37	63

Tabulka 35.1-b: Třída Š-a (Země) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+....+f)
Chlapci	14	29	0	0	0	0	57	43	57
Dívky	15	20	0	5	0	10	50	35	65
Celkem	15	22	0	4	0	7	52	37	63

Tabulka 35.2-b: Třída Š-b (Země) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+....+f)
Chlapci	7	36	0	14	0	29	14	43	57
Dívky	0	20	0	20	0	20	40	20	80
Celkem	5	32	0	16	0	26	21	37	63

Zaměříme-li se na každou část úlohy zvlášť, vidíme, že na část, která se týkala Země, odpovědělo správně celkem 37 % studentů (pokud za správnou odpověď považujeme správné řešení s nepřesným či žádným zdůvodněním nebo také správné zakreslení působící síly se správným zdůvodněním řešení, kde však zakreslená síla, kterou působí družice na Zemi, je podstatně větší, případně menší). Celkem 39 % studentů tuto část úlohy vůbec neřešilo a 9 % studentů uvedlo, že na Zemi nepůsobí žádná síla (kategorie c).

Tabulka 35-c: Gymnázium Š (družice) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+....+e)
Chlapci	10	5	10	29	33	14	14	86
Dívky	4	0	0	28	20	48	4	96
Celkem	7	2	4	28	26	33	9	91

Tabulka 35.1-c: Třída Š-a (družice) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+....+e)
Chlapci	14	0	0	29	29	29	14	86
Dívky	5	0	0	20	25	50	5	95
Celkem	7	0	0	22	26	44	7	93

Tabulka 35.2-c: Třída Š-b (družice) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+....+e)
Chlapci	7	7	14	29	36	7	14	86
Dívky	0	0	0	60	0	40	0	100
Celkem	5	5	11	37	26	16	11	89

Část úlohy, která se týkala družice, řešilo správně celkem 9 % studentů. Poměrně velký počet studentů (celkem 54 % studentů, ve třídě Š-a 48 % studentů, ve třídě Š-b 63 % studentů) zakreslil sílu působící na družici jako tečnu k trajektorii ve směru pohybu (někdy to byla výslednice působících sil, někdy jedna ze sil, které na družici působí). 33 % řešitelů uvedlo řešení nespádající do žádné z vytvořených kategorií nebo tuto část úlohy vůbec neřešilo (kategorie e).

Gymnázium Ž

Tabulka 36-a: Gymnázium Ž (celkově) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Celkem	4	12	8	76	4	96

Tabulka 36.1-a: Třída Ž-a (celkově) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Celkem	0	12	4	84	0	100

Tabulka 36.2-a: Třída Ž-b (celkově) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Celkem	9	0	22	70	9	91

Tabulka 36.3-a: Třída Ž-c (celkově) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a	b	c	d	správně (a)	nesprávně (b+c+d)
Celkem	4	23	0	73	4	96

Výsledky jednotlivých tříd jsou v tabulkách 36.1-a, 36.2-a a 36.3-a. Obě části úlohy řešila správně pouze 4 % studentů. Podíváme-li se na jednotlivé třídy, vidíme, že ve třídě Ž-a neznal správnou odpověď na tuto úlohu nikdo, ve třídě Ž-b odpovědělo správně 9 % studentů a ve třídě Ž-c odpověděla správně 4 % studentů. Většina studentů, tj. 76 %, tuto úlohu buď neřešila nebo neodpověděla na žádnou část úlohy správně. Z tabulky 36-a vidíme, že část týkající se pouze Země vyřešilo správně celkem 8 % studentů (kategorie c) a část, která se týkala družice řešilo úspěšně celkem 12 % studentů (kategorie b).

Tabulka 36-b: Gymnázium Ž (Země) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+...+f)
Celkem	1	8	3	0	1	11	76	12	88

Tabulka 36.1-b: Třída Ž-a (Země) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+...+f)
Celkem	0	4	0	0	4	20	72	4	96

Tabulka 36.2-b: Třída Ž-b (Země) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+...+f)
Celkem	4	22	4	0	0	13	57	30	70

Tabulka 36.3-b: Třída Ž-c (Země) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	f	správně (a ₁ +a ₂ +b)	nesprávně (c+....+f)
Celkem	0	0	4	0	0	0	96	4	96

Z hodnot uvedených v těchto tabulkách můžeme vyčíslit, že část úlohy týkající se Země řešilo správně celkem 12 % studentů (za správné považujeme i odpovědi s nepřesným zdůvodněním nebo bez zdůvodnění a také řešení, kde zakreslené síly nemají stejnou velikost). Podíváme-li se na jednotlivé třídy, vidíme, že nejúspěšnější byla třída Ž-b, kde odpovědělo správně 30 % studentů, oproti tomu v obou zbývajících třídách byla úspěšná jen 4 % studentů. 76 % studentů tuto část úlohy vůbec neřešilo (kategorie f). Odpovědi 11 % studentů nespádaly do žádné z vytvořených kategorií (kategorie e), 1 % řešitelů se domnívá, že na Zemi působí odstředivá a dostředivá síla, které se navzájem vyruší (kategorie d).

Tabulka 36-c: Gymnázium Ž (družice) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+....+e)
Celkem	16	0	14	14	1	55	16	84

Tabulka 36.1-c: Třída Ž-a (družice) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+....+e)
Celkem	12	0	4	28	4	52	12	88

Tabulka 36.2-c: Třída Ž-b (družice) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	B	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+....+e)
Celkem	9	0	30	4	0	57	9	91

Tabulka 36.3-c: Třída Ž-c (družice) - Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích

Kategorie Skupina	a ₁	a ₂	b	c	d	e	správně (a ₁ +a ₂)	nesprávně (b+....+e)
Celkem	27	0	8	8	0	58	27	73

Výsledky jednotlivých tříd jsou v tabulkách 36.1-c, 36.2-c a 36.3-c. Část úlohy, která se týkala družice, řešilo správně 16 % studentů (za správné považujeme i odpovědi, kde zakreslené síly nemají stejnou velikost). Opět zde můžeme pozorovat poměrně výrazný rozdíl mezi jednotlivými třídami. Zatímco u tříd Ž-a a Ž-b se procento úspěšných studentů příliš neliší (12 %, 9 %) u třídy Ž-c je procento úspěšných řešitelů této části úlohy výrazně vyšší (27 %). Celkem 15 % studentů uvedlo, že výsledná síla působící na družici nebo jedna ze sil, které na ni působí, má směr pohybu družice a je tečná k trajektorii (kategorie c, d). Více než polovina studentů tuto část úlohy vůbec neřešila nebo uvedla jiné řešení (kategorie e).

Nejprve se podíváme na celkové výsledky této úlohy a porovnáme jednotlivá gymnázia. Z tabulek vidíme, že nejvíce správných odpovědí uvedli studenti gymnázia Š a nejméně studenti gymnázia L (nikdo ze studentů nevyřešil obě části úlohy správně).

Při statistickém zpracování zjistíme, že pro dvojice gymnázií A-L, A-Š a L-Š nedochází k vyvrácení nulové hypotézy, nemůžeme tedy říci, že rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií je pro studenty těchto gymnázií různé. Nelze tedy říci, že gymnázium Š bylo v řešení šesté úlohy nejúspěšnější nebo že gymnázium L bylo nejméně úspěšné, rozdíly mezi těmito gymnázii nejsou statisticky významné. Pouze gymnázium Ž má s 95 % pravděpodobností odlišné rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií.

Nyní se zaměříme na část týkající se Země. I zde uvedli nejvíce správných odpovědí studenti gymnázia Š, nejméně pak studenti gymnázia Ž.

Při statistickém zpracování jsme získali stejné výsledky jako v předchozím případě, kdy jsme porovnávali úlohu jako celek. Opět pouze gymnázium Ž má s 95 % pravděpodobností odlišné rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií, nyní se potvrzuje původní úsudek a to, že studenti gymnázia Ž byli při řešení části šesté úlohy, která se týkala Země, nejméně úspěšní.

Ve třetí části, která se týká družice, pozorujeme naopak, že nejúspěšnější v řešení této části úlohy byli studenti gymnázia Ž.

Při statistickém zpracování zjišťujeme, že pro každá dvě gymnázia dochází k vyvrácení nulové hypotézy, všechny dvojice gymnázií mají s 95 % pravděpodobností různá rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií. Tedy rozdíly v úspěšnosti jednotlivých gymnázií můžeme považovat za statisticky významné.

Výsledky studentů z roku 1983/84 jsou podobné jako výsledky současných studentů. Obě části úlohy vyřešilo správně 5 % a 0 % studentů. Část týkající se Země řešilo úspěšně 38 % a 16 % studentů a část úlohy vztahující se k družici 15 % a 2 % studentů. Celkem 52 % a 82 % studentů neodpovědělo ani na jednu část úlohy správně. Nejčastěji se studenti chybně domnívali, že pro pohyb družice je nutná síla působící ve směru pohybu (53 % a 48 % odpovědí) tj. kategorie c, d.

Při statistickém zpracování jsme zjistili, že zaměříme-li se nejprve na celkové výsledky úlohy, pak nulovou hypotézu nelze vyvrátit pouze pro dvojice gymnázií GA(83)-A a GA(83)-Š. U těchto dvojic gymnázií nemůžeme tedy říci, že mají různá rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií. Závěr můžeme zformulovat tak, že studenti těchto gymnázií při řešení šesté úlohy dosáhli podobných výsledků. Pro ostatní dvojice gymnázií se nulová hypotéza zamítá, mají tedy s 95 % pravděpodobností různá rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií.

Nyní se zaměříme na část úlohy týkající se Země, zde statistickým zpracováním docházíme k závěru, že nulovou hypotézu nelze vyvrátit u gymnázií GA(83)-L, GA(83)-Š, GB(83)-L, GB(83)-Š. U zbývajících dvojic gymnázií nulovou hypotézu zamítáme a platí pro ně, že mají s 95 % pravděpodobností různá rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií.

V části úlohy, jež se týká družice, nelze nulovou hypotézu vyvrátit pouze u gymnázií GA(83)-Š, GB(83)-Š, nemůžeme tedy říci, že tato gymnázia mají různá rozdělení odpovědí do jednotlivých kategorií. U ostatních dvojic gymnázií nulovou hypotézu zamítáme, můžeme tedy říci, že u těchto gymnázií je rozdíl v jejich úspěšnosti při řešení této části šesté úlohy statisticky významný.

Příklady nesprávných odpovědí

Tuto úlohu řešilo správně velmi málo studentů. Značná část studentů se o řešení poslední úlohy vůbec nepokusila. Zdůvodnění řešení se tedy objevovalo velmi zřídka.

Pro družici:

- „Na družici působí gravitační síla Země (jinak by odlétla), síla vesmíru (zabraňuje, aby si Země družici úplně přitáhla) a síla, která udržuje družici v pohybu po kružnici (tečna k trajektorii).“
- „Výsledná síla působící na družici je tečnou k trajektorii, jinak by se družice nepohybovala v kruhu kolem Země.“
- „Na družici působí gravitační síla a síla směrem pohybu.“
- „Na družici působí zemská přitažlivost a odstředivá síla, výslednicí je kruhový pohyb.“
- „Na družici působí dostředivá síla (gravitační síla) a odstředivá síla (vyvolaná kruhovým pohybem), které jsou v rovnováze. Kdyby tomu tak nebylo, tak družice buď spadne na Zemi nebo odletí od Země.“

Pro Zemi:

- „Na Zemi nepůsobí žádné konkrétní síly.“
- „Země vzhledem k soustavě není v pohybu.“

2.7 Shrnutí a porovnání výsledků

2.7.1 Celkové výsledky průzkumu

Celkové výsledky průzkumu si můžeme prohlédnout v tabulkách 37 – 43.3, kde jsou uvedeny relativní četnosti **nesprávných** odpovědí pro jednotlivé úlohy. Uvádím zde celkové výsledky 1. a 2. ročníků studentů obecné fyziky na MFF UK, výsledky studentů 1. ročníku učitelství fyziky a matematiky na MFF UK, dále jsou zde výsledky studentů čtyř gymnázií a pro zajímavost zde také uvádím celkové výsledky jednotlivých tříd. Můžeme si všimnout, že celkový průměr často výrazně vylepšuje nebo naopak zhoršuje například jenom jedna třída.

Tabulka 37: MFF – 1. ročník fyzika – Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
Chlapci	26	24	86	26	14	24	33
Dívky	44	56	78	56	22	56	52
Celkem	29	29	85	31	15	29	36

Tabulka 38: MFF – 2. ročník fyzika– Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
chlapci	11	6	77	31	11	43	30
dívky	0	60	100	80	0	60	50
ostatní	14	14	86	71	0	71	43
celkem	11	13	81	43	9	49	34

Vidíme, že u studentů obecné fyziky na MFF UK byl průměr nesprávných odpovědí výrazně nižší, než u studentů gymnázií. Také si můžeme všimnout, že ve druhém ročníku už nedochází k výraznému poklesu špatných fyzikálních představ. Při statistickém porovnání výsledků těchto dvou ročníků ale dochází k zamítnutí nulové hypotézy, můžeme tedy říci, že s 95 % pravděpodobností se rozložení četností nesprávných odpovědí pro jednotlivé úlohy u těchto dvou skupin studentů liší. Rozdíl v četnostech nesprávných odpovědí pro jednotlivé úlohy, který můžeme pozorovat v tabulkách 37 a 38, je tedy statisticky významný. Je dobré se také zamyslet nad těmito čísly a uvědomit si, že přestože tito studenti dosáhli poměrně dobrých výsledků, více jak třetina z nich má špatné představy o základních fyzikálních zákonitostech. Alarmující je především to, že tyto studenty fyzika baví, studují ji a pravděpodobně se jí v budoucnu budou zabývat.

Podíváme-li se na jednotlivé úlohy, vidíme, že studentům dělala problémy nejčastěji úloha třetí, kde se výskyt nesprávných představ pohyboval přes 80 %. Naopak nejvíce studentů odpovědělo správně na úlohu pátou.

Tabulka 39: MFF – 1. ročník učitelství - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
Chlapci	38	62	100	69	54	77	67
Dívky	75	100	100	100	50	50	79
Celkem	47	71	100	76	53	71	70

Srovnáme-li výsledky studentů učitelství s výsledky studentů obecné fyziky a s výsledky studentů gymnázií vidíme, že výsledky studentů učitelství se nacházejí přibližně mezi těmito dvěma skupinami. Na první pohled se zdá, že studenti učitelství dosahují horších výsledků než studenti obecné fyziky, ale lepších výsledků než studenti gymnázií. Při podrobnějším statistickém zpracování však zjistíme, že nulovou hypotézu zamítáme pouze při porovnání studentů učitelství se studenty 2. ročníku obecné fyziky. Tedy pouze o těchto dvou skupinách studentů můžeme říci, že mají různé rozložení četností nesprávných odpovědí pro jednotlivé úlohy. Zde můžeme vyvodit závěr, že studenti 2. ročníku byli v řešení testu úspěšnější než studenti učitelství. Pro ostatní skupiny studentů při srovnání se studenty učitelství nedojde k vyvrácení nulové hypotézy, nemůžeme tedy říci, že rozdíly v úspěšnosti řešení testů by byly statisticky významné.

Největší problémy dělala studentům opět třetí úloha, nikdo tuto úlohu nevyřešil správně. Naopak nejlépe si studenti poradili s úlohou první, ale i tam odpověděla téměř polovina studentů špatně, což je poměrně hodně. Alarmující je to především z hlediska toho, že velká část z těchto studentů se stane v budoucnu učiteli (v případě studentů kombinovaného studia jimi již často jsou), kteří budou své znalosti předávat dále. Je proto důležité, aby jejich fyzikální představy byly správné.

Tabulka 40: Gymnázium A - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
chlapci	85	93	100	89	93	96	93
dívky	100	100	100	91	83	96	95
celkem	92	96	100	90	88	96	94

Tabulka 40.1: Třída A-a - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
chlapci	92	83	100	83	92	92	90
dívky	100	100	100	91	100	91	97
celkem	96	91	100	87	96	91	94

Tabulka 40.2: Třída A-b - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
chlapci	80	100	100	93	93	100	94
dívky	100	100	100	92	67	100	93
celkem	89	100	100	93	81	100	94

Neúspěšnost studentů gymnázia A byla poměrně vysoká (94 % nesprávných odpovědí). Stejnou procentuální neúspěšnost dosáhly i obě třídy.

I zde dělala studentům největší problémy třetí úloha, kterou nikdo ze studentů nevyřešil správně. Nejlépe dopadla v celkovém hodnocení úloha pátá, přesto ji vyřešilo správně pouze 22 % studentů. Vidíme také, že procentuální neúspěšnost chlapců a dívek se příliš neliší.

Tabulka 41: Gymnázium L - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	Průměr
chlapci	70	96	100	96	91	100	92
dívky	67	96	100	96	100	100	93
celkem	68	96	100	96	96	100	93

Tabulka 41.1: Třída L-a - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	Průměr
chlapci	53	93	100	93	87	100	88
dívky	10	100	100	100	100	100	85
celkem	36	96	100	96	92	100	87

Tabulka 41.2: Třída L-b - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	Průměr
chlapci	100	100	100	100	100	100	100
dívky	100	94	100	94	100	100	98
celkem	100	96	100	96	100	100	99

I studenti gymnázia L dosáhli poměrně vysoké neúspěšnosti (93 %). Zde již můžeme pozorovat výraznější rozdíl mezi jednotlivými třídami, kdy jedna třída (L-b) dosahuje až 99 % neúspěchu, oproti tomu třída L-a má o něco lepší výsledek (87 %). Asi nejvýraznější rozdíl vidíme hned u první úlohy, kterou ve třídě L-b vyřešili všichni studenti špatně, naopak ve třídě L-a vyřešilo špatně tuto úlohu pouze 36 % studentů, což je ve srovnání s ostatními studenty gymnázií výborný (částečně však i zářející) výsledek. Při statistickém porovnání obou tříd gymnázia L však zjistíme, že rozdíl v rozložení četností odpovědí studentů do jednotlivých kategorií není statisticky významný (nedochází k zamítnutí nulové hypotézy na 5 % hladině významnosti).

Zde dělala studentům největší potíže úloha třetí a šestá, ani jeden student nevyřešil tyto úlohy správně. Zaměříme-li se více na třídu L-b, vidíme, že výsledky této třídy jsou až zářející. Můžeme si všimnout, že žádný z chlapců nevyřešil ani jednu úlohu z testu správně, úspěšné byly pouze dívky, a to jen velmi malé procento dívek, které vyřešilo správně druhou a čtvrtou úlohu.

Jak jsem již uvedla testy jsem zadávala osobně pouze ve třídě L-b, při zadávání testů ve třídě L-a jsem bohužel ze studijních důvodů nemohla být přítomna, nemohu tedy zaručit úplnou správnost provádění průzkumu v této třídě. Důležité je také připomenout, že třídy měly odlišná zaměření, třída L-a měla přírodovědné zaměření, naopak třída L-b byla zaměřena na všeobecné vzdělání.

Tabulka 42: Gymnázium Š - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	Průměr
chlapci	86	81	95	76	76	86	83
dívky	96	96	100	80	92	100	94
celkem	91	89	98	78	85	93	89

Tabulka 42.1: Třída Š-a - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	Průměr
chlapci	71	86	86	72	86	86	81
dívky	95	100	100	80	95	100	95
celkem	89	96	96	78	92	96	91

Tabulka 42.2: Třída Š-b - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	Průměr
chlapci	93	79	100	79	71	86	85
dívky	100	80	100	80	80	100	90
celkem	95	79	100	79	74	89	86

Vidíme, že u studentů gymnázia Š je procento neúspěšnosti ve srovnání s předšlými dvěma gymnázii trochu nižší (89 %). Při statistickém zpracování však zjistíme, že tento rozdíl není statisticky významný, nedojde k zamítnutí nulové hypotézy. Výsledky obou tříd gymnázia Š se výrazně neliší, neúspěšnost ve třídě Š-a je 91 % a ve třídě Š-b 86 %. Toto prvotní pozorování potvrzuje i statistické zpracování, při kterém nedojde k vyvrácení nulové hypotézy a tedy nemůžeme říci, že výsledky obou tříd jsou různé.

Pro studenty, stejně jako u předchozích gymnázií, byla nejobtížnější třetí úloha, neúspěšnost zde však už nedosahuje 100 %, z toho vyplývá, že někteří studenti tuto úlohu řešili správně. Nejméně problematická byla pro studenty celkově úloha čtvrtá (ve třídě Š-b to byla úloha pátá).

Tabulka 43: Gymnázium Ž - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
celkem	72	72	85	54	47	96	71

Tabulka 43.1: Třída Ž-a - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
celkem	100	100	100	88	100	100	98

Tabulka 43.2: Třída Ž-b - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
celkem	74	78	100	39	22	91	67

Tabulka 43.3: Třída Ž-c - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
celkem	42	38	58	35	19	96	48

Ve srovnání s ostatními studenty gymnázií, s kterými byl průzkum prováděn, dosáhli studenti gymnázia Ž nejmenšího procenta neúspěšnosti (71 %). Tento rozdíl není statisticky významný, opět při výpočtech nedochází k zamítnutí nulové hypotézy, nemůžeme tedy říci, že rozložení četností nesprávných odpovědí v testu u všech porovnávaných dvojic gymnázií jsou různá, tedy že úspěšnost studentů gymnázií je různá. Z výsledků studentů gymnázia Ž je vidět poměrně velký rozdíl mezi jednotlivými třídami, což částečně potvrzují i statistické výpočty, kdy zjistíme, že pro třídy Ž-a a Ž-c dojde k vyvrácení nulové hypotézy. Pro tuto dvojici tříd platí, že úspěšnost studentů při řešení testu je v těchto třídách různá. Pro zbývající dvojice tříd nedojde k zamítnutí nu-

lové hypotézy a proto úspěšnost studentů při řešení testu v těchto třídách není různá. Ve třídě Ž-a dosahují studenti jednoho z nejhorších výsledků ve srovnání s ostatními gymnázii (98 % neúspěšnost) a naopak průměrné výsledky procentuální neúspěšnosti studentů ve třídách Ž-b a Ž-c jsou při srovnání gymnázií nejnižší (ve třídě Ž-b 67 % a ve třídě Ž-c dokonce 48 %). Tyto výrazné rozdíly mezi jednotlivými třídami jsou poměrně zajímavé. Otázkou tedy je, čím to, že jedna třída se svými výsledky řadí mezi třídy s největší neúspěšností a druhá mezi třídy, které v průzkumu dopadly nejlépe?

Také na tomto gymnáziu dělala největší problémy studentům úloha třetí a úloha šestá. Dokonce ve třídě, ve které byl průměr nesprávných odpovědí nejnižší, řešilo šestou úlohu 96 % studentů špatně.

Opět zde připomínám, že ani v jedné ze tříd na tomto gymnáziu jsem se z časových důvodů nezúčastnila osobně zadávání testů, nemohu tedy zaručit správné probíhání průzkumu (učitelé, kteří testy zadávali, byli se správnou formou provedení průzkumu seznámeni). Žádná z uvedených tříd nebyla nějak konkrétně zaměřena.

Z celkových výsledků vidíme, že v průzkumu podle předpokladů dopadli nejlépe studenti MFF UK, kteří se přímo specializují na obor fyzika. Přesto přibližně třetina těchto studentů má nesprávné fyzikální představy o základních fyzikálních problémech. Tyto představy se liší od představ newtonovských, které se vyučují na střední, a později také na vysoké škole.

Konkrétnější a přesnější výsledky nám dává statistické zpracování, kdy při porovnání výsledků studentů 1. ročníku a studentů 2. ročníku zjistíme, že nulová hypotéza se zamítá a tedy můžeme formulovat závěr, že výsledky, kterých studenti obou ročníků při řešení jednotlivých úloh dosáhli se liší. Dále při porovnání výsledků studentů obou ročníků MFF UK s výsledky studentů gymnázií dojde k zamítnutí nulové hypotézy pro všechna gymnázia. Z toho vyplývá, že výsledky studentů gymnázií se liší od výsledků studentů MFF UK. Zde můžeme tedy říci, že studenti obecné fyziky byli v řešení testu úspěšnější než studenti gymnázií. Nyní porovnáme studenty obecné fyziky a studenty učitelství. Nejprve se zaměříme na porovnání studentů 1. ročníku a studentů učitelství. Zjistíme, že nedojde k vyvrácení nulové hypotézy, rozdíly v úspěšnosti při řešení jednotlivých úloh v testu tedy nejsou statisticky významné. Naopak u studentů 2. ročníku a studentů učitelství tento rozdíl je statisticky významný (dojde k zamítnutí nulové hypotézy).

Z prvního nahlédnutí do výsledků uvedených v tabulkách výše, vidíme, že studenti učitelství na MFF UK dopadli, ve srovnání s ostatními skupinami, o něco lépe než studenti gymnázií a hůře než studenti obecné fyziky. Můžeme si všimnout, že i některé třídy gymnázií dopadly dokonce lépe nebo podobně jak studenti učitelství. O statistickém porovnání studentů učitelství a studentů obecné fyziky jsem se zmínila již v předešlém odstavci. Nyní se zaměříme na statistické porovnání studentů gymnázií a studentů učitelství. Podrobnější výpočty nevedou k vyvrácení nulové hypotézy, nemůžeme proto říci, že výsledky, kterých studenti dosáhli při řešení jednotlivých úloh testu, by se u porovnávaných skupin lišily. Nemůžeme tedy říci, že studenti učitelství by byli v řešení testu úspěšnější než studenti gymnázií. Tyto závěry mohou být trochu zarážející, když si uvědomíme, že studenti tohoto oboru budou své vědomosti a znalosti předávat (někteří již dokonce předávají) dále a předpokládá se, že je fyzika baví a mají o ni zájem, což se o všech studentech gymnázií říci nedá. Studenti, s kterými byl průzkum prováděn, jsou však na začátku svého studia na vysoké škole, jejich představy se tedy mohou ještě změnit a nabýt správné podoby.

Úspěšnost studentů gymnázií byla výrazně nižší (téměř alarmující) než u studentů fyziky na MFF UK. Tento prvotní předpoklad potvrzují i statistická srovnání, kdy dochází k vyvrácení nulové hypotézy, výsledky studentů gymnázií a studentů obecné fyziky považujeme tedy za různé. Z tabulek uvedených výše vidíme, že na gymnáziu A odpovědělo v průměru špatně celkem 94 % studentů, na gymnáziu L 93 % studentů, na gymnázia Š 89 % studentů a na gymnáziu Ž 71 % studentů. Předpokládám, že je to způsobeno především malým počtem studentů zájímajících se o fyziku. I mezi jednotlivými třídami gymnázií jsou nemalé rozdíly v počtech nesprávných odpovědí. Důvodem těchto rozdílů může být, mimo jiné, různá úroveň kvality výkladu vyučujícího fyziky a následně schopnost vzbudit zájem studentů o probíranou látku. Znepokojující jsou výsledky, které se objevují u studentů některých tříd gymnázií, kde neúspěšnost dosahuje 98 % až 99 %.

2.7.2 Celkové výsledky průzkumu z roku 1981/82 a 1983/84 - porovnání

Dále uvádím celkové výsledky průzkumu provedeného v roce 1981/82 a 1983/84. Test byl v roce 1983/84 zadán studentům 4. ročníků na dvou pražských gymnáziích (jsou označeny písmeny A, B) a v roce 1981/82 studentům 1. ročníku fyziky (skupina F) a studentům učitelství fyziky (skupina U) na Matematicko-fyzikální fakultě v Praze. Gymnázia A, B jsou stejná jako gymnázia A a L, záměrně jsme zvolili pro průzkum stejná gymnázia, na kterých byly testy zadávány před více jak dvaceti lety, abychom mohli pozorovat, zda zde došlo k nějakým výrazným změnám v úspěšnosti studentů při řešení testů.

Na gymnáziu A se průzkumu zúčastnilo celkem 88 studentů (37 chlapců a 51 dívek). Na gymnáziu B byl průzkum prováděn se 62 studenty, z toho bylo 22 chlapců a 40 dívek. Skupinu F tvořili studenti fyziky na MFF UK, jejich celkový počet byl 77, z toho bylo 65 chlapců a 12 dívek. Ve skupině U se průzkumu celkem zúčastnilo 178 studentů, z toho 108 studentů oborů fyzika – matematika a fyzika - základy techniky (jsou označeni jako skupina I) a 70 studentů oboru fyzika-chemie (jsou označeni jako skupina II). Celkem bylo mezi studenty učitelství 84 chlapců a 94 dívek (ve skupině I to bylo 64 chlapců a 44 dívek a ve skupině II 20 chlapců a 50 dívek).

Relativní četnosti **nesprávných** odpovědí pro tyto skupiny jsou v tabulkách 44 - 47.

Tabulka 44: Gymnázium A - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha / Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
chlapci	94	97	100	100	65	97	92
dívky	90	96	100	98	82	94	93
celkem	92	97	100	99	75	95	93

Tabulka 45: Gymnázium B - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha / Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
chlapci	100	100	100	100	86	100	98
dívky	100	95	100	90	98	100	97
celkem	100	97	100	94	94	100	98

Tabulka 46: Skupina F - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
chlapci	40	51	95	66	31	80	61
dívky	67	83	100	58	42	50	67
celkem	44	56	96	65	33	75	62

Tabulka 47: Skupina U - Relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha Skupina	1	2	3	4	5	6	Průměr
chlapci	37	79	98	66	37	78	66
dívky	60	82	96	67	63	92	77
celkem I.	37	74	95	54	43	81	64
chlapci	33	73	97	62	38	75	63
dívky	40	76	93	44	50	89	65
celkem II	68	90	99	85	64	93	83
celkem	49	80	97	66	51	85	71

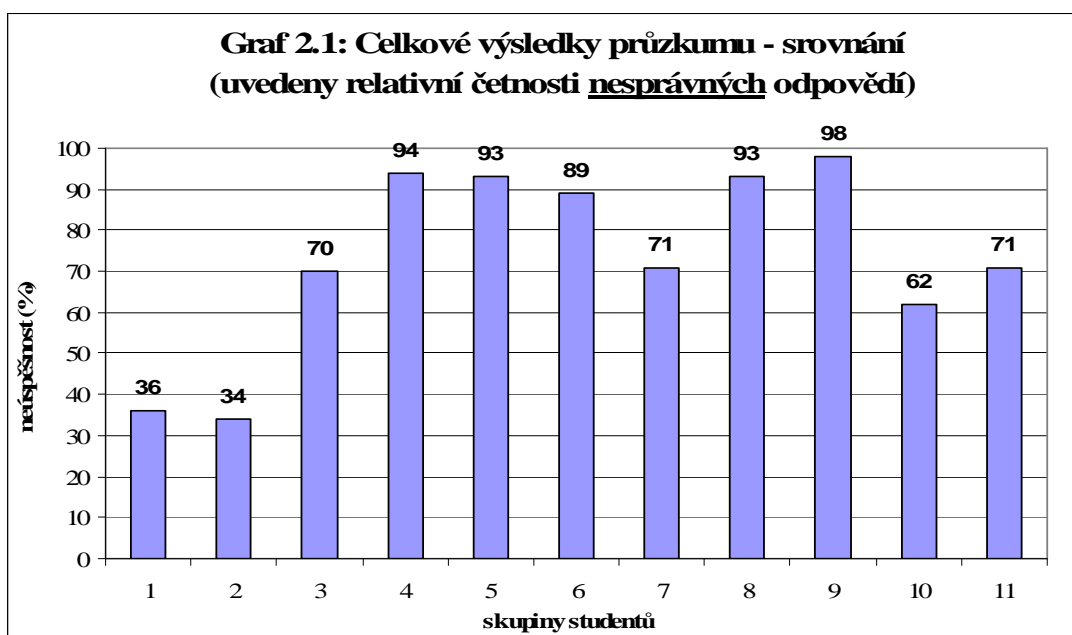
Při porovnání výsledků těchto dvou průzkumů vidíme, že relativní četnosti nesprávných odpovědí jsou u gymnázií z roku 1983/84 a současných gymnázií A a L velmi podobné. To potvrzují i statistické výpočty, při kterých nedochází k zamítnutí nulové hypotézy na 5 % hladině významnosti. Jak jsem již uvedla v úvodu této kapitoly, jedná se o stejná gymnázia. Můžeme tedy usoudit, že během více jak dvaceti let pravděpodobně nedošlo na těchto gymnáziích k výraznému zvratu ve výuce fyziky nebo k zaměření výuky na základní fyzikální představy. Na první pohled se může zdát, že současná gymnázia Š a Ž dopadla o trochu lépe než gymnázia z roku 1983/84. Při podrobnějších statistických výpočtech však zjistíme, že pro žádnou z dvojic gymnázií nedojde k vyvrácení nulové hypotézy. Nemůžeme tedy říci, že by studenti gymnázií dosáhli při řešení jednotlivých úloh testu různé výsledky. Procentuální neúspěšnost studentů gymnázií je téměř alarmující (pohybuje se okolo 90 %). Přestože toto zjištění bylo zarážející již v roce 1983/84 a v průběhu několika let bylo mnoho učitelů seznámeno s touto problematikou, vidíme, že o více než dvacet let později se úspěšnost studentů gymnázií při řešení těchto úloh zlepšila pouze nepatrně.

Z výsledků studentů učitelství vidíme, že během pětadvaceti let nedošlo k výraznému zlepšení, ale ani zhoršení. Studenti tehdy i nyní dosahují neúspěšnosti v řešení testu kolem 70 %. Tento závěr potvrzují i statistické výpočty, při kterých nedochází k vyvrácení nulové hypotézy na 5 % hladině významnosti, tedy rozdíl mezi výsledky studentů učitelství tehdy a nyní není statisticky významný.

Zaměříme-li se na porovnání výsledků studentů prvních ročníků oboru fyziky na MFF UK, můžeme si všimnout, že studenti, kteří řešili test v roce 1981/82, mají vyšší procento neúspěšnosti (62 %) než současní studenti (36 %). Musím však připomenout, že studentům byl test před dvaceti lety zadán hned v prvním týdnu jejich studia. Oproti tomu současní studenti řešili test začátkem listopadu, tedy asi po měsíci výuky mechaniky. Přesto výrazně vyšší úspěšnost současných studentů je potěšující. Porovnáme-li však tyto dvě skupiny studentů s využitím statistických výpočtů, zjistíme, že nemůžeme říci, že výsledky, kterých studenti dosáhli v řešení testů jsou různé (nedojde k vyvrácení

nulové hypotézy na 5 % hladině významnosti). Tedy rozdíly, kterých studenti 1.ročníku obecné fyziky tehdy a nyní dosáhli při řešení testu, nejsou statisticky významné.

Zajímavé může být také srovnání celkových výsledků studentů prvních a druhých ročníků fyziky na MFF UK. Vidíme, že relativní četnost nesprávných odpovědí (1. ročník - 36 %, 2. ročník - 34 %) se příliš neliší a jsou oproti výsledkům ostatních skupin příznivé. Přesto je dobré si uvědomit, že více než třetina studentů má nesprávné představy o základních fyzikálních zákonitostech. Výsledky studentů 1. a 2. ročníku se na první pohled příliš neliší, při podrobnějším statistické porovnání těchto dvou skupin studentů však zjistíme, jak jsem již výše uvedla, že rozdíly v úspěšnostech při řešení jednotlivých úloh testu, jsou statisticky významné (dochází k vyvrácení nulové hypotézy). Tedy s 95 % pravděpodobností jsou výsledky studentů obou skupin pro jednotlivé úlohy testu různé.



Skupiny a termín zadání testu

1. Studenti 1. ročníku MFF UK, obecná fyzika, 2006/07
2. Studenti 2. ročníku MFF UK, obecná fyzika, 2006/07
3. Studenti 1. ročníku MFF UK, učitelství ZŠ a SŠ, 2007/2008
4. Studenti 4. ročníku, Gymnázium A, 2006/07
5. Studenti 4. ročníku, Gymnázium L, 2006/07
6. Studenti 4. ročníku, Gymnázium Š, 2006/07
7. Studenti 4. ročníku, Gymnázium Ž, 2006/07
8. Studenti 4. ročníku, Gymnázium A, 1983/84
9. Studenti 4. ročníku, Gymnázium B, 1983/84
10. Studenti 1. ročníku MFF UK, obecná fyzika, 1981/82
11. Studenti 1. ročníku MFF UK, učitelství SŠ, 1981/82

2.7.3 Relativní četnosti odpovědí, kde se objevuje představa o nezbytnosti síly působící ve směru pohybu - porovnání s výsledky průzkumu z roku 1981/82 a 1983/84

V tabulkách 48 – 54.3 uvádím relativní četnost odpovědí studentů z mého průzkumu, které vyjadřují představu, že pro každý pohyb tělesa je nutná síla působící ve směru tohoto pohybu.

Tabulka 48: MFF – 1. ročník fyzika – Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	20	16	14	4	0	11
dívky	44	44	22	22	11	29
celkem	24	20	15	7	2	14

Tabulka 49: MFF – 2. ročník fyzika - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	11	6	3	3	3	5
dívky	0	40	20	60	60	36
ostatní	14	14	14	14	0	11
celkem	11	11	6	11	9	9

Tabulka 50: MFF – 1. ročník učitelství - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	38	54	38	23	38	38
dívky	75	75	25	50	50	55
celkem	47	59	35	29	41	42

Tabulka 51: Gymnázium A - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	85	89	81	44	63	72
dívky	78	78	91	48	70	73
celkem	82	84	86	46	66	73

Tabulka 51.1: Třída A-a - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
Chlapci	92	83	75	50	58	72
Dívky	82	91	91	36	64	73
Celkem	87	87	83	43	61	72

Tabulka 51.2: Třída A-b - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	80	93	87	40	67	73
dívky	75	67	92	58	75	73
celkem	78	81	89	48	70	73

Tabulka 52: Gymnázium L - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	61	87	83	30	57	64
dívky	41	74	78	22	56	54
celkem	50	80	80	26	56	58

Tabulka 52.1: Třída L-a - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	47	80	80	27	47	56
dívky	0	60	60	30	20	34
celkem	28	72	72	28	36	47

Tabulka 52.2: Třída L-b - - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	88	100	88	38	75	78
dívky	65	82	88	18	76	66
celkem	72	88	88	24	76	70

Tabulka 53: Gymnázium Š - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	62	62	52	57	62	59
dívky	76	68	76	52	48	64
celkem	70	65	65	54	54	62

Tabulka 53.1: Třída Š-a - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	43	43	29	57	57	46
dívky	85	70	75	55	45	66
celkem	74	63	63	56	48	61

Tabulka 53.2: Třída Š-b - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	71	71	64	57	64	65
dívky	40	60	80	40	60	56
celkem	63	68	68	53	63	63

Tabulka 54: Gymnázium Ž - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
Celkem	55	45	38	27	15	36

Tabulka 54.1: Třída Ž-a - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
Celkem	52	72	56	56	32	54

Tabulka 54.2: Třída Ž-b - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
celkem	74	57	30	22	4	37

Tabulka 54.3: Třída Ž-c - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
celkem	42	27	27	4	8	22

Z výsledků uvedených v tabulkách vidíme, že nejčastěji se představa síly působící ve směru pohybu vyskytuje u studentů gymnázií. Nejvíce odpovědí tohoto typu se objevuje u studentů gymnázia A, tj. 73 % (viz. Tabulka 51). Vidíme ale, že i výsledky gymnázií jsou velmi různorodé. V některých třídách se představa nutnosti síly působící ve směru pohybu vyskytuje v průměru u 70 % studentů, v jiných třídách pouze u 20 % studentů. Velké rozdíly jsou také někdy mezi jednotlivými třídami jednoho gymnázia, např. gymnázium Ž. Podíváme-li se na celkové výsledky gymnázií, vidíme, že představa síly, která působí ve směru pohybu tělesa, se vyskytuje na většině testovaných gymnáziích v průměru přibližně u 60 % - 70 % studentů, výjimkou je gymnázium Ž, zde se tato představa vyskytla u 36 % studentů. Tuto představu studenti nejvíce uplatňovali při

řešení úlohy první, druhé a třetí, nejméně potom při řešení úlohy čtvrté a šesté (šestou úlohu však studenti často neřešili nebo vyřešili pouze část).

Z výsledků uvedených v tabulce 50 vidíme, že u studentů učitelství se představa síly působící ve směru pohybu vyskytuje u 42 % studentů. Nejčastěji se tato představa projevila při řešení druhé úlohy, nejméně pak u úlohy čtvrté, zde studenti také často uváděli, že výsledná síla má směr závěsu a je orientovaná od bodu závěsu.

U studentů fyziky na MFF UK je relativní četnost odpovědí, kde je využívána představa síly působící ve směru pohybu tělesa, poměrně malá. V prvním ročníku takto odpovědělo v průměru 14 % studentů a ve druhém ročníku 9 % studentů. U studentů prvního ročníku se tato představa vyskytovala nejvíce při řešení první úlohy, nejméně pak při řešení úlohy šesté.

U první úlohy studenti nejčastěji uváděli, že třetí síla působící na těleso má směr pohybu. U druhé úlohy zakreslovali do obrázku různé síly svislého a vodorovného směru, jejichž výslednice měla směr pohybu a byla tečnou k trajektorii. Pro tyto síly uváděli studenti rozmanité názvy, například „setrvačná síla“, „síla, kterou byl míček hozen“, „síla, kterou byl míček odražen od podložky“, „pohybová síla“, apod. Často také zakreslovali pouze výsledné síly (tečny k trajektorii pohybu míčku). Třetí úloha byla pro studenty nejobtížnější, především pak druhá část této úlohy. Výslednou sílu studenti zakreslovali do obrázku jako tečnu k trajektorii pohybu kuličky a označovali ji jako „sílu, která způsobuje pohyb kuličky“. U čtvrté úlohy studenti opět uváděli, že výsledná síla má směr tečny k trajektorii pohybující se kuličky. Tento typ odpovědi se vyskytoval především u studentů gymnázií. Stejně tomu bylo i v šesté úloze, kdy studenti při zakreslování sil působících na družici zakreslovali výslednou sílu ve směru pohybu družice.

V tabulkách 55 - 58 uvádím relativní četnost odpovědí studentů z průzkumu z roku 1981/82 a 1983/84, které vyjadřují představu, že pro pohyb tělesa je nutná síla působící ve směru pohybu.

Tabulka 55: Gymnázium A - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	94	84	71	73	62	77
dívky	74	71	66	68	47	65
celkem	83	76	68	70	53	70

Tabulka 56: Gymnázium B - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	82	82	68	76	91	80
dívky	62	73	59	30	25	50
celkem	70	76	62	47	48	61

Tabulka 57: Skupina U - Vztah síly a pohybu

Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	37	70	47	32	33	44
dívky	50	71	57	43	44	53
celkem I.	32	68	42	27	31	40
chlapci	34	66	40	28	30	40
dívky	29	71	48	26	33	41
celkem II	63	78	66	54	52	63
celkem	44	72	52	37	39	49

Tabulka 58: Skupina F - Vztah síly a pohybu

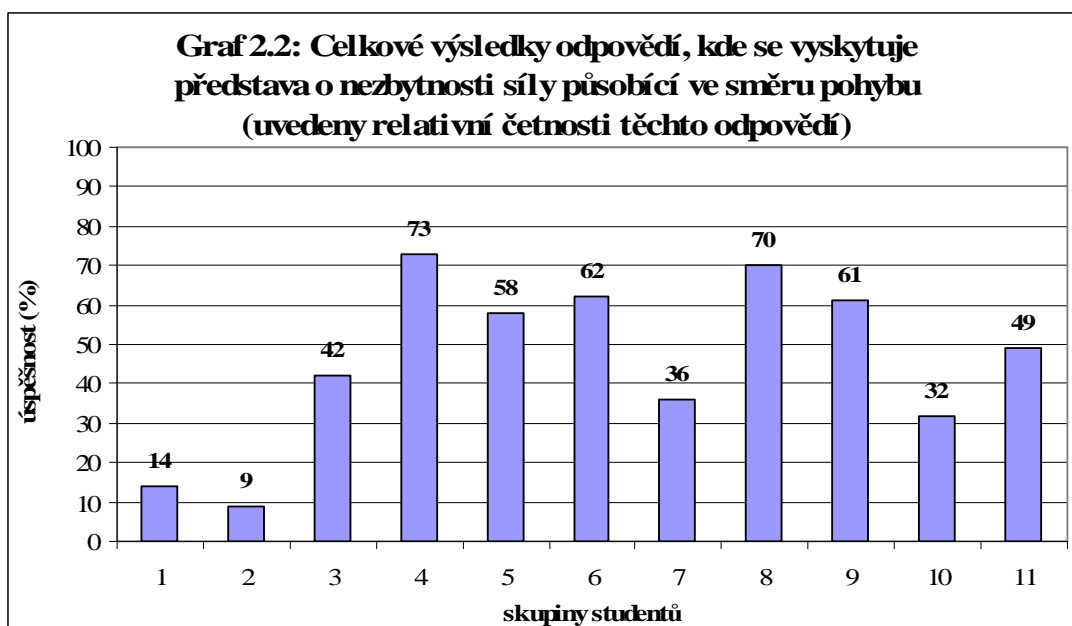
Úloha Skupina	1	2	3	4	6	průměr
chlapci	37	43	23	20	22	29
dívky	59	74	58	33	34	52
celkem	40	47	28	22	23	32

Podíváme-li se na průzkum z roku 1981/82 a 1983/84, všimneme si, že představa síly působící ve směru pohybu se zde také vyskytuje častěji na gymnáziích než u studentů MFF UK. Na gymnázium A má tuto představu v průměru asi 70 % studentů a na gymnázium B přibližně 61 % studentů. Při srovnání obou průzkumů vidíme, že celkové relativní četnosti odpovědí studentů gymnázií z roku 1983/84 a současných studentů se příliš neliší. V současnosti se představa působící síly ve směru pohybu tělesa vyskytla na gymnázium A u 73 % studentů, na gymnázium L u 58 % studentů a gymnázium Š u 62 % studentů. Výjimku tvoří pouze gymnázium Ž, které dopadlo podstatně lépe, zde se tato představa vyskytla u 36 % studentů. Při statistickém zpracování zjistíme, že při porovnání výsledků všech dvojic gymnázií, nedochází k vyvrácení nulové hypotézy, nemůžeme proto říci, že četnosti výskytu představy síly působící ve směru pohybu v jednotlivých úlohách testu jsou pro studenty gymnázií různé. Výjimku tvoří pouze gymnázium A z roku 1983/84 a gymnázium L z roku 2006/07, kde byla při jejich vzájemném porovnání nulová hypotéza vyvrácena, tedy lze říci, že četnosti výskytu představy síly působící ve směru pohybu v jednotlivých úlohách testu jsou při porovnání obou gymnázií odlišné. Zaměříme-li se na jednotlivé úlohy, nepozorujeme mezi jednotlivými gymnázii výrazné rozdíly. U studentů z roku 1983/84 se nejčastěji tato představa vyskytovala u první a druhé úlohy. Naopak nejméně se odpovědi tohoto typu objevovaly v úloze šesté.

Porovnáme-li nyní výsledky studentů učitelství, všimneme si, že během pětadvaceti let nedošlo k výrazné změně týkající se představ studentů. Relativní četnosti odpovědí tohoto typu vyskytující se u studentů v roce 1981/82 dosahovaly 49 %, u současných studentů dosahují 42 %. Podíváme-li se na výskyt této představy v jednotlivých úlohách celého testu a provedeme-li podrobnější statistické zpracování, zjistíme, že nedojde k zamítnutí nulové hypotézy na 5 % hladině významnosti. Rozdíly v četnostech výskytu této představy v jednotlivých úlohách testu u obou skupin studentů nejsou statisticky významné. Představa o nezbytnosti síly, která působí ve směru pohybu tělesa, se tehdy i nyní nejčastěji objevovala při řešení druhé úlohy, nejméně pak při

řešení úlohy čtvrté. Z průzkumu prováděného před dvaceti pěti lety můžeme také vidět, že v průzkumu dopadli lépe studenti oborů fyzika – matematika a fyzika základy techniky (jsou označeni jako skupina I) než studenti oboru fyzika-chemie (označeni jako skupina II). Přestože se v roce 1981/82 průzkumu zúčastnilo podstatně více studentů (celkem 178) než v roce 2007 (celkem 17 studentů), získáváme zajímavou informaci o základních fyzikálních představách studentů učitelství a také zjišťujeme, že se během více jak dvaceti let tyto představy příliš nezměnily.

Při porovnání výsledků studentů fyziky MFF UK vidíme, že četnost odpovědí týkajících se představy, že ve směru pohybu tělesa musí vždy působit síla, je u současných studentů prvních ročníků výrazně nižší (14 %) než u studentů prvních ročníků v roce 1981/82 (32 %). Toto porovnání však není zcela korektní, neboť letošním prvním ročníkům oboru fyzika byl test zadáván až v průběhu prvního semestru, tedy již po probírání části učiva týkajícího se mechaniky. Zatímco studentům prvních ročníků v roce 1981/82 byl test zadán v prvním týdnu jejich studia na MFF UK. I když vezmeme v úvahu, že současným studentům mohl k takovému zlepšení pomoci přibližně jeden měsíc výuky mechaniky na MFF UK, považují tyto výsledky za pozitivní. Při bližším statistickém porovnání však zjistíme, že četnosti výskytu představy síly působící ve směru pohybu pro jednotlivé úlohy testu nemůžeme prohlásit u těchto dvou skupin studentů za různé (nedochází k vyvrácení nulové hypotézy na 5 % hladině významnosti). Rozdíl ve výsledcích uvedených v tabulkách 48 a 58 není tedy statisticky významný. Porovnáme-li také výsledky studentů současného prvního a druhého ročníku, vidíme, že u studentů druhých ročníků se tato představa vyskytuje méně (9 %) než u studentů ročníku prvního (14 %). Vezmeme-li v úvahu, že studenti druhého ročníku již absolvovali výuku mechaniky a někteří studenti s menším zájmem o fyziku během prvního ročníku tento obor opustili, myslím si, že tyto celkové výsledky jsou adekvátní. Podíváme-li se na výskyt této představy v jednotlivých úlohách v celém testu, zjistíme, že při statistickém porovnání výsledků studentů 1. a 2. ročníku MFF UK nedochází k zamítnutí nulové hypotézy, tedy o rozdílech ve výskytu této představy u studentů obou skupin nemůžeme říci, že jsou různé. Zaměříme-li se na jednotlivé úlohy, můžeme si všimnout, že u studentů z roku 1981/82 se představa síly způsobující pohyb vyskytuje nejvíce ve druhé úloze a nejméně v úloze čtvrté. U současných studentů prvního ročníku se objevuje nejčastěji v řešeních první úlohy a nejméně často v odpovědích na šestou úlohu.



Skupiny a termín zadání testu

1. Studenti 1. ročníku MFF UK, obecná fyzika, 2006/07
2. Studenti 2. ročníku MFF UK, obecná fyzika, 2006/07
3. Studenti 1. ročníku MFF UK, učitelství ZŠ a SŠ, 2007/2008
4. Studenti 4. ročníku, Gymnázium A, 2006/07
5. Studenti 4. ročníku, Gymnázium L, 2006/07
6. Studenti 4. ročníku, Gymnázium Š, 2006/07
7. Studenti 4. ročníku, Gymnázium Ž, 2006/07
8. Studenti 4. ročníku, Gymnázium A, 1983/84
9. Studenti 4. ročníku, Gymnázium B, 1983/84
10. Studenti 1. ročníku MFF UK, obecná fyzika, 1981/82
11. Studenti 1. ročníku MFF UK, učitelství SŠ, 1981/82

2.7.4 Výsledky studentů učitelství fyziky v letech 1991 – 2007 (1. ročník) a v roce 1985 (5. ročník)

Dále zde pro srovnání uvádím výsledky stejného průzkumu z průběhu několika let, který se studenty prvních ročníků oboru učitelství provádí Dana Mandíková. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 59. V tabulce 60 a v grafech pod tabulkami jsou pak vypočteny a znázorněny průměrné hodnoty **nesprávných** odpovědí a odpovědí týkajících se představy o nezbytnosti síly působící ve směru pohybu. Z výsledků zpracovaných v tabulkách a znázorněných v grafech můžeme vidět, že k výraznému zlepšování ve fyzikálních představách v průběhu let u studentů učitelství nedochází. Nejúspěšnější v řešení testů byli studenti v roce 1991, v následujících letech se úspěšnost studentů spíše snižovala a v současné době vidíme opět malé zlepšení, současní studenti dosáhli téměř stejných výsledků jako studenti v roce 1991. Také výsledky týkající se představ studentů o nezbytnosti síly působící ve směru pohybu se v průběhu let výrazně neměnily. Nejlépe dopadli studenti v roce 1992 a současní studenti, u nichž se relativní četnost výskytu těchto představ pohybovala kolem 40 %. Největší výskyt těchto představ byl zaznamenán u studentů učitelství pro SŠ v roce 2005, relativní četnost těchto představ dosahovala 75 %.

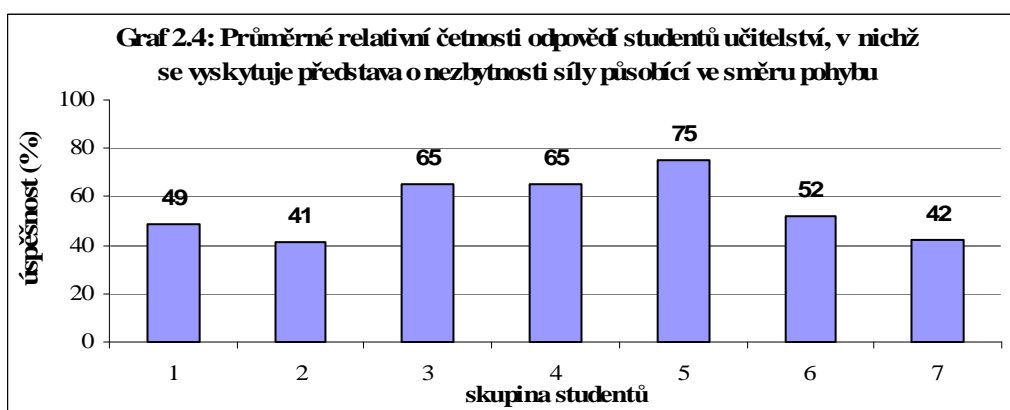
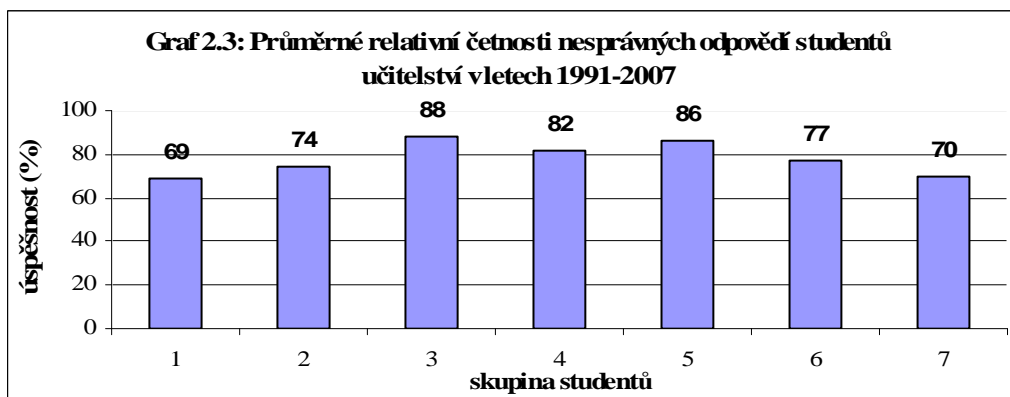
Dále si v tabulce 59 můžeme všimnout, že nejobtížnější úlohou je pro studenty úloha třetí. Mezi další obtížnější úlohy patří úloha šestá a úloha druhá. Představu, že ve směru pohybu musí působit síla, studenti nejčastěji využívají v úloze druhé.

Tabulka 59: Výsledky studentů učitelství na MFF UK v letech 1991 - 2007

Skupina	Počet stud.	Celkový počet nesprávných odpovědí v %						Celkový počet odpovědí v % síla - pohyb					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	6	
Číslo úlohy													
1	51	35	75	94	69	49	90	35	65	63	35	48	
2	40	75	70	98	75	45	80	63	60	35	25	23	
3	4	100	100	100	75	50	100	75	100	100	25	25	
4	11	64	91	100	73	64	100	54	91	82	54	45	
5	12	75	100	100	75	75	92	75	92	83	50	75	
6	5	80	80	100	60	80	60	40	80	60	60	20	
7	6	47	71	100	76	53	71	47	59	35	29	41	

Tabulka 60: Průměrná relativní četnost nesprávných odpovědí studentů učitelství na MFF UK v letech 1991-2007

Skupina	1	2	3	4	5	6	7
Průměr nespr. odpovědí	69	74	88	82	86	77	70
Průměr odpovědí síla-pohyb	49	41	65	65	75	52	42



Vysvětlivky k tabulkám a grafům:

Skupiny a termín zadání testu

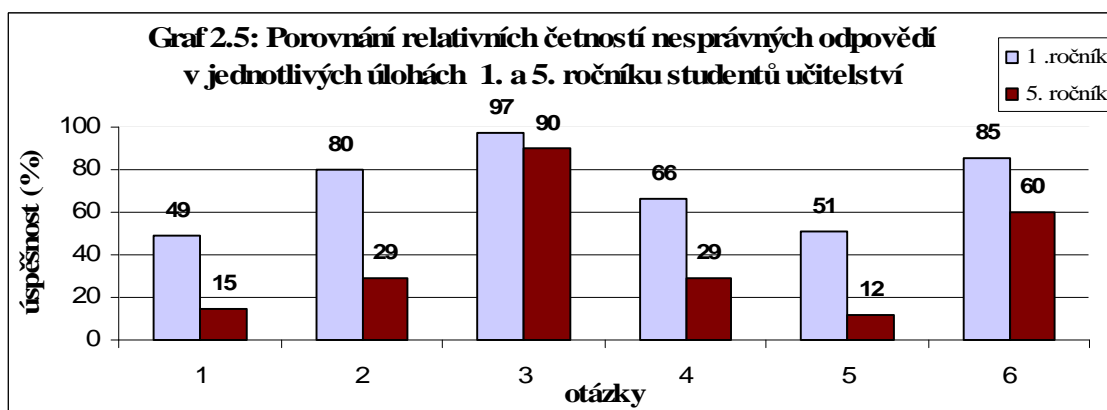
1. Studenti 1. ročníku MFF UK, učitelství SŠ, říjen 1991
2. Studenti 1. ročníku MFF UK, učitelství SŠ, říjen 1992
3. Studenti 1. ročníku MFF UK, učitelství ZŠ, říjen 2004
4. Studenti 1. ročníku MFF UK, učitelství SŠ, říjen 2004
5. Studenti 1. ročníku MFF UK, učitelství SŠ, říjen 2005
6. Studenti 1. ročníku MFF UK, učitelství ZŠ, říjen 2005
7. Studenti 1. ročníku MFF UK, učitelství ZŠ a SŠ, říjen 2007

K představě, jak se studenti učitelství zlepšili po absolvování výuky mechaniky na MFF UK, by nám mohl pomoci průzkum, který v roce 1985 provedl Josef Spudil ([6]). Ve své práci porovnává výsledky studentů, jimž byl tento test zadán v prvním ročníku, s výsledky průzkumu, který byl se stejnými studenty proveden v ročníku pátém. Celkové výsledky obou těchto průzkumů si můžeme prohlédnout v tabulce 61, kde jsou rela-

tivní četnosti **nesprávných** odpovědí v jednotlivých úlohách. Z uvedených hodnot vidíme, že u studentů pátých ročníků došlo k výraznému zlepšení při řešení testů. Největšího zlepšení dosáhli ve druhé úloze, kde byli studenti oproti prvnímu ročníku úspěšnější o 51 %. Naopak nejmenší zlepšení se projevilo ve třetí úloze, při jejímž řešení byli studenti úspěšnější pouze o 7 %. Zlepšení, kterého studenti ve všech úlohách dosáhli, je velmi pozitivní zjištění, přesto i po absolvování studia oboru učitelství na MFF UK mělo téměř 40 % studentů nesprávné představy o základních fyzikálních zákonitostech. To potvrzuje hypotézu, že nesprávné prekoncepce jsou v nás silně zakořeněny a nahradit je představami správnými je velmi obtížné.

Tabulka 61: Výsledky studentů učitelství na MFF UK – relativní četnosti nesprávných odpovědí

Úloha \ Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr
1. ročník	49	80	97	66	51	85	71
5.ročník	15	29	90	29	12	60	39



2.7.5 Shrnutí nejčastějších prekonceptí

Na závěr první části diplomové práce provedeme shrnutí, které se týká toho, jaké nesprávné představy se vyskytovaly nejčastěji a zda se četnost těchto představ během více jak dvaceti let změnila.

V první úloze je to jednoznačné, nejčastější nesprávná odpověď, kterou studenti tehdy i nyní uváděli, spadala do kategorie c (třetí síla je orientovaná ve směru pohybu a je to buď výslednice prvních dvou sil nebo jiná síla).

Ve druhé úloze se v roce 1981/82 a 1983/84 mezi chybnými odpověďmi nejčastěji vyskytovala řešení náležící kategorii d (výslednice sil má ve všech bodech směr tečný k trajektorii a je orientovaná ve směru míčku, resp. na míček působí ve všech vyznačených bodech tečná a tíhová síla). Pouze u studentů učitelství převládala odpověď e, kdy v různých bodech působí na těleso různé kombinace vodorovných a svislých sil různých orientací. Podíváme-li se na výsledky současných studentů, vidíme, že i u nich se mezi nesprávnými odpověďmi nejčastěji vyskytovala řešení patřící do kategorie d (pouze u gymnázia L to byla řešení náležící do kategorie e).

Třetí úloha byla rozdělena na dvě části, v první části byla nejčastější chybnou odpovědí u všech skupin studentů (jak u studentů z roku 1981/82 a 1983/84, tak u studentů z roku 2006/07), odpověď spadající do kategorie d, kdy na hmotný bod působí pouze

tíhová síla. Ve druhé části této úlohy uváděli studenti gymnázií a učitelství v roce 1981/82 a 1983/84 jako nejčastější chybnou odpověď, odpověď z kategorie g (na hmotný bod působí výsledná síla tečná k trajektorii orientovaná ve směru pohybu) a studenti fyziky na MFF UK odpověď z kategorie h (na hmotný bod působí tíhová síla a tahová síla závěsu, které mají stejnou velikost a jsou opačně orientované - výslednice je nulová). U studentů obecné fyziky z roku 2006/07 a u studentů učitelství z roku 2007/08 byla nejčastější chybnou odpovědí, odpověď patřící do kategorie h. U studentů gymnázií A a Ž převládala odpověď z kategorie g a u studentů gymnázií L a Š to byla odpověď z kategorie i, kdy na hmotný bod působí tíhová síla (popř. tíhová síla a tahová síla závěsu, které mají stejnou velikost a jsou opačně orientované), dále působí na hmotný bod dvě síly tečné k trajektorii, které mají stejnou velikost a jsou opačně orientované.

Ve čtvrté úloze byla nejčastější nesprávnou odpovědí u studentů gymnázií z roku 1983/84 odpověď z kategorie d (výsledná síla působící na hmotný bod má směr tečný k trajektorii), u studentů fyziky a učitelství z roku 1981/82 to byla odpověď z kategorie f (úloha nebyla řešena nebo řešení nespádalo do žádné z kategorií). U studentů fyziky z roku 2006/07 a u studentů gymnázia L se mezi nesprávnými řešeními nejčastěji vyskytovala odpověď z kategorie c (výsledná síla působící na hmotný bod má směr závěsu a je orientovaná od bodu závěsu). U studentů zbývajících gymnázií převládala odpověď spadající do kategorie d. Studenti učitelství měli stejné zastoupení nesprávných odpovědí z kategorie c a d.

Pátá úloha byla jednoznačná, zde všichni studenti, kteří se zúčastnili průzkumu, jak v roce 1981/82 a 1983/84, tak v roce 2006/07 (popř. 2007/08), uváděli nejčastěji jako chybnou odpověď, odpověď z kategorie f (souhlasné náboje se navzájem odpuzují, náboj o menší velikosti je odpuzován větší silou).

Poslední šestá úloha byla rozdělena na více částí. V části týkající se Země studenti gymnázií z roku 1983/84 uváděli nejčastěji různorodé odpovědi spadající do kategorie e (jiné nesprávné odpovědi). U studentů fyziky z roku 1981/82 se nejčastěji vyskytovaly chybné odpovědi náležící do kategorie d (na Zemi působí dostředivá a odstředivá síla, které se vzájemně vyruší) a u studentů učitelství to byly odpovědi náležící kategorii f (úloha v části týkající se Země neřešena). U studentů gymnázií, studentů učitelství a studentů 1. ročníků obecné fyziky z roku 2006/2007 se v části úlohy týkající se Země nejvíce vyskytovala odpověď z kategorie f. U studentů 2. ročníku obecné fyziky měly stejné procentuální zastoupení chybné odpovědi z kategorií d, f. Druhá část této úlohy se týkala družice. U studentů fyziky z roku 1981/82 se v této části úlohy nejvíce objevovaly chybné odpovědi spadající do kategorie b (na družici působí dostředivá a odstředivá síla, které se vzájemně vyruší), stejně tomu bylo i u studentů učitelství, zde ale ke kategorii b přibyla stejně početná kategorie c (výsledná síla, která na družici působí, je tečná k trajektorii a je orientovaná ve směru pohybu). U studentů gymnázií z roku 1983/84 byla nejpočetnější kategorie e (ostatní nesprávné odpovědi, resp. řešení neuvedeno). U současných studentů fyziky byla nejpočetnější nesprávnou odpovědí, odpověď z kategorie b, u studentů učitelství a u studentů gymnázií A, Š to byla odpověď z kategorie c. U studentů gymnázia L se vyskytovala nejčastěji chybná odpověď náležící do kategorie d (na družici působí dostředivá síla a síla tečná k trajektorii) a u studentů gymnázia Ž jí byla odpověď náležící do kategorie e.

Jak můžeme vidět v tomto shrnutí, pokud studenti řešili úlohu nesprávně, pro zdůvodnění svého postupu nejčastěji využívali představu síly, která působí ve směru pohybu tělesa a je tečná k jeho trajektorii. Tato představa převládá především u studentů gymnázií, a to jak v roce 1983/84, tak v roce 2006/07. Téměř ve všech úlohách byly nejpočetnější kategorie odpovědí, které obsahovaly tyto prekoncepce. U vysokoškolských

ských studentů se už vyskytovaly často i jiné odpovědi, např. ve druhé části třetí úlohy se u těchto studentů nejčastěji vyskytovaly nesprávné odpovědi z kategorie h (na bod působí tíhová síla a tahová síla závěsu, které mají stejnou velikost a jsou opačně orientované, výslednice je nulová), podobně tomu bylo i u čtvrté úlohy, kde převládaly nesprávné odpovědi z kategorie c (výsledná síla působící na hmotný bod má směr závěsu a je orientovaná od bodu závěsu). Odpovědi z těchto kategorií nespádají mezi prekoncepce o nezbytnosti síly působící ve směru pohybu. Prekoncepce se však i u vysokoškolských studentů zaměřujících se na studium fyziky vyskytují poměrně často!

V přehledu, který jsem uvedla výše, kde jsou vypsány nejpočetnější kategorie nesprávných odpovědí (jak v roce 1981/82 a 1983/84, tak v roce 2006/07), vidíme, že při porovnání příslušných skupin studentů nedošlo během pětadvaceti let k výrazným změnám v nejčastěji se vyskytujících nesprávných představách.

2.7.6 Dotazníky zadané učitelům fyziky na testovaných gymnáziích

Učitele fyziky na gymnáziích, jejichž studenti se účastnili průzkumu v roce 2006/07, jsem požádala o vyplnění dotazníku týkajícího se jejich povědomí o problematice prekonceptů (znění dotazníku je v Příloze 2). Dotazník byl s drobnými úpravami převzat z publikace J. Trny [17] s jeho svolením. Dotazník měl zjistit, zda se tito učitelé již někdy setkali s termínem prekoncepce žáků, zda umí s těmito představami pracovat, jaký význam jim přiřkládají a zda by se chtěli v práci s těmito představami zdokonalovat.

Všichni učitelé uvedli, že se již s některým z uvedených termínů týkajících se prekonceptů žáků setkali. Nejčastěji zaškrtnli termíny žakovská představa, žakovské pojetí učiva, naivní teorie dítěte a žakovská koncepce učiva.

Na otázku, zda znají postupy ve výuce, ve kterých se s prekoncepty pracuje, nejčastěji učitelé odpovídali, že jen mlhavě, něco málo o tom vědí. Dva učitelé (z gymnázií Š-b a A-a) uvedli, že žádné postupy neznají.

K otázce, zda jim prekoncepce žáků ve výuce vadí, se učitelé nejčastěji vyjadřovali, že se setkali s komplikací ale i přínosem nebo, že se setkali s komplikacemi a poradili si s nimi. Učitel gymnázia Š-a odpověděl, že s prekoncepty pravidelně pracuje a zajímá se o ně. Naopak učitel gymnázia A-a napsal, že se o prekoncepce vůbec nezajímá.

Na dotaz, zda učitelé vědí, jak s prekoncepty pracovat, odpovídali, že někde slyšeli jak, ale nyní už nevědí (Ž-a, L-a, A-b). Další odpovědí bylo, že znají literaturu, kde to mohou zjistit (L-b) nebo když budou potřebovat, tak na to přijdou sami (A-a). Učitel gymnázia Š-b odpověděl, že vůbec neví jak s prekoncepty pracovat. Naopak učitelé gymnázií Ž-b, Ž-c, Š-a odpověděli, že znají některé postupy, jak zjišťovat prekoncepce žáků (např. test, rozhovor).

Předposlední otázka se týkala toho, zda učitelé cítí potřebu se v práci s žakovskými prekoncepty zdokonalit. Učitelé nejčastěji odpovídali, že asi ano, ale zatím to nepotřebovali. Učitel gymnázia Š-a odpověděl, že cítí potřebu se zdokonalovat v práci s prekoncepty, používá je a každý nový nápad ho zajímá. Naopak učitel gymnázia A-a se vyjádřil, že tuto potřebu necítí, na nic to nepotřebuje.

V poslední otázce měli učitelé uvést některé prekoncepce, s kterými se ve výuce setkali. Na tuto otázku odpověděli učitelé gymnázií L-a, L-b, Š-a, Ž-a, Ž-b, Ž-c. Někteří učitelé odpověděli velice obecně, ale našly se mezi odpověďmi i pěkné konkrétní příklady.

Tyto dotazníky slouží k doplnění celkového průzkumu, na jejich základě si můžeme například všimnout, že učitelé gymnaziálních tříd Š-a a Ž-b, Ž-c (na gymnázium Ž

učil tyto třídy stejný učitel) mají kladný postoj k prekonceptím žáků, zajímají se o ně, znají postupy, jak je u žáků zjišťovat, jako jedni z mála uvedli i konkrétní příklady, s nimiž se při vyučování setkali. Podíváme-li se na úspěšnost jejich studentů při řešení testu, vidíme, že výsledky, kterých studenti při řešení testu dosáhli, patřily v porovnání s ostatními gymnázii k těm lepším. Naopak podíváme-li se na odpovědi, které v dotazníku uvedl učitel gymnázia A-a, pozorujeme, že tento učitel se prekonceptem studentů nezabývá a nepřikládá jim žádnou váhu. Zaměříme-li se na úspěšnost studentů z třídy tohoto učitele, vidíme, že tito studenti patřili spíše k těm méně úspěšným.

2.8 Závěr

Z průzkumu vidíme, že přestože problematika prekonceptů je již delší dobu známa, stále se nedaří, zejména na středních školách, vyrovnávat se s nesprávnými představami studentů. Aktuální otázkou tedy stále zůstává, jak vést výuku, aby byly chybné prekoncepte nahrazeny představami správnými. Díky dotazníkům jsme mohli pozorovat, že přístup učitelů k prekonceptům studentů je velmi rozdílný, od toho se odvíjí také přístup učitelů k výuce a efektivnost výuky. Ukázalo se, že studenti, jejichž učitelé se o tuto problematiku zajímají, dopadli v průzkumu o něco lépe než studenti, jejichž učitelé nepovažují problematiku prekonceptů studentů za důležitou. Přestože tento rozdíl nebyl nijak výrazný, je to příjemné zjištění. Musíme si také uvědomit, že úspěšnost jednotlivých tříd ovlivňuje řada faktorů, např. počet studentů zajímajících se o fyziku, celkové zaměření třídy, nevíme také, zda dotyčný učitel vedl třídu celé čtyři roky, apod.

3. Přehled publikací týkajících se výzkumu prekonceptů v oblasti síly a pohybu

Problematika efektivního vzdělání studentů, tedy zaměření se u studentů na to, aby danou látku a jednotlivé pojmy pochopili, aby jim rozuměli a ne se je pouze naučili nazpaměť bez hlubšího pochopení, je ve světě v posledních letech velmi populární. Vznikla celá řada testů, které se zaměřují na zkoumání pochopení základních pojmů dané látky. Tyto testy se vyvíjely řadu let a jsou zaměřeny na různé oblasti přírodních věd. Za posledních dvacet let byla na téma prekonceptů studentů napsána také celá řada článků a publikací, je tedy nemožné vytvořit zde přehledný seznam všech článků týkajících se tohoto tématu. Vybrala jsme tedy ty články, které mi připadaly pro moji práci nejdůležitější, které se týkaly zde uváděné problematiky nejvíce a nebo mi připadaly nejzajímavější.

Mezi nejpodstatnější články a publikace, které se týkají tématu, prekoncepte studentů o síle a pohybu, považuji ty, jež se zaměřují na test FCI a související problematiku. Při vytváření tohoto přehledu jsem se snažila nejprve zjistit, zda již někdo podobný přehled nevytvořil, popř. z kterých článků a publikací lidé zabývající se tímto tématem vycházejí. Jedním z autorů, kteří se zabývají touto problematikou, je slovenský pedagog RNDr. Jozef Hanč, Ph.D. působící na Univerzitě Pavla Jozefa Šafárika v Košicích. Díky jeho ochotě jsem získala několik základních článků, z nichž jsem při tvorbě přehledu publikací týkajících se prekonceptů studentů v oblasti síly a pohybu vycházela. K těmto článkům jsem dále přidávala další, které se mi zdály důležité či zajímavé.

Seznam článků a publikací vztahující se k dané problematice jsem se snažila vytvořit co nejprehledněji. Nejprve vždy uvádím autory článku, název článku, potom kde a kdy byl článek publikován a na závěr příkládám velmi krátký komentář, čeho se článek konkrétněji týká. Nejprve uvádím publikace v anglickém jazyce. Zde jsem se soustředila, jak jsem již výše uvedla, zejména na literaturu týkající se testu FCI, popř. dalších konceptuálních testů. Dále uvádím publikace v českém a slovenském jazyce. Články a publikace jsem seřadila chronologicky od nejstarších po nejnovější.

3.1. Publikace v anglickém jazyce

Autor: Halloun, Ibrahim; Hestenes, David

Název: The initial knowledge state of college physics students

Kde: American Journal of Physics

Kdy: Listopad 1985

Anotace: Autoři se v dokumentu zaměřují na miskoncepte studentů o pohybu a jeho příčinách, zkoumají, jaký vliv mají tyto chybné představy na výkon studentů v dalším studiu a do jaké míry tyto představy ovlivňuje tradiční výuka. V článku jsou uvedeny výsledky průzkumu prováděného užitím matematického a fyzikálního diagnostického testu (Mathematics diagnostic test a Mechanics diagnostic test) na třech typech škol v několika třídách. Tyto výsledky autoři dále v článku rozebírají a vyvozují z nich závěry. Dočteme se zde také, jak se oba diagnostické testy vyvíjely a vznikaly. V závěru článku autoři popisují, jak vypadají fyzikální kurzy na zkoumaných školách a diskutují, co může ovlivňovat zlepšení studentů a odstranění miskonceptů. V příloze je poté uveden celý Mechanics diagnostic test.

Autor: Halloun, Ibrahim; Hestenes, David
Název: Common sense concepts about motion
Kde: American Journal of Physics
Kdy: Listopad 1985

Anotace: Tento článek navazuje na předcházející dokument. Zde se však autoři zaměřují především na miskoncepce studentů týkající se pojmů „pohyb a síla“. Při podrobnější analýze těchto chybných představ vycházejí z vlastního průzkumu, provedeného pomocí Mechanics diagnostic test. Tyto chybné představy studentů jsou v článku uvedeny, rozebrány a doplněny konkrétními odpověďmi studentů. Na závěr autoři uvádějí přehled těchto miskonceptů, které dělí do dvou kategorií, principy pohybu a vlivy na pohyb. V článku také můžeme najít část věnovanou historii, konkrétněji vývoji pohledu na sílu a pohyb.

Autor: Hestenes, David; Wells, Malcolm; Swackhamer, Gregg
Název: Force Concept Inventory
Kde: The Physics Teacher
Kdy: Květen 1992

Anotace: Tento článek je zaměřen na FCI test. V článku je podrobně rozebrána struktura testu, najdeme zde analýzu jednotlivých otázek, jsou zde uvedeny správné odpovědi ke všem otázkám testu a jednotlivé miskoncepce, které můžeme pomocí testu identifikovat. Autoři se zde samozřejmě zmiňují o významu a využití testu. Dále se zabývají také tím, co ovlivňuje úspěšnost studentů při řešení testu, především se zaměřují na vliv učitele a vliv sociálního a ekonomického zázemí studentů. V článku najdeme pěkně a podrobně zpracované výsledky FCI testu z několika středních škol a univerzit. Na konci článku je k nahlédnutí celý FCI test.

Autor: Hestenes, David; Wells, Malcolm
Název: A Mechanics Baseline Test
Kde: The Physics Teacher
Kdy: Květen 1992

Anotace: V článku se autoři zabývají strukturou testu Mechanics Baseline Test. Tento test slouží k hodnocení porozumění studentů pojmům vztahujícím se k mechanice. Diskutuje se zde, jak porovnávat výsledky získané pomocí testu s rozsáhlými daty, používanými k hodnocení výuky. V tomto dokumentu můžeme také najít kopii tohoto testu.

Autor: Hestenes, David; Halloun, Ibrahim
Název: Interpreting the Force Concept Inventory
Kde: The Physics Teacher
Kdy: Listopad 1995

Anotace: V článku se dozvídáme podrobněji o FCI testu, v úvodu se dočteme, co to vlastně FCI test je, k čemu slouží, krátce je zde zmínka také o jeho vzniku (předchůdcem FCI testu byl MDT-Mechanics Diagnostic Test). Dále se v článku dočteme o vývoji FCI testu, o jeho struktuře, spolehlivosti a validitě. Pomocí FCI testu určíme, jak studenti rozumějí základním pojmům Newtonovské mechaniky, a na základě testu můžeme také stanovit efektivitu výuky. Na závěr je zde diskutováno užití FCI testů a interpretace získaných výsledků. V příloze se autoři krátce zmiňují o faktorové analýze.

Autor: Thornton, Ronald K.

Název: Conceptual Dynamics: Following Changing Student Views of Force and Motion

Kde: The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities:
Proceedings of ICUPE

Kdy: Březen 1997

Anotace: Autor tohoto článku se zabývá především tím, jaký pohled mají studenti na fyzikální svět a jak lze tento pohled změnit, popřípadě jaký vliv má na jeho změnu výuka. Pohledem autor rozumí, jak studenti uvažují a přemýšlejí nad fyzikálními problémy. V článku vychází z průzkumu, který byl proveden na středních školách a univerzitách. Při zkoumání pohledů u studentů se zaměřil na oblast fyziky, týkající se pohybu a síly, konkrétněji na první a druhý Newtonův zákon. Uvádí zde konkrétně rozdíly mezi studentskými a fyzikálními pohledy. Dále se v článku zaměřuje především na to, jak chybné pohledy studentů přeměnit na správné.

Autor: Hake, Richard R.

Název: Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses

Kde: American Journal of Physics

Kdy: Leden 1998

Anotace: Autor v příspěvku porovnává efektivitu tradiční výuky a výuky interaktivní. Toto porovnání je provedeno na základě dat z 62 fyzikálních kurzů, celkem tedy od 6542 studentů. V článku autor uvádí všechny jemu známé výsledky pre-/post-testu získané pomocí MD testu (Mechanics Diagnostics test), FCI testu (Force Concept Inventory) a MB testu (Mechanics Baseline tests). Zpracování výsledků často doplňuje grafy, porovnání výsledků provádí pomocí normalizovaného průměrného zisku. Zaobírá se zde chybami normalizovaného průměrného zisku a dále také faktory, které mohou ovlivňovat „skóre“ FCI testů. Na závěr je zde věnována část návrhům na zlepšení a především zvýšení efektivity výuky. Článek uzavírá krátké shrnutí, kde autor rekapituluje nejdůležitější poznatky, kterých se čtenář v článku můžete dobat.

Autor: Savinainen, Antti; Scott, Philip

Název: The Force Concept Inventory: A Tool for Monitoring Student Learning

Kde: Physics Education

Kdy: Leden 2002

Anotace: V článku se dozvídáme, co je to test FCI a k čemu slouží. Autoři zde popisují strukturu a vývoj testu. Najdeme zde také seznam miskoncepcí, které můžeme pomocí testu u studentů odhalit (tato část článku je doplněna i konkrétními ukázkami). Jsou zde uvedeny hlavní zjištění z výzkumu FCI a dozvídáme se zde také o normalizovaném průměrném zisku. V článku nechybí ani část věnovaná kritice FCI.

Autor: Savinainen, Antti; Scott, Philip

Název: Using the Force Concept Inventory to monitor student learning and to plan teaching

Kde: Physics Education

Kdy: Leden 2002

Anotace: Tento článek navazuje na článek předchozí (viz. výše), autoři se zde opět zaměřují na FCI test, především na jeho využití při hodnocení efektivity výuky. Uvádějí

zde konkrétní příklad vyhodnocování a výsledků finských studentů, kteří byli vzděláváni interaktivním přístupem k výuce. Toto vyhodnocení je doplněno grafy a komentáři. Je zde také zmínka o statistické metodě sloužící k určení miskoncepce studentů, koncentrační analýze. Důležitou částí článku je rozsáhlý odstavec věnovaný ICI (Interactive Conceptual Instruction), to můžeme přeložit jako interaktivní výuka. Upozorňují zde na čtyři hlavní body takovéto výuky, které vedou u studentů k porozumění dané látce. Na závěr článku autoři zdůrazňují tři aspekty, které dělají výuku efektivnější.

Autor: Henderson, Charles

Název: Common Concerns About the Force Concept Inventory

Kde: The Physics Teacher

Kdy: Prosinec 2002

Anotace: V úvodu článku autor popisuje FCI test a uvádí zde jeho význam při hodnocení efektivnosti výuky. Článek je zaměřen především na tři otázky: Může být FCI test použit jako rozřazovací test? Jak víme, že studenti berou FCI test vážně, když není hodnocený? Neovlivňuje FCI jako pre-test výsledky post-testu? V celém článku autor pracuje s výsledky studentů Minnesotské univerzity, popisuje, jak vypadá základní fyzikální kurz, jak a kdy probíhá zadávání FCI testů apod. Výsledky jsou zde doplněny také grafy. V závěru článku jsou shrnuty odpovědi na tři stěžejní otázky.

Autor: Redish, E.F.

Název: Teaching physics with the physics Suite

Kde: New York: Wiley, 2003

Kdy: 2003

Anotace: Tato publikace je velmi rozsáhlá. V úvodní části se autor zabývá myšlenkou motivace ke zlepšení a reformě výuky. Dále v publikaci najdeme část věnovanou hodnocení studentů a hodnocení úspěšnosti výuky ve třídě. Autor se zde zabývá také otázkou domácích úkolů a zkoušení. Dále zde uvádí různé metody, prostředky a rady pro vytvoření vzdělávacích podmínek a prostředí, které pomáhají zlepšit studentovo vzdělávání a zvyšují efektivitu výuky. V publikaci najdeme také model tradiční výuky a model interaktivní výuky. Autor zde dále diskutuje výběr a úspěch použití základních konceptuálních a postojových testů. Zabývá se otázkou, proč testy provádíme, a diskutuje jejich spolehlivost a validitu. Uvedené testy zde popisuje, přikládá komentáře, základní výsledky a reference na výzkumné publikace týkající se vývoje a výsledků daných testů. V příloze, která je uvedena na CD, pak uvádí originální verze konceptuálních a postojových testů (např. FCI, FMCE, MBT, MPEX, apod.). V příloze je také uvedeno velké množství dalšího materiálu, např. myšlenkové problémy ze všech oblastí fyziky, materiály využitelné na PC a videu, apod.

3.2. Publikace v českém a slovenském jazyce

Dále uvádím několik článků a publikací českých a slovenských autorů, které se týkají problematiky prekonceptů studentů. Kromě článků, které se týkají přímo prekonceptů z oblasti fyziky, konkrétněji pak, které se vztahují k pojmům „pohyb a síla“, zde uvádím články či publikace, které jsou zaměřeny obecně na prekoncepte studentů, popřípadě na prekoncepte v oblasti přírodovědného vzdělání. Tyto články uvádím spíše pro zajímavost. Považuji za užitečné a zajímavé se podívat, jakým způsobem byly tyto

prekoncepce zjišťovány a k jakým závěrům autoři průzkumů dospěli. Dalším důvodem také je, že počet článků a publikací, které se vztahují přímo k prekonceptům ve fyzice je u nás poměrně málo, obzvláště ve srovnání se zahraničními publikacemi.

Publikace a články jsou opět seřazeny chronologicky od nejstarších po nejnovější.

Autor: Doulík, Pavel; Škoda, Jiří

Název: Vliv sociokulturního prostředí na genezi vybraných prekonceptů z oblasti přírodovědného vzdělání

Kde: 11. konference ČAPV – Sociální a kulturní souvislosti výchovy a vzdělání

Kdy: Září 2003

Anotace: Autoři článku zde shrnují výsledky průzkumu, který prováděli na dvou základních školách u žáků 3., 5., 7. a 9. tříd. Cílem průzkumu bylo diagnostikovat prekoncepce u žáků různé věkové úrovně a dále pak porovnat prekoncepce žáků stejného věku, ale z různých škol (sídlíšní ZŠ versus výběrová jazyková ZŠ). Je zde také popsáno, co to vlastně jsou prekoncepce a jak by mělo docházet k nahrazování chybných prekonceptů, vědecky správnými představami. Diagnostika prekonceptů a následné porovnávání probíhalo u žáků z několika hledisek – kognitivní dimenze, afektivní dimenze (vztahová rovina afektivní dimenze, významová rovina afektivní dimenze), zastrukturování, plasticita. Pro diagnostiku prekonceptů bylo vybráno deset pojmů z oblasti chemie. Diagnostika prekonceptů byla prováděna diagnostickými nástroji, např.: vědomostní test, posuzovací škály, zastrukturovací schémata. Výsledky byly zpracovány a statisticky vyhodnoceny. Potvrdil se předpoklad, že žáci z výběrové školy mají vyšší úroveň prekonceptů (tj. správnější, přesnější prekoncepce). Autoři, ale také upozorňují na velký vliv efektivní činnosti učitele.

Autor: Škoda, Jiří

Název: Současné trendy v přírodovědném vzdělání

Kde: Acta Universitatis Purkynianae 106, Studia Paedagogica, Ústí nad Labem

Kdy: 2005

Anotace: Kniha se zabývá současnými trendy v pedagogice a psychologii. Na úvod knihy autor řeší oblíbenost přírodovědných předmětů, dále se zabývá učebními styly a motivací studentů. V knize je také popsána problematika prekonceptů, jejich stálost a často obtížné nahrazení správnými vědeckými představami. Na to autor navazuje konstruktivistickou výukou, kdy je žák veden k tomu, aby si sám uvědomil nedostatky vlastního pojetí a nahradil je poznatky novými a správnými. V knize se autor také zmiňuje o projektové a kooperativní výuce a na závěr rozebírá problematiku integrace předmětů.

Autor: Mandíková, Dana

Název: Výuka Newtonových zákonů I - intuitivní představy žáků

Kde: Metodický portál VÚP Praha

Kdy: Duben 2005

Anotace: V tomto článku autorka nejprve uvádí obecný popis prekonceptů, poukazuje na jejich negativní vliv při osvojování správných vědeckých poznatků studenty. Upozorňuje na to, že je důležité, aby se učitelé těmito prekoncepty u studentů zabývali a aby došlo k efektivnímu nahrazení chybných představ správnými vědeckými poznatky. Dále se autorka v článku více zaměřuje na prekoncepce týkající se pohybu a síly. Uvádí

zde nejčastěji se vyskytující chybné představy studentů, najdeme zde také konkrétní úlohy, při nichž se prekoncepce často projevují a nechybí zde i nejčastější nesprávné odpovědi studentů.

Autor: Kolářová, Růžena; Mandíková, Dana
Název: Výuka Newtonových zákonů II - výklad
Kde: Metodický portál VÚP Praha
Kdy: Duben 2005

Anotace: Tento článek navazuje na článek předchozí. Autorky se v příspěvku zmiňují o tvorbě prekonceptů, které vznikají už v raném dětství na základě vlastní zkušenosti dítěte, a které jsou velmi často v rozporu s vědeckými poznatky. V příspěvku jsou postupně rozebrány Newtonovy zákony. Je na nich demonstrováno, v čem jsou v rozporu prekoncepty studentů. Cílem článku je poradit pedagogům, jak by měli postupovat, aby tyto představy korigovali.

Autor: Šťastná, Linda
Název: Diagnostika prekonceptů vybraných společných pojmů mezi chemií a fyzikou na základní škole
Kde: Sborník konference s mezinárodní účastí (Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2), Srní
Kdy: Duben 2005

Anotace: V tomto článku se autorka zabývá diagnostikou prekonceptů vybraných společných pojmů mezi chemií a fyzikou. Jedná se o pět pojmů – voda, vzduch, skupenství, atom, galvanický článek. Průzkum byl prováděn na pěti základních školách u žáků 5., 7. a 9. ročníků. Diagnostika byla provedena pomocí metod a nástrojů pedagogického výzkumu – obsahová analýza žákovských testů, dotazník, didaktický test, pojmové mapy, kresba. Použití těchto metod, způsob vyhodnocení a výsledky průzkumu jsou stručně popsány v článku. Autorka zde také popisuje, jak by na základní škole vypadal předmět, který by vznikl integrací fyziky a chemie. Uvádí zde, co by se v tomto předmětu v jednotlivých ročních probíralo a také časovou dotaci tohoto předmětu.

Autor: Nezvalová, Danuše (vedoucí řešitelka projektu)
Název: Konstruktivismus a jeho aplikace v integrovaném pojetí přírodovědného vzdělávání, Bibliografie publikací k projektu GAČR 406/05/0188
Kde: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta
Kdy: 2005

Anotace: Tato bibliografie obsahuje velké množství publikací, jak v českém a slovenském jazyce, tak také v anglickém a německém jazyce. Jak vyplývá z názvu této bibliografie všechny uvedené publikace se zaměřují na konstruktivismus a jeho aplikaci. V bibliografii najdeme publikace knižní, časopisecké, publikace, které mají elektronickou podobu a jsou uvedeny na webu a také publikace ze sborníků z konferencí.

Tuto bibliografii zde uvádím především proto, že obsahuje mnoho zajímavých publikací, které se netýkají přímo prekonceptů, ale jsou zaměřeny spíše na způsob výuky, která vede k efektivnímu osvojení správných poznatků studenty. Studenti při výuce vycházející z konstruktivistického pojetí, sami získávají poznatky, zkouší, experimentují a získané výsledky převádí na vlastní konstrukce ideální či materiální povahy. Tento způsob

výuky je často efektivnější než tradiční výuka a dochází při ní k odstraňování prekonceptů.

Autor: Hanč, Jozef; Degro, Ján; Ješková, Zuzana; Kireš, Marián; Onderová, Ludmila; Čukanová, Eva; Konkoľová, Mária

Název: Rozumejú alebo memorujú vaši žiaci fyziku, ktorú učíte? Štandardizované konceptuálne a postojové testy ako nástroje hodnotenia výučby

Kde: XV. Mezinárodní konference DIDFYZ 2006, Račkova dolina

Kdy: Říjen 2006

Anotace: Článek poukazuje na to, že většina studentů se ve škole danou látku učí bez hlubšího porozumění. Tento problém se často týká také řešitelů fyzikálních olympiád. Toto tvrzení je zde potvrzeno konkrétními výsledky a ukázkami. Můžeme zde také najít přehled konceptuálních testů, které jsou zaměřeny na různé oblasti fyziky. V dalších částech článku se autoři zaměřují konkrétněji na FCI test (vývoj, struktura testu, konkrétní ukázka, základní výsledky, užití) a zmiňují se o slovenském projektu KEGA, který se týká nových interaktivních metod zvyšujících efektivitu výuky.

Autor: Holubová, Renata; Kainzová, Veronika; Klečková, Marta; Marek, Jaroslav

Název: Závěrečná zpráva o výzkumu vybraných prekonceptů z oblasti přírodovědného vzdělávání

Kde: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta

Kdy: 2007

Anotace: Tato publikace je zaměřena na výzkum prekonceptů u studentů základních škol. Autoři se zde zaměřují na prekoncepte z oblasti fyziky, chemie a biologie. Průzkumu byl prováděn pomocí dotazníků, které obsahovaly deset otázek a byly určeny pro žáky 4. - 5. tříd. Tento dotazník, spolu s popisem jeho vývoje, najdeme v publikaci. Dále jsou zde uvedeny výsledky průzkumu. Výsledky jednotlivých otázek i celkové výsledky jsou zde okomentovány a graficky zpracovány, nechybí ani statistické zpracování. V závěru jsou všechny zjištěné výsledky a poznatky shrnuty.

Autor: Trna, Josef

Název: Dovednost diagnostikovat a ovlivňovat žákovskou prekoncepti učiva

Kde: **In:** Cesty k učitelské profesi: Utváření a rozvíjení pedagogických dovedností. Vl. Švec (ed). Brno: Paido 2002, s. 257-270. (ISBN 80-73125-035-2)

Kdy: 2002

Anotace: V úvodu autor popisuje, co to jsou prekoncepte a jak vznikají, vysvětluje jejich odolnost a trvalost. Uvádí zde termín žákovská koncepce a zdůrazňuje vliv prekoncepte na utváření žákovské koncepce. Dále se zaměřuje na dovednost diagnostikovat žákovské prekoncepte, uvádí předpoklady, které musí učitel mít, aby mohl tuto diagnostiku provádět, což souvisí s určitou strukturou této dovednosti. Popisuje zde také aktivní a pasivní úroveň této dovednosti. V další části se autor soustředí na proces utváření dovednosti diagnostikovat žákovskou prekoncepti. Uvádí jednotlivé etapy tohoto procesu (najdeme zde také konkrétní příklady) a stručný tematický syllabus výukového modulu, který by měl těmto etapám odpovídat. Zmiňuje také problémovou výuku jako metodu, ve které lze realizovat tuto dovednost. Dále se autor zaměřuje na dovednost využívat a ovlivňovat žákovskou prekoncepti. Uvádí metody, kterými můžeme přeměnit žákovské nesprávné představy na ty vědecky správné. Na závěr autor zdůrazňuje

důležitost povědomí učitelů o prekonceptích studentů a významnost osvojení si dovednosti diagnostikovat a ovlivňovat tyto prekoncepce. Na konci článku je přiložen dotazník o žákovských prekonceptích pro učitele ZŠ.

3.3 Závěr

Jak již bylo řečeno, k problematice prekonceptí bylo publikováno, především v zahraničí, velké množství článků a publikací. Proto přehled, který jsem zde vytvořila, považuji pouze za orientační a v žádném případě ne za úplný. Pokud bychom do jakékoli databáze zadali některá z klíčových slov vztahujících se k této problematice, např: Force Concept Inventory (FCI), misconceptions, force, motion, mechanics, atd., včetně slovních spojení těchto klíčových slov, získali bychom poměrně velké množství dalších zajímavých článků týkajících se této problematiky. Na závěr ještě uvádím několik odkazů, na které jsem při tvorbě tohoto seznamu narazila, kde je možné najít další zajímavé články vztahující se k problematice prekonceptí a efektivity výuky.

Odkazy na anglické stránky:

<http://modeling.la.asu.edu/R&E/Research.html>

<http://www2.physics.umd.edu/~redish/Book/>

<http://www.ncsu.edu/per/TestInfo.html>

<http://modeling.la.asu.edu/>

Odkazy na české a slovenské stránky:

<http://physedu.science.upjs.sk/metody/index.html>

<http://kdf.mff.cuni.cz/~mandikova/prekoncepty/prekoncepty.php>

(odkazy umístěny: 6.4. 2009)

4. Průzkum prováděný pomocí FCI testu

4.1 Co jsou to testy FCI

Testy FCI (Force concept inventory) patří mezi takzvané konceptuální testy. Konceptuální testy se vyznačují tím, že se zaměřují na porozumění dané problematice a ne pouze na její mechanické naučení. Výhodou těchto testů je, že se dají rychle a poměrně snadno vyhodnotit, můžeme tedy zkoumat větší počet studentů. Testy nebývají ani časově náročné a často se dají použít na všech typech škol (ZŠ, SŠ, VŠ). Konceptuální testy bývají podloženy vědeckými výzkumy a vyvíjely se řadu let, patří tedy k jedněm z nejspolehlivějších testů. První konceptuální test vznikl přibližně před patnácti lety, myšlenka vzniku těchto testů je však ještě o něco starší, zrodila se přibližně před pětadvaceti lety. V posledních deseti letech zaznamenali konceptuální testy intenzivní rozmach. V dnešní době již existuje celá řada konceptuálních testů z různých oblastí fyziky (např. Mechanika, Vlny a kmity, Elektřina a magnetismus, Postojové testy, atd.). Konkrétně u nás je to však zatím poměrně nová a neznámá věc. S možnostmi těchto testů je seznámena jen malá část učitelů. Přitom konceptuální testy mohou sloužit jako efektivní nástroj k posouzení studentova pochopení dané látky a základních pojmů a dále také k posouzení efektivity výuky.

FCI test patří mezi základní a první konceptuální testy. Vznikal od 80. let dvacátého století. Na jeho vytvoření se podíleli především pánové Ibrahim Hallon a David Hestenes. První verze tohoto testu byla publikována roku 1992. FCI test zkoumá porozumění základním pojmům newtonovské mechaniky. Je tvořen třiceti kvalitativními otázkami, odpovědi studenti vybírají z možností A)-E). Otázky jsou vybrány z šesti oblastí mechaniky (kinematika, 1. Newtonův zákon, 2. Newtonův zákon, 3. Newtonův zákon, princip superpozice, druhy sil). Jednotlivé oblasti a jejich podtémata, na která se FCI test zaměřuje, jsou uvedeny v tabulce 4.1 viz. níže (k jednotlivým oblastem jsou uvedeny také příslušné otázky a jejich správné odpovědi). Nesprávné odpovědi, které jsou v testu uvedeny jako tzv. distraktory, představují nejčastější miskoncepce studentů. Tyto miskoncepce získali autoři FCI testu na základě rozsáhlého, vlastního výzkumu s několika tisíci studenty. Pokud by byly otázky v testu otevřené, nejčastěji uváděnými řešeními studentů by byly právě odpovědi A) až E), které jsou formulovány u každé otázky. FCI testem můžeme tedy také zjistit, které miskoncepce v daném vzorku studentů převládají a v jakém rozsahu se vyskytují (podrobněji je toto téma rozebráno v kapitole 4.4). V současné době je test FCI využíván k hodnocení výuky na mnohých středních školách, ale také na špičkových univerzitách po celém světě. Česká verze testu FCI je v Příloze 3.

Tabulka 4.1: Jednotlivé oblasti mechaniky, na které je FCI test zaměřen (Podle [14] str. 142.)

Oblast	Správné odpovědi
<u>Kinematika</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • rozlišování mezi polohou a rychlostí • rozlišování mezi rychlostí a zrychlením • konstantní zrychlení zapříčiňuje: <ul style="list-style-type: none"> - parabolickou trajektorii - měnící se rychlost • vektorový součet rychlostí 	19 E 20 D 14 D; 21 E; 12 B 22B; 26 E (9 E)
<u>První Newtonův zákon</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • nejsou působící síly <ul style="list-style-type: none"> - směr rychlosti konstantní - velikost rychlosti konstantní • nulová výslednice (síly se ruší) 	7 B; (8 B); 6 B 23 B 10 A; 24 A 17 B; 25 C
<u>Druhý Newtonův zákon</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • krátkodobě působící síla (úder, náraz) • nepřetržitě působící síla udělující konstantní zrychlení 	(8 B); (9 E) 21 E; 22B; 26 E
<u>Třetí Newtonův zákon</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • krátkodobě působící síly • nepřetržitě působící síly 	4 E; 28 E 15 A; 16 A;
<u>Princip superpozice</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • síly, které se ruší 	(11 D); 17 B; 25 C
<u>Druhy sil</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • kontakt s pevným tělesem <ul style="list-style-type: none"> - pasivní kontakt - tření proti pohybu • kontakt s tekutinou <ul style="list-style-type: none"> - odpor vzduchu - vztlaková síla (tlak vzduchu) • gravitace <ul style="list-style-type: none"> - zrychlení nezávislé na hmotnosti - parabolická dráha 	(11 D); (29 B); (5 B); (18 B) 27 C 30 C 13 D; 11 D; (29 B); 18 B 3 C; 17 B; 30 C; 5 B 1 C; 2 A 12 B; 14 D

Můžeme si všimnout, že některé správné odpovědi jsou v tabulce uvedeny pro více oblastí, důvodem je, že otázky, ke kterým tyto odpovědi patří, zasahují do více oblastí klasické mechaniky.

4.2 Cíl a forma průzkumu

Cílem průzkumu bylo zjistit, jak studenti prvního ročníku fyziky na MFF UK rozumějí základním pojmům týkajícím se newtonovské mechaniky (především dynamiky a pojmu síla) a zda výuka fyziky (mechanika a molekulová fyzika) v 1. semestru jejich studia na MFF UK tyto představy nějak ovlivní. Pomocí průzkumu jsem chtěla také odhalit miskoncepce, které se u studentů vyskytují nejčastěji. Průzkum jsem prováděla pomocí FCI testu, který, jak již bylo řečeno, tvoří třicet otázek z šesti oblastí mechaniky a na jehož vyplnění mají studenti 30 minut. Tento test je celý k nahlédnutí v Příloze 3.

Test jsem zadávala studentům 1. ročníku programu fyzika na MFF UK (tedy studentům oboru obecná fyzika a studentům oboru učitelství fyzika - matematika). Poprvé jsem průzkum prováděla na podzimním soustředění studentů prvních ročníků na Albeři v roce 2008, ještě před začátkem jejich studia na MFF UK. Výsledky, kterých studenti dosáhli při vyplňování těchto testů, označuji dále jako pre-test. Abychom mohli porovnat, zda se představy studentů po absolvování výuky mechaniky na MFF UK zlepšily (popř. zhoršily), bylo potřeba testy zadat studentům znovu. Druhé zadávání testů jsem prováděla v průběhu ledna 2009. Výsledky, kterých studenti dosáhli, dále označuji jako post-test. Na zadávání testů nebyli studenti upozorněni dopředu.

4.3 Způsob zpracování výsledků

Ke zpracování výsledků, kterých studenti při řešení FCI testů dosáhli, k potřebným výpočtům a tvorbě grafů jsem využívala program Excel. Zvláště jsem vyhodnotila průzkum prováděný na podzim 2008 a průzkum z ledna 2009. Na podzim se průzkumu zúčastnilo 97 studentů, v lednu to bylo celkem 101 studentů. Kromě celkových úspěšností, kterých studenti v průzkumech dosáhli, zde uvádím porovnání úspěšností jednotlivých studentů v každém z průzkumů. Dále je zde porovnání průměrné úspěšnosti studentů v jednotlivých otázkách, kde můžeme vidět, v kterých otázkách došlo u studentů ke zlepšení či naopak. S tímto vyhodnocením souvisí také normalizovaný zisk, kterým doplňuji toto vyhodnocení, a který nám udává, zda zlepšení, kterého studenti dosáhli je významné. Dále zde můžeme najít porovnání počtu studentů v jednotlivých intervalech úspěšnosti. V tabulkách 4.3 a 4.4 je také zpracováno celkové vyhodnocení průzkumu, kde můžeme vidět relativní četnosti všech možností odpovědí pro jednotlivé otázky. Tyto tabulky jsou okomentovány a jsou pomocí nich identifikovány a rozebrány nejčastější miskoncepce, které se u studentů vyskytují.

Zvláště jsem ještě vyhodnotila skupinku studentů, kteří studují obor fyzika zaměřená na vzdělání a jsou zapsáni v kombinovaném studiu. Tito studenti většinou již učí a chtějí si doplnit vzdělání. Je tedy zajímavé se podívat, jak oni sami dopadli v tomto průzkumu. Na začátku jejich studia se testu zúčastnilo 12 studentů, při opakování tohoto průzkumu bylo přítomno 8 studentů. Tyto výsledky jsou zde uvedeny spíše pro zajímavost, vzhledem k nízkému počtu respondentů nemůžeme z těchto výsledků vyvozovat obecné závěry.

Všechny výsledky jsem se snažila pro přehlednost znázornit graficky, pomocí tabulek a doplnit je komentářem a závěry, které z porovnání vyplývají.

4.4 Miskoncepce identifikovatelné pomocí FCI

V této kapitole se zaměřím podrobněji na to, které miskoncepce můžeme pomocí FCI testu u studentů odhalit. K identifikaci miskonceptů nám pomůže následující tabulka 4.2, ve které jsou uvedeny jednotlivé miskoncepce a k nim příslušné otázky a varianty odpovědí, v nichž se vyskytují.

Tabulka 4.2: Jednotlivé miskoncepce a varianty odpovědí, ve kterých se vyskytují (Podle [14] str.144.)

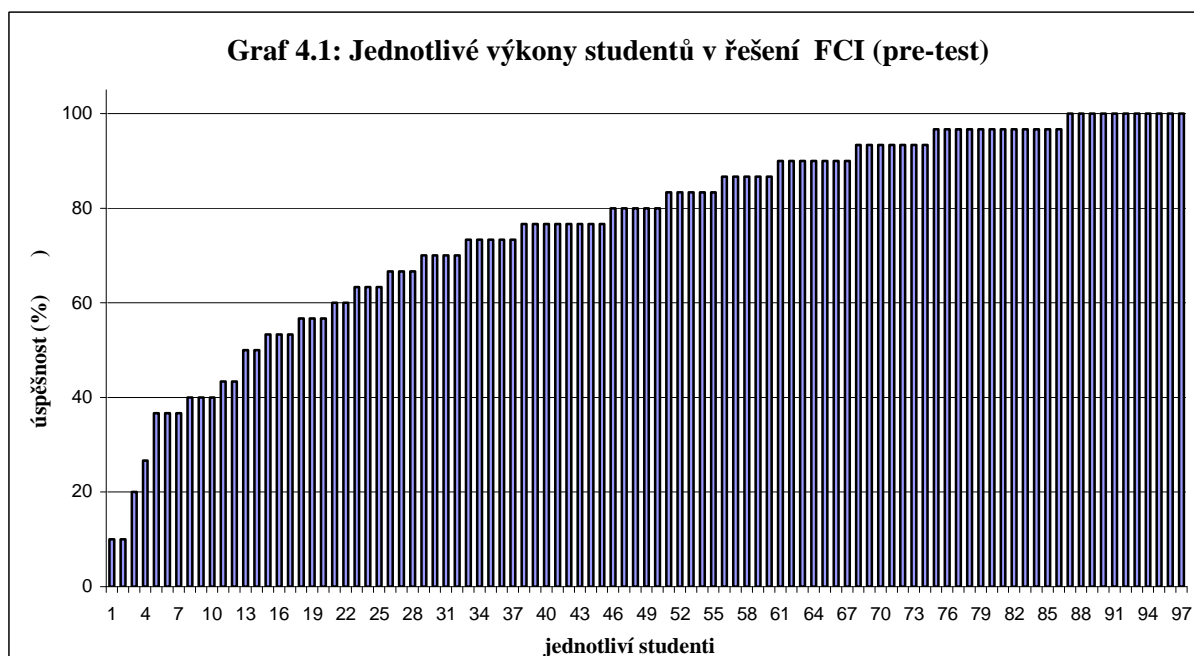
Miskoncepce	Odpovědi
Kinematika	
<ul style="list-style-type: none"> • nerozlišování mezi polohou a rychlostí • nerozlišování mezi rychlostí a zrychlením • „nevektorový“ součet rychlostí 	<p>19 B,C,D 19 A; 20 B,C 9 C</p>
Impetus(impuls,stimul)	
<ul style="list-style-type: none"> • impetus vytvořený nárazem • ztráta/obnova původního impetu • rozptýlení impetu • pozvolný/opožděný nárůst impetu • kruhový impetus 	<p>11 B,C; 30 B,D,E; 27 D 7 D; 8 C,E; 21 A; 23 A,D,E 13 A,B,C; 10 C; 12 C,D,E; 14 E; 24 C,E; 27B 8 D; 10 B,D; 21 D; 27 E 7 A,D; 6A</p>
Aktivní síla	
<ul style="list-style-type: none"> • jen aktivní objekty působí silou • pohyb znamená působení aktivní síly • žádný pohyb znamená žádná síla • rychlost přímo úměrná působící síle • zrychlení znamená zvětšující se sílu • síla zapřičiňuje zrychlení, vedoucí k mezní konečné rychlosti • aktivní síly se opotřebovávají 	<p>28 B; 15 D; 16 D; 17 E; 30 A 27 A; 5 C,D, E; 18 C,D, E 29 E 22 A, 26 A, B 3 B 3 A; 22 D; 26 D 22 C,E</p>
Dvojice sil – akce/reakce	
<ul style="list-style-type: none"> • větší hmotnost znamená větší sílu • nejaktivnější objekt působí největší silou (princip dominance) 	<p>4 A,D; 28 D; 15 B; 16 B 15 C; 28 D; 16 C</p>
Působení více sil	
<ul style="list-style-type: none"> • pohyb je určený největší silou • pohyb je výsledkem kompromisu mezi silami • pohyb je určený silou, která začne působit jako poslední 	<p>17 A,D 7 C; 6 D; 12 A; 14 C; 21 C 8 A; 9 B; 21 B; 23 C</p>
Další vlivy na pohyb	
<ul style="list-style-type: none"> • odstředivá síla • překážky nepůsobí žádnými silami 	<p>7 C,D,E; 6 C,D,E; 5 E; 18 E 4 C; 11 A,B; 29 A; 15 E, 16 E; 5 A,C; 18 A,C</p>

<u>Odpor prostředí</u>	
• hmotnost jako příčina zastavení objektu	27 A,B; 14 A,B
• pohyb, když síla přesáhne odpor prostředí	25 B,D,E
<u>Gravitační síla</u>	
• tlak vzduchu pomáhá gravitaci	29 C,D; 3 E; 17D
• přirozenou tendencí hmotných objektů je spočívat na zemi	13 E; 11 E; 3 D
• těžší objekty padají rychleji	1 A; 2 B,D
• gravitace se zvětšuje při pádu tělesa	13 B; 3B
• gravitace působí až poté, co se spotřebuje impetus	13 B; 12 E; 14 E

4.5 Výsledky průzkumu

4.5.1 Výsledky studentů 1. ročníků (oborů obecná fyzika a učitelství fyzika-matematika)

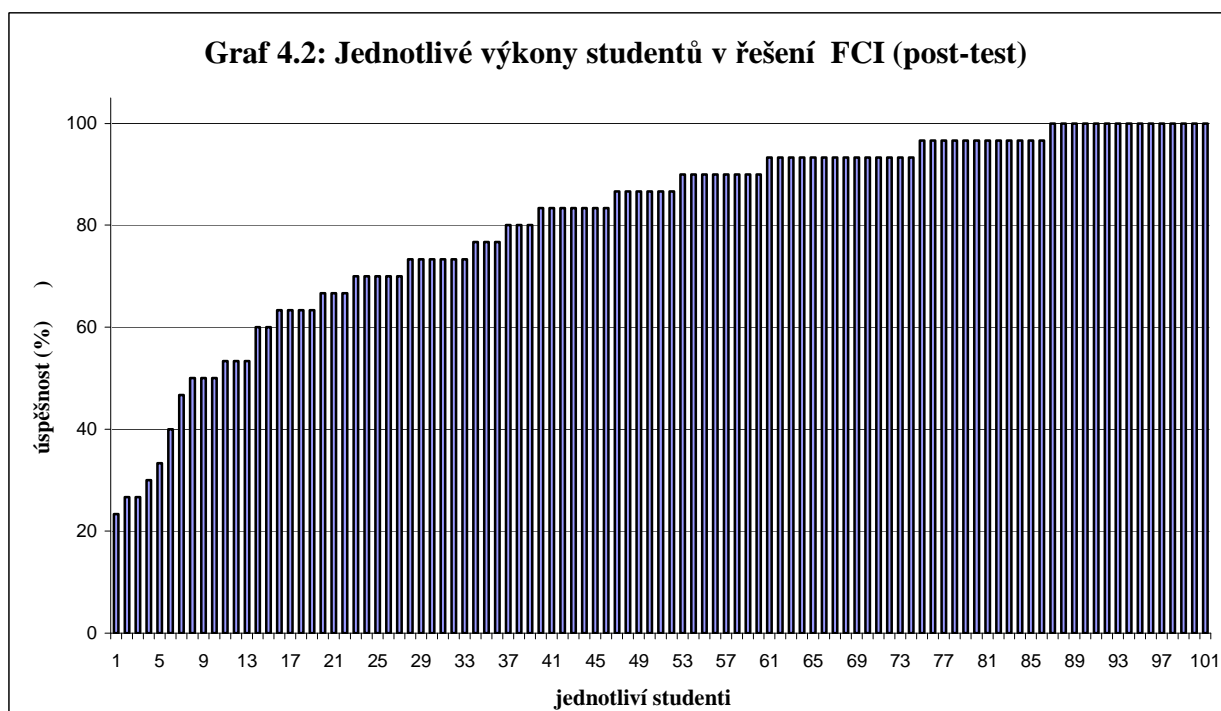
Nejprve uvádím porovnání úspěšností, kterých dosáhli jednotliví studenti při řešení testu. V prvním grafu 4.1 jsou zaznamenány výsledky studentů při řešení pre-testu (test studenti řešili před začátkem studia na MFF UK). Ve druhém grafu 4.2 jsou uvedeny výsledky z post-testu (test studenti řešili po absolvování přednášky z mechaniky a molekulové fyziky na konci 1. semestru).



Průměrná úspěšnost studentů při prvním zadání testů byla přibližně 76,0 %, pokud bychom za charakteristiku statistické polohy zvolili medián, dostali bychom hodnotu 80,0 %. Medián je jako střední hodnota znaku souboru užíván zejména tehdy, když jsou v souboru zastoupeny prvky s hodnotami znaku mimořádně odlišnými oproti ostatním

hodnotám znaku. V našem případě budeme používat jako charakteristiku statistické polohy spíše aritmetický průměr. V literatuře se uvádí, že 60 % úspěšnost je minimální pro to, aby se studenti necítili frustrovaní, aby neměli pocit, že látce nerozumí a zvládnou další navazující látku. V pre-testu bylo pod hranicí 60 % úspěšnosti celkem 20 studentů z 97 testovaných studentů. Tedy více než pětina studentů, kteří se chtějí věnovat fyzice, nedosáhla této minimální hranice. Právě studenti, kteří se zaměřují na studium fyziky (studenti oboru obecná fyzika a učitelství fyziky-matematiky), by měli v tomto testu dosahovat úspěšnosti alespoň 80 %, pak můžeme říci, že daným fyzikálním pojmům a zákonitostem opravdu rozumí. Z grafu vidíme, že 80 % a vyšší úspěšnosti dosáhlo 52 studentů, tedy více než polovina studentů. Uvážíme-li, že studenti v tomto okamžiku ještě čekala výuka fyziky (mechanika a molekulová fyzika), během níž mohou získat další vědomosti a některé pojmy a vztahy si ujasnit, považují tyto výsledky pre-testu za celkem pozitivní.

V následujícím grafu 4.2 můžeme vidět, jakých výsledků studenti dosáhli po absolvování výuky mechaniky, tedy v post-testu a k jak výraznému zlepšení u nich došlo.



Průměrná úspěšnost všech studentů při řešení FCI testů byla tentokrát 80,8 % a medián byl roven 86,7 %. Vidíme, že po absolvování mechaniky v 1. semestru se úspěšnost studentů zvýšila. Při post-testu nedosáhlo 60 % hranice úspěšnosti 13 studentů z celkového počtu 101 studentů. Vidíme, že v porovnání s pre-testem došlo k úbytku studentů, kteří nedosáhli úspěšnosti 60 %, nyní však považujeme toto číslo za závažnější. Této 60 % hranice by měli dosáhnout již všichni studenti, kteří se věnují fyzice. U 13 studentů, kteří této hranice nedosáhli, bychom se mohli obávat, že budou mít v dalším studiu problémy. Naopak hranici úspěšnosti 80 % a více dosáhlo celkem 65 studentů. O těchto studentech můžeme prohlásit, že rozumějí základním pojmům new-

tonovské mechaniky a jejich souvislostem. I z těchto údajů můžeme pozorovat zlepšení studentů při řešení post-testu.

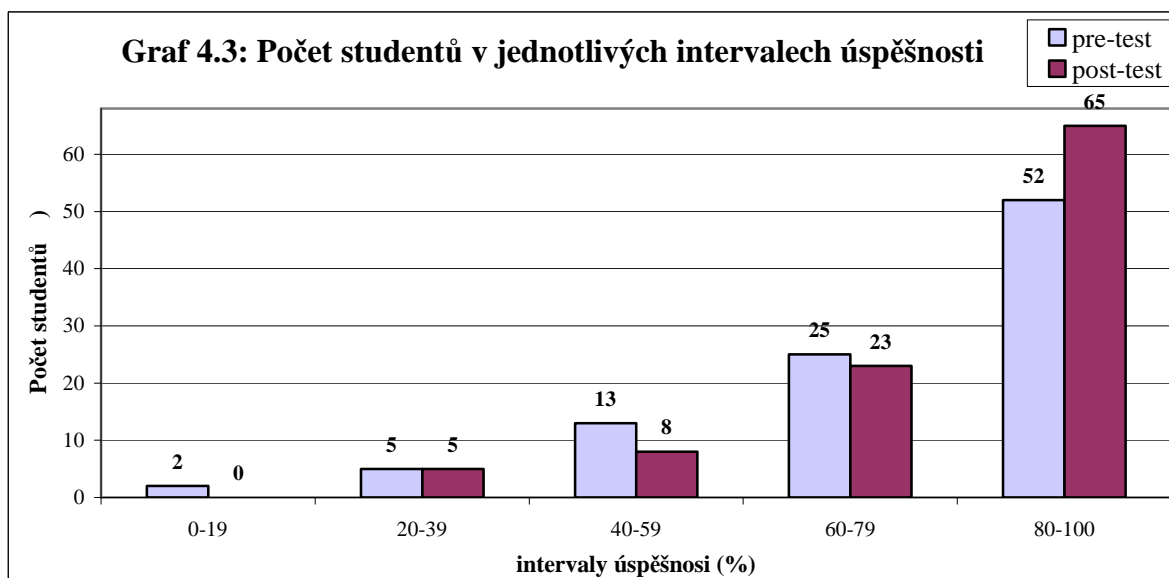
Otázkou je, zda zlepšení kterého studenti dosáhli při řešení post-testu, tedy po absolvování mechaniky v 1. semestru, můžeme považovat za významné. Pro určení významnosti zlepšení studentů používáme tzv. normalizovaný zisk. Pro výpočet normalizovaného průměrného zisku (označujeme g) jsem využila Hakeův vztah (viz. níže), kdy rozdíl celkové procentuální úspěšnosti studentů v post-testu a pre-testu dělíme rozdílem 100 % a procentuální úspěšnosti studentů v pre-testu.

$$g = \frac{(\% \text{ post - test}) - (\% \text{ pre - test})}{100\% - (\% \text{ pre - test})}$$

Normalizovaný zisk nám tedy, jak již bylo řečeno, udává, zda zlepšení, kterého studenti dosáhli je významné. Můžeme říci, že normalizovaný zisk nám poskytuje informaci o efektivnosti výuky. Pokud bude $g < 0,3$, považujeme výuku za méně efektivní, zlepšení studentů není příliš významné. Jestliže $0,3 < g < 0,7$, mluvíme již o středně efektivní výuce a pokud $g > 0,7$, studenti dosáhli velkého zlepšení, výuku považujeme za vysoce efektivní.

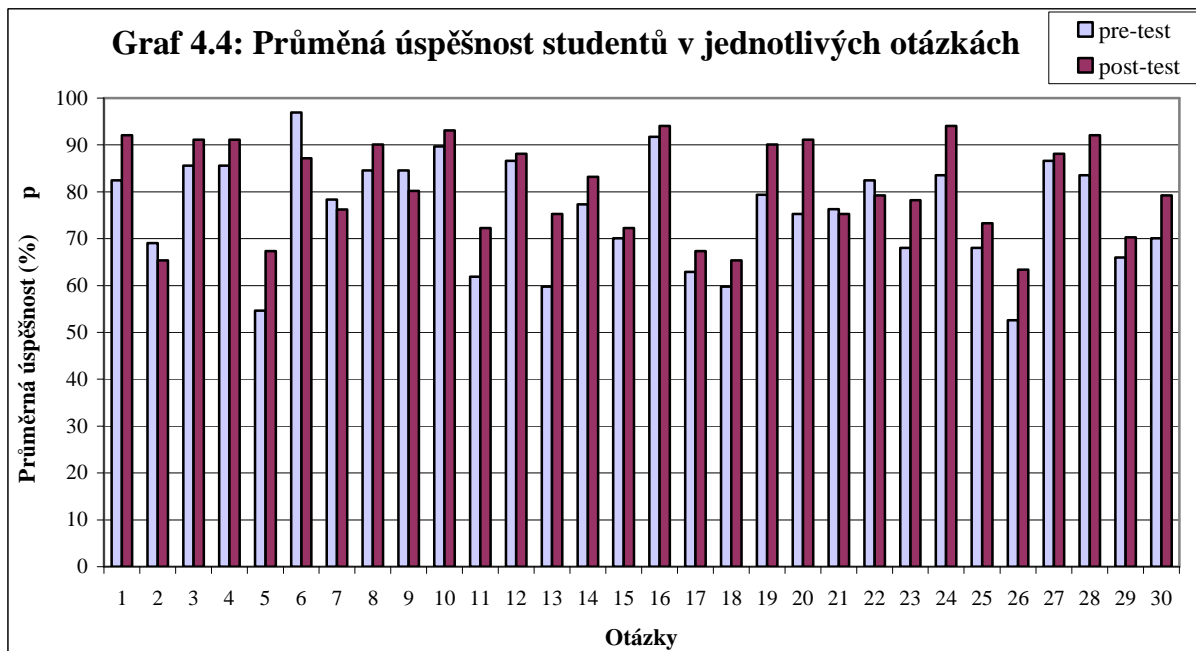
Spočteme-li normalizovaný průměrný zisk v našem případě, zjišťujeme, že je přibližně 0,2, což znamená, že studenti se sice zlepšili, ale toto zlepšení nebylo příliš významné, výuku hodnotíme jako málo efektivní ($g < 0,3$).

Počet studentů, kteří se nacházejí v jednotlivých intervalech úspěšnosti, je také dobře vidět z následujícího grafu 4.3.



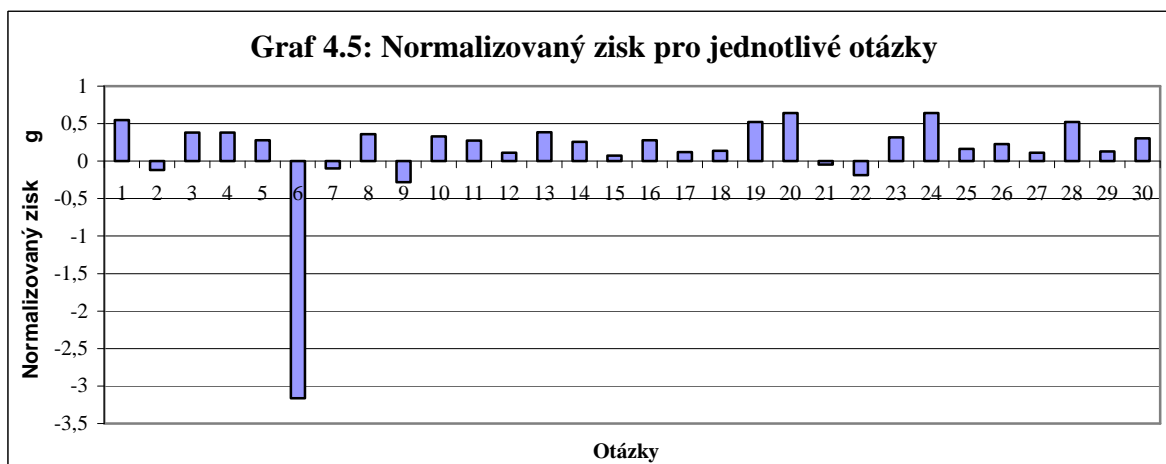
Z údajů v grafu 4.3 vidíme, že v post-testu už nikdo ze studentů nedosáhl nižší úspěšnosti v řešení FCI testu než 20 %. Naopak se ukazuje, že počet studentů, kteří byli v rozmezí úspěšnosti 80 %-100 %, vzrostl.

V následujícím grafu 4.4 můžeme vidět, jaké úspěšnosti studenti dosahovali v jednotlivých otázkách, v kterých otázkách se zlepšili a naopak, v kterých se zhoršili. Z grafu můžeme také usoudit, které otázky dělají studentům největší problémy, tedy v kterých byla úspěšnost studentů nejnižší.



Z grafu lze vyčíst, že úspěšnost studentů se ve většině otázek při řešení post-testu zvýšila, výjimku tvoří otázky 2, 6, 7, 9, 21, 22, kde došlo k poklesu úspěšnosti studentů. Studentům dělala problémy nejvíce úloha číslo 26, při řešení této úlohy bylo úspěšných pouze 52,6 % studentů. Tato úloha byla pro studenty nejobtížnější rovněž při druhém zadávání testů, úspěšnost se však zvýšila na 63,4 %. Pokud se zaměříme na to, která úloha dělala studentů naopak nejmenší potíže, zjistíme, že v pre-testu jí byla úloha číslo 6 (tuto úlohu řešilo správně 96,9 %) a v post-testu to byly úlohy číslo 16 a 24 (obě úlohy řešilo úspěšně 94,1 % studentů).

Pro zajímavost zde uvádím graf 4.5, kde můžeme vidět, jaký je normalizovaný zisk pro jednotlivé otázky.



U otázek, jejichž normalizovaný zisk nabývá záporných hodnot, došlo při řešení post-testu k poklesu úspěšnosti studentů. Vidíme tedy, že nejvíce se studenti zhoršili při řešení úlohy číslo 6. U otázek, u nichž má normalizovaný zisk nejvyšší kladné hodnoty, studenti dosáhli největšího zlepšení. Můžeme pozorovat, že u žádné otázky nedošlo k tak výraznému zlepšení, jako došlo ke zhoršení u otázky 6. Nejvyšší normalizovaný zisk je roven přibližně hodnotě 0,64 a přísluší otázkám číslo 20 a 24. Normalizovaný zisk alespoň 0,3 mají otázky číslo 1, 3, 4, 8, 10, 13, 19, 20, 23, 24, 28 a 30. Znění jednotlivých otázek zde neuvádím, celý test je možno najít v Příloze 3.

4.5.2 Nejčastější miskoncepce studentů denního studia

Pokud by nás zajímalo, jaké procentuální zastoupení měly také nesprávné odpovědi v jednotlivých otázkách, uvádím zde celkové zpracování výsledků (viz. tabulky 4.3 a 4.4). V tabulkách jsou uvedeny relativní četnosti jednotlivých odpovědí pro dané úlohy, barevně je potom vyznačena správná odpověď. Tabulka 4.3 se týká pre-testu a v tabulce 4.4 jsou uvedeny výsledky post-testu.

Tabulka 4.3: Relativní četnosti odpovědí pro jednotlivé otázky – pre-test

Odpovědi Otázky	A	B	C	D	E
1	5,2	1,0	82,5	11,3	0,0
2	69,1	5,2	5,2	16,5	4,1
3	7,2	5,2	85,6	1,0	1,0
4	13,4	0,0	0,0	0,0	85,6
5	1,0	54,6	7,2	19,6	17,5
6	2,1	96,9	0,0	1,0	0,0
7	6,2	78,4	7,2	0,0	8,2
8	4,1	84,5	0,0	6,2	5,2
9	0,0	5,2	9,3	1,0	84,5
10	89,7	1,0	4,1	4,1	0,0
11	4,1	12,4	18,6	61,9	3,1
12	0,0	86,6	11,3	2,1	0,0
13	4,1	3,1	33,0	59,8	0,0
14	12,4	3,1	7,2	77,3	0,0
15	70,1	1,0	27,8	1,0	0,0
16	91,8	1,0	3,1	0,0	3,1
17	34,0	62,9	0,0	1,0	2,1
18	3,1	59,8	5,2	16,5	15,5
19	9,3	0,0	5,2	6,2	79,4
20	6,2	1,0	14,4	75,3	3,1
21	2,1	3,1	9,3	9,3	76,3
22	8,2	82,5	2,1	7,2	0,0
23	4,1	68,0	14,4	12,4	1,0
24	83,5	0,0	14,4	0,0	2,1
25	2,1	0,0	68,0	14,4	15,5
26	10,3	21,6	3,1	12,4	52,6
27	8,2	3,1	86,6	2,1	0,0
28	1,0	2,1	2,1	11,3	83,5
29	5,2	66,0	0,0	25,8	3,1
30	3,1	0,0	70,1	0,0	26,8

Z tabulky můžeme také určit, které nesprávné odpovědi se u studentů vyskytovaly nejčastěji, tedy můžeme provést zobecnění, které miskoncepce u studentů převládají. Nyní budeme procházet tabulku 4.3 po jednotlivých otázkách (řádcích) a budeme sledovat nejčastější nesprávné odpovědi. Pomocí tabulky 4.2 pak budeme určovat miskoncepce, které těmto odpovědím přísluší.

- U první úlohy studenti nejčastěji volili nesprávnou odpověď D. Vidíme, že odpověď 1D v tabulce 4.2 nenajdeme, podíváme-li se na zadání této úlohy a znění odpovědi 1D (viz. Příloha 3) usoudíme, že při volbě této odpovědi studenti využívali nejvíce miskoncepce – těžší objekty padají rychleji. Tato představa se tedy vyskytuje přibližně u 11,3 % studentů.
- Ve druhé otázce volili studenti ze špatných odpovědí nejčastěji variantu D. Při volbě této odpovědi se opět projevila nesprávná představa, že objekty o větší hmotnosti padají rychleji. V této otázce se tato miskoncepce objevila asi u 16,5 % studentů.
- Na třetí otázku studenti nejčastěji mylně odpovídali variantou A. Této variantě odpovídá miskoncepce, kdy síla zapříčiňuje zrychlení, vedoucí k mezní konečné rychlosti. Tuto variantu volilo přibližně 7,2 % studentů.
- Ve čtvrté úloze studenti volili chybně pouze variantu A. Mylně domnívají, že větší hmotnost tělesa znamená, že těleso působí větší silou. Tato představa se vyskytovala přibližně u 13,4 % studentů.
- U páté otázky se mezi chybnými odpověďmi vyskytovala nejčastěji varianta D, kdy mají studenti představu o nutnosti síly působící ve směru pohybu. Tato miskoncepce spadá pod nesprávnou představu – pohyb znamená působení aktivní síly. Tato miskoncepce se objevila téměř u pětiny studentů (19,6 %).
- Nejčastější nesprávnou odpovědí na šestou otázku byla odpověď A (z tabulky však vidíme, že se vyskytovala velmi málo – odpovědělo tak 2,1 % studentů). U chybně odpovídajících studentů se tedy projevila nejčastěji nesprávná představa kruhového impetu (studenti předpokládají, že se těleso bude nadále pohybovat po kružnici).
- V sedmé otázce chybní studenti uváděli nejčastěji odpověď E. Tato varianta zahrnuje miskoncepce, kdy se u studentů výrazně projeví představa odstředivé síly. Tato odpověď se objevila u 8,2 % studentů.
- Na osmou otázku studenti (6,2 %) mylně odpovídali variantou D, zde se projevila miskoncepce pozvolného/opožděného nárůstu impetu.
- V deváté otázce se nejčastěji vyskytovala chybná odpověď – varianta C. Pro řešení této úlohy studenti využívali mylně „nevektorový“ součet sil. Tato miskoncepce se projevila u 9,3 % studentů.
- Jak vidíme z tabulky, v desáté otázce byl stejný počet chybných odpovědí v kategoriích C, D (4,1 %). Studenti z kategorie 10 C, využívali při řešení této úlohy nesprávné představy rozptýlení impetu a studenti z kategorie 10 D, opožděného nárůstu impetu.
- Jedenáctou otázku řešili studenti chybně nejčastěji s užitím představy impetu vytvořeného nárazem (varianta 11 C). Tato nesprávná představa byla identifikována u 18,6 % studentů.
- Ve dvanácté a třinácté otázce se opět nejčastěji vyskytovala miskoncepce rozptýlení impetu (kategorie 12 C, 13 C). Ve dvanácté otázce se tato miskoncepce objevila u 11,3 % studentů, ve třinácté otázce dokonce u 33 % studentů.

- Při řešení čtrnácté otázky se u studentů nejvíce vyskytovala miskoncepce, hmotnost jako příčina zastavení objektu (varianta 14 A) . Tuto nesprávnou představu využilo 12,4 % studentů.
- U patnácté úlohy se studenti (27,8 %) nejčastěji mylně domnívali, že neaktivnější objekt působí největší silou (varianta 15 C).
- V šestnácté otázce spadali nejčastější odpovědi do kategorií C a E, těchto odpovědí bylo však poměrně málo (3,1 %). Studenti, kteří volili odpověď C, se domnívají, že neaktivnější objekt působí největší silou. Studenti, jejichž odpověď byla E, mají představu, že překážky nepůsobí žádnou silou.
- Většina studentů, kteří chybovali v otázce 17, se domnívá že pohyb je určený největší silou (varianta 17 A). Tato nesprávná představa se objevila dokonce přibližně u třetiny studentů.
- U osmnácté otázky byla nejpočetnější chybnou variantou, varianta D (16,5 %), poměrně častou odpovědí byla také varianta E. U obou variant se chybně odpovídající studenti domnívají, že vždy na objekt působí síla ve směru pohybu, tyto odpovědi zahrnujeme pod miskoncepce - pohyb znamená působení aktivní síly. Při volbě varianty E, se u studentů také projevuje představa odstředivé síly.
- V devatenácté a dvacáté otázce chybující studenti nejčastěji nerozlišovali mezi rychlostí a zrychlením a volili odpověď 19 A a 20 C. V devatenácté otázce se tato miskoncepce projevila u 9,3 % studentů, ve dvacáté otázce u 14,4 % studentů.
- U jedenadvacáté otázky spadaly chybné odpovědi nejčastěji do kategorií C a D (9,3 %). Studenti, jejichž odpovědi náleží do kategorie C, se domnívají, že pohyb je výsledkem kompromisu mezi silami. Studenti, kteří volili variantu D, mají nesprávnou představu rozptýlení impetu.
- Nejčastější chybnou odpovědí u otázky dvaadvacet je varianta A, kdy se studenti mylně domnívají, že rychlost je přímo úměrná působící síle. Tato představa byla identifikována u 8,2 % studentů.
- V otázce třiaadvacet, se nečastěji mezi chybnými odpověďmi vyskytovala varianta C (14,4 %), kdy mají studenti představu, že pohyb je určený silou, která začne působit jako poslední (varianta 23 C).
- U čtyřiaadvacáté otázky se opět nejvíce (u 14,4 % studentů) projevila chybná představa studentů o rozptýlení impetu (varianta 24 C).
- V pětadvacáté otázce se studenti nejčastěji chybně domnívají, že pohyb nastává, když síla přesáhne odpor prostředí (varianta 25 E i D). Variantu D zvolilo 14,4 % studentů, variantu E 15,5 % studentů.
- Nejčastější nesprávnou odpovědí, kterou studenti při řešení šestadvacáté otázky volili, byla odpověď B (21,6 %). U těchto studentů se projevuje představa, že zvýšíme-li působící sílu, zvýší se také rychlost tělesa (miskoncepce – rychlost je přímo úměrná síle).
- Při řešení sedmadvacáté otázky se nejčastěji vyskytovaly chybné odpovědi z kategorie A (8,2 %). Studenti, kteří takto odpovídali, mají představu hmotnosti jako příčiny zastavení objektu a také se domnívají, že pohyb znamená působení aktivní síly.
- U osmadvacáté otázky se nejvíce objevovala chybná varianta D, která identifikuje dvě miskoncepce, a to větší hmotnost znamená větší sílu a neaktivnější objekt působí největší silou. Tyto představy využilo 11,3 % studentů.
- Nejčastější chybná odpověď na devětadvacátou otázku spadá do kategorie D (25,8 %), kdy se studenti domnívají, že tlak vzduchu pomáhá gravitaci.
- U třicáté otázky se nejčastěji objevovaly nesprávné odpovědi z kategorie E (26,8 %), kdy studenti mají představu impetu vytvořeného nárazem.

Snažila jsme se tu stručně a co nejpřehledněji uvést jednotlivé miskoncepce, které se pro každou z otázek v pre-testu vyskytovaly mezi studenty nejčastěji. Přesné znění otázek a odpovědí můžeme najít v Příloze 3.

Takováto analýza miskonceptů studentů by mohla pomoci především jejich učitelům k odhalení převládajících nesprávných představ. Ve výuce by se pak mohli na tato problematická místa soustředit a snažit se o odstranění miskonceptů.

Tabulka 4.4: Relativní četnosti odpovědí pro jednotlivé otázky – post-test

Odpovědi Otázky	A	B	C	D	E
1	2,0	0,0	92,1	5,0	1,0
2	65,3	6,9	7,9	14,9	5,0
3	5,0	2,0	91,1	0,0	2,0
4	7,9	0,0	1,0	0,0	91,1
5	0,0	67,3	5,9	14,9	10,9
6	5,9	87,1	4,0	1,0	1,0
7	10,9	76,2	8,9	0,0	4,0
8	3,0	90,1	0,0	1,0	5,9
9	0,0	2,0	17,8	0,0	80,2
10	93,1	2,0	3,0	1,0	1,0
11	8,9	7,9	6,9	72,3	4,0
12	0,0	88,1	11,9	0,0	0,0
13	1,0	2,0	20,8	75,2	1,0
14	6,9	4,0	5,0	83,2	0,0
15	72,3	0,0	25,7	0,0	0,0
16	94,1	0,0	3,0	0,0	3,0
17	27,7	67,3	1,0	3,0	1,0
18	1,0	65,3	4,0	18,8	9,9
19	3,0	3,0	1,0	3,0	90,1
20	5,0	0,0	4,0	91,1	0,0
21	1,0	4,0	13,9	5,0	75,2
22	8,9	79,2	3,0	7,9	0,0
23	3,0	78,2	13,9	2,0	0,0
24	94,1	0,0	3,0	0,0	1,0
25	1,0	0,0	73,3	12,9	10,9
26	10,9	9,9	1,0	10,9	63,4
27	5,9	1,0	88,1	3,0	0,0
28	0,0	1,0	0,0	4,0	92,1
29	6,9	70,3	0,0	17,8	0,0
30	0,0	0,0	79,2	1,0	14,9

V tabulce 4.4 můžeme pozorovat, které nejčastější nesprávné odpovědi se u studentů vyskytovaly v post-testu, a jestli došlo ve srovnání s pre-testem k nějakým výrazným změnám ve výskytu těchto miskonceptů. Při porovnání obou tabulek můžeme vidět, že nejčastější nesprávné odpovědi byly u většiny otázek totožné, výjimkou jsou otázky 7, 8, 11, 20, 25, 26, u těchto otázek došlo ke změně nejčastěji volené nesprávné odpovědi. Podíváme se podrobněji o jaké miskoncepce se jedná.

U otázky sedm uváděli studenti v post-testu nejčastěji mezi chybnými odpověďmi variantu A. V jejich odpovědích se projevila miskoncepce kruhového impetu. V pre-testu převládala u těchto studentů původně kategorie E, tedy mylná představa odstředivé

síly. Podíváme-li se také na údaje v obou tabulkách (4.3 a 4.4), vidíme, že úspěšnost studentů při řešení této úlohy dokonce lehce poklesla. Můžeme tedy usoudit, že žádná z těchto dvou miskoncepcí nebyla u studentů odstraněna.

Při řešení osmé otázky volili studenti v post-tetu nejčastěji chybnou odpověď E, která odhaluje u těchto studentů nesprávnou představu ztráty/obnovy původního impetu. V pre-testu byla nejčastější nesprávnou odpovědí varianta D, která identifikovala miskoncepci pozvolného/opožděného nárůstu impetu. Zlepšení studentů v této otázce se pohybovalo na hranici 5 %.

Nejčastěji uváděnou nesprávnou odpovědí na jedenáctou otázku v post-testu byla varianta A, kdy se studenti domnívají, že překážky nepůsobí žádnými silami. Oproti tomu v pre-testu studenti nejčastěji volili jako chybnou odpověď variantu C. U těchto studentů se projevovala miskoncepce impetu vytvořeného nárazem. Podíváme-li se na úspěšnost studentů při řešení této otázky, vidíme také, že úspěšnost studentů v post-testu stoupla o více jak 10 %.

U dvacáté otázky volili studenti nejčastěji z nesprávných odpovědí variantu A, tuto variantu nenajdeme v tabulce miskoncepcí 4.2, pravděpodobně neidentifikuje konkrétně žádnou z uvedených miskoncepcí. V pre-testu studenti uváděli častěji chybnou variantu C, která odhaluje, že tito studenti nerozlišují mezi rychlostí a zrychlením. Můžeme také pozorovat, že se studenti v řešení této úlohy v post-testu poměrně výrazně zlepšili, počet správných odpovědí vzrostl téměř o 15 %.

Při řešení pětadvacáté otázky studenti v post-testu mezi chybnými odpověďmi nejčastěji uváděli variantu D. Studenti se domnívají, že pohyb nastane, když síla přesáhne odpor prostředí. V pre-testu byla nejčastěji uváděnou nesprávnou představou odpověď E, nesprávná představa, kterou tato odpověď identifikuje, je však stejná jako u varianty D. Nejčastější miskoncepce, která se při řešení této úlohy projevila v pre-testu zůstává tedy stejná i v post-testu. Úspěšnost v řešení této úlohy stoupla u studentů přibližně o 5 %.

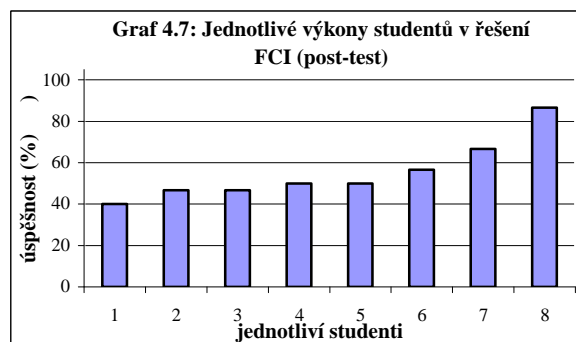
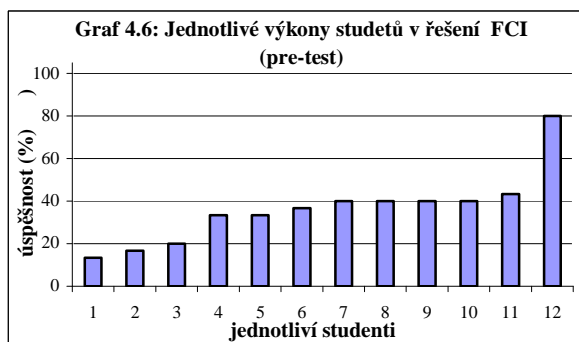
Poslední otázkou, kde nastala změna ve výskytu nejčastěji uváděných chybných odpovědí, je otázka číslo dvacet šest. V post-testu studenti v této otázce volili nejčastěji chybné odpovědi A a D. Studenti, kteří volili variantu D, se domnívají, že síla je příčinou zrychlení, vedoucího k mezní konečné rychlosti. Studenti, kteří volili v post-testu variantu A mají, stejně jako studenti, kteří volili nejčastější variantu B v pre-testu, představu, že rychlost je přímo-úměrná síle. Celková úspěšnost studentů v řešení této úlohy se zvýšila o více, jak 10 %.

Všimněme si, že ve všech šesti otázkách, ve kterých došlo ke změně nejčastěji volené nesprávné odpovědi a často také změně nejčastější miskoncepce, se studenti při řešení post-testu zlepšili.

4.5.3 Výsledky studentů kombinovaného studia (oboru učitelství fyzika - matematika)

Dále zde uvádím výsledky studentů kombinovaného studia oboru učitelství fyziky - matematiky. Tyto studenty jsem vyhodnotila zvlášť, neboť nespádají přímo do skupiny uvedené výše, jsou to většinou již lidé, kteří učí a chtějí si doplnit vzdělání. Uvážíme-li, že předávají své znalosti dále dětem, dalo by se tedy předpokládat, že budou v testu úspěšní. Samozřejmě ne všichni, co studují tento obor, vykonávají profesi učitele, je zde však určitý předpoklad, že se fyzice dříve nebo i v současné době nějak věnují.

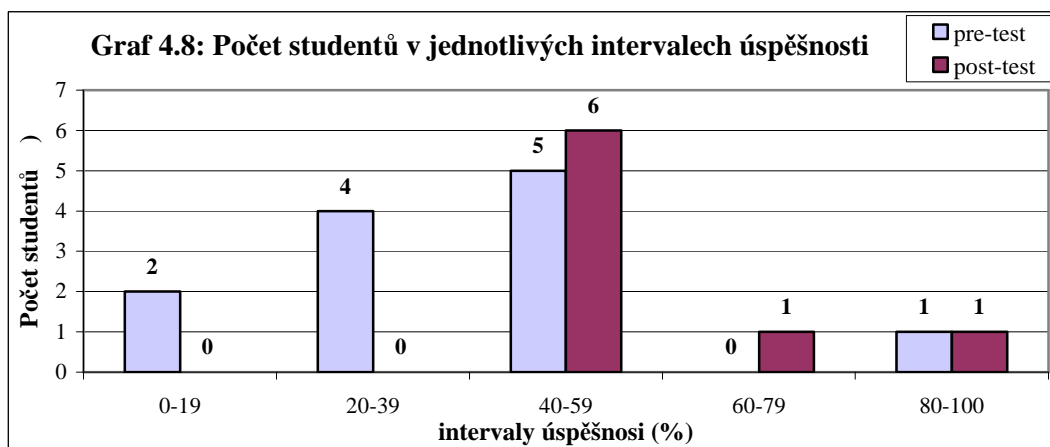
Respondentů, s kterými byl průzkum prováděn, nebylo mnoho, proto nemůžeme z výsledků vyvozovat obecné závěry. Tyto výsledky, zde uvádím spíše pro zajímavost.



Z údajů v grafech 4.6 a 4.7 vidíme, že pre-testu se zúčastnilo více studentů (12 studentů) než post-testu (8 studentů). Celková úspěšnost, které studenti dosáhli v pre-testu je 36,4 % (medián je 38,3 %). V post-testu studenti měli průměrnou úspěšnost 55,5 % (medián je 50 %). Porovnáme-li tyto průzkumy, vidíme, že post-test dopadl lépe. Nejlepší student v pre-testu dosáhl 80 % úspěšnosti, porovnáme-li tento údaj s úspěšností nejlepšího studenta v post-testu, který dosáhl úspěšnosti 86,7 %, vidíme, že došlo ke zlepšení. Nejméně úspěšným studentem v pre-testu byl student s úspěšností 13,3 %, v post-testu to byl student s úspěšností 40 %. Dále z grafů můžeme vidět, že v pre-testu překročil vstupní hranici 60 % jediný student, který ale zároveň dosáhl hranici úspěšnosti 80 %, již považujeme za hranici toho, kdy studenti daným fyzikálními pojmy a jejich souvislostem rozumějí. V post-testu překročili 60 % hranici úspěšnosti dva studenti a hranici 80 % úspěšnosti překročil jeden student. Vidíme, že výsledky nejsou příliš příznivé, v post-testu by se měli studenti pohybovat alespoň kolem hranice 60 %, optimálně kolem hranice 80 % (až od této hranice říkáme, že studenti dané látky rozumí). Znepokojující je to především z hlediska toho, že tito studenti pravděpodobně již učí a dle testu zjišťujeme, že většina z nich sama důkladně nechápe pojmy newtonovské mechaniky a jejich vztahy!

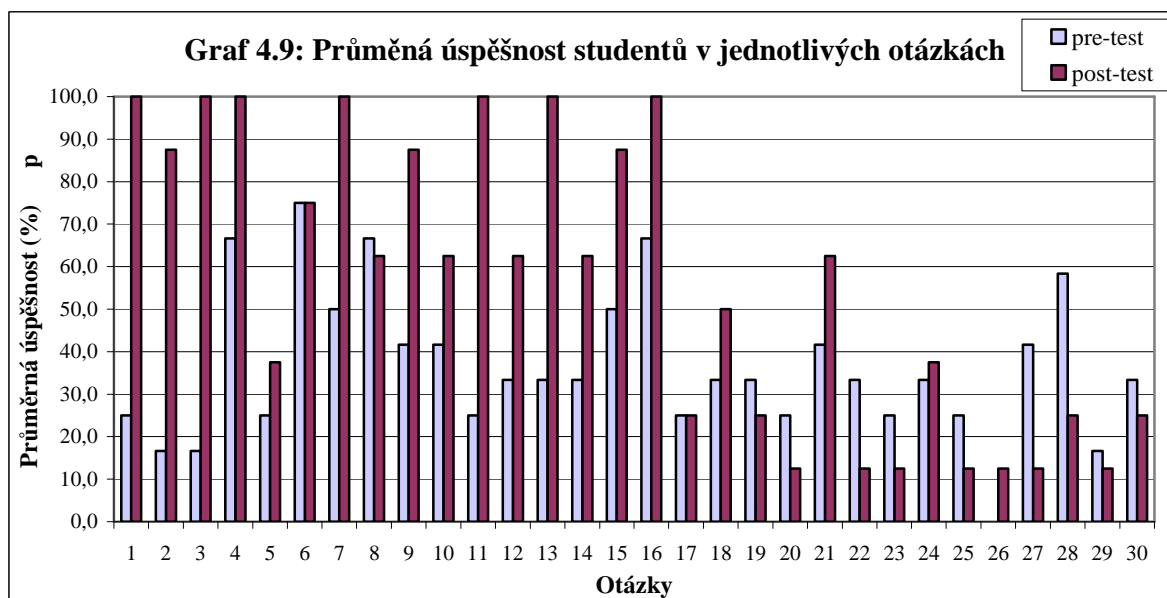
Opět zde uvádím normalizovaný průměrný zisk g , abychom zjistili, zda můžeme považovat zlepšení studentů za výrazné a prohlásit výuku fyziky v 1. semestru za efektivní. Zjistíme, že g je přibližně rovno 0,29, tedy i v tomto případě je $g < 0,3$. Vidíme, že vypočtená hodnota je téměř hraniční (přesnější výsledek je 0,2991). Pokud však bereme, že $g < 0,3$, hodnotíme výuku jako málo efektivní.

Změny počtu studentů v jednotlivých intervalech úspěšností v pre-testu a post-testu jsou uvedeny v následujícím grafu 4.8.



V tomto grafu je dobře vidět to, co již bylo řečeno v komentáři ke dvěma předcházejícím grafům, a to že v post-testu nikdo ze studentů neměl menší úspěšnost v řešení FCI testu než 40 %, což je asi největší rozdíl v porovnání s pre-testem. Vidíme, že změny v ostatních intervalech, v porovnání pre-testu a post-testu nejsou již tak výrazné.

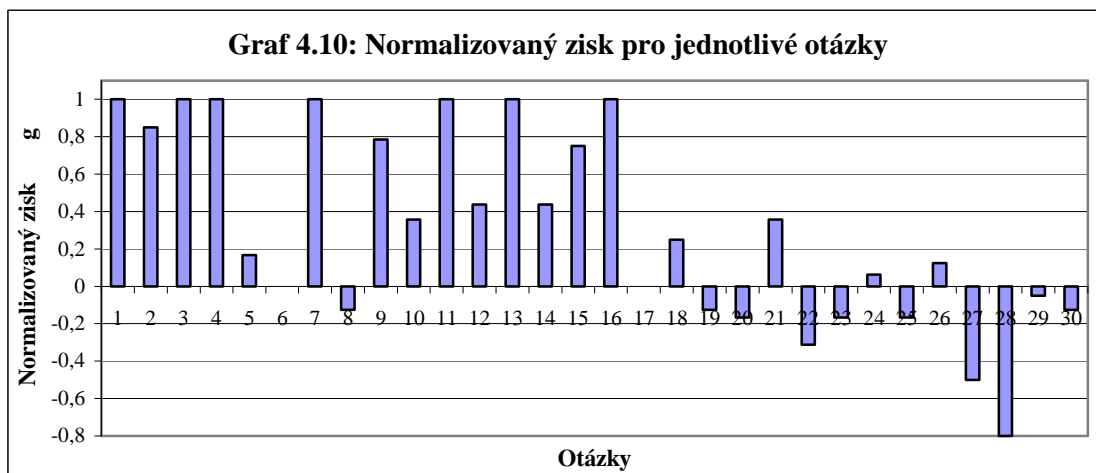
Úspěšnost studentů v jednotlivých otázkách a rozdíly v úspěšnostech při řešení jednotlivých otázek pre-testu a post-testu můžeme pozorovat v následujícím grafu 4.9.



Z grafu 4.9 vyplývá, jak se úspěšnost studentů v některých otázkách výrazně zvýšila, můžeme to pozorovat především u prvních otázek (přibližně v první polovině testu). Je patrné, že u otázek 1, 3, 4, 7, 11, 13, 16 dosáhli studenti dokonce 100 % úspěšnosti (v post-testu), tedy všichni studenti řešili tyto úlohy správně. Ve druhé polovině testu naopak můžeme sledovat, že studenti při řešení některých úloh v pre-testu byli výrazně úspěšnější než při řešení post-testu (úspěšnost studentů se v této polovině testu pohybovala často jen kolem 10 %). Příčinou toho je především to, že při řešení post-testu hodně studentů poslední úlohy vůbec neřešilo, pravděpodobně z časových důvodů

(usuzují tak, neboť v první polovině testu si vedli vcelku úspěšně). Často studentům v testu chybělo i deset posledních úloh.

Výrazné zlepšení studentů při řešení úloh z první poloviny testu je vidět i z grafu 4.10, který můžeme vidět níže. V grafu 4.10 je uveden normalizovaný zisk pro jednotlivé otázky.



Grafu 4.10 dokazuje to, co již bylo řečeno výše, v první polovině došlo téměř u všech otázek k výraznému zvýšení úspěšnosti studentů při řešení post-testů. Výjimkou je pouze úloha číslo 6, kde studenti dosáhli stejné úspěšnosti jako v řešení pre-testu (normalizovaný zisk je tedy roven 0) a úloha číslo 8, kde došlo k poklesu úspěšnosti studentů v řešení post-testu. Nejvíce se studenti zlepšili při řešení otázek číslo 1, 3, 4, 7, 11, 13 a 16. Ve druhé polovině docházelo častěji k poklesu úspěšnosti studentů při druhém řešení testů. Největšího zhoršení studenti dosáhli v otázce číslo 28, ale jak již bylo řečeno, je to dáno tím, že většina studentů tuto úlohu neřešila. To můžeme vidět i v tabulce 4.4, kde jsou uvedeny relativní četnosti všech odpovědí pro jednotlivé otázky. U otázky číslo 28, zjišťujeme, že tuto úlohu řešilo pouze 25 % studentů a ti řešili úlohu správně, zbylí studenti úlohu neřešili, proto jsou relativní četnosti nesprávných odpovědí nulové.

4.5.4 Nejčastější miskoncepce studentů kombinovaného studia

Dále zde uvádím celkové zpracování FCI testů z prvního zadávání – tj. pre-testu (tabulka 4.5) a z druhého zadávání – tj. post-testu (tabulka 4.7). Výsledky jsou zpracovány pro přehlednost v tabulkách, hodnoty v tabulkách jsou uvedeny v relativních četnostech.

Tabulky vykazují přesné údaje, kolik studentů bylo úspěšných při řešení jednotlivých úloh (barevná políčka). Z tabulek můžeme také určit, která nesprávná odpověď pro danou otázku se vyskytovala nejčastěji, a zda po absolvování mechaniky v 1. semestru došlo k nějakým výrazným změnám. Vzhledem k tomu, že studentů v kombinovaném studiu (obor učitelství fyzika-matematika) bylo velmi málo a toto vyhodnocení uvádím spíše pro zajímavost, zpracovala jsme jednotlivé miskoncepce, které se vyskytovaly nejčastěji, bez podrobnějšího komentáře v tabulkách 4.6 (pro pre-test) a 4.8 (pro post-test).

Tabulka 4.5: Relativní četnosti odpovědí pro jednotlivé otázky – pre-test

Odpovědi Otázky	A	B	C	D	E
1	16,7	0,0	25,0	50,0	0,0
2	16,7	0,0	8,3	50,0	25,0
3	8,3	66,7	16,7	8,3	0,0
4	33,3	0,0	0,0	0,0	66,7
5	8,3	25,0	8,3	41,7	16,7
6	25,0	75,0	0,0	0,0	0,0
7	16,7	50,0	25,0	0,0	8,3
8	16,7	66,7	8,3	0,0	0,0
9	0,0	16,7	25,0	16,7	41,7
10	41,7	0,0	8,3	33,3	16,7
11	0,0	25,0	50,0	25,0	0,0
12	0,0	33,3	66,7	0,0	0,0
13	8,3	50,0	8,3	33,3	0,0
14	58,3	8,3	0,0	33,3	0,0
15	50,0	8,3	33,3	0,0	8,3
16	66,7	0,0	33,3	0,0	0,0
17	66,7	25,0	0,0	0,0	8,3
18	0,0	33,3	16,7	25,0	25,0
19	33,3	0,0	8,3	25,0	33,3
20	16,7	16,7	41,7	25,0	0,0
21	16,7	8,3	16,7	8,3	41,7
22	16,7	33,3	0,0	41,7	0,0
23	16,7	25,0	8,3	25,0	16,7
24	33,3	8,3	33,3	0,0	0,0
25	25,0	0,0	25,0	16,7	16,7
26	33,3	25,0	0,0	8,3	0,0
27	16,7	16,7	41,7	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	16,7	58,3
29	8,3	16,7	0,0	50,0	0,0
30	0,0	0,0	33,3	0,0	25,0

Z hodnot uvedených v tabulce 4.5 vidíme (stejně jako z grafu 4.9, kde jsou uvedeny úspěšnosti studentů v jednotlivých otázkách), že v pre-testu dělala studentům nejmenší problémy otázka číslo 6 (otázku řešilo správně 75 % studentů). Naopak nejobtížnější byla pro studenty otázka číslo 26, tuto otázku neřešil nikdo ze studentů správně. Můžeme si také všimnout, že některé nesprávné odpovědi se vyskytovaly u poloviny či dokonce více než poloviny studentů (viz. 1, 2, 3, 11, 12, 13, 14, 17 otázka).

Tabulka 4.6: Nejčastější miskoncepce zjištěné v pre-testu

Otázka	Nejčastější chybná odpověď	Miskoncepce
1	D	- těžší objekty padají rychleji
2	D	- těžší objekty padají rychleji
3	B	- zrychlení znamená zvětšující se sílu - gravitace se zvětšuje při pádu tělesa
4	A	- větší hmotnost znamená větší sílu
5	D	- pohyb znamená působení aktivní síly
6	A	- kruhový impetus
7	C	- pohyb je výsledkem kompromisu mezi silami - odstředivá síla
8	A	- pohyb je určený silou, která začne působit jako poslední
9	C	- „nevektorový“ součet rychlostí
10	D	- pozvolný/opožděný nárůst impetu
11	C	- impetus vytvořený nárazem
12	C	- rozptýlení impetu
13	B	- gravitace působí až poté, co se spotřebuje impetus - gravitace se zvětšuje při pádu tělesa
14	A	- hmotnost jako příčina zastavení objektu
15	C	- neaktivnější objekt působí největší silou
16	C	- neaktivnější objekt působí největší silou
17	A	- pohyb je určený největší silou
18	D, E	- pohyb znamená působení aktivní síly
19	A	- nerozlišování mezi rychlostí a zrychlením
20	C	- nerozlišování mezi rychlostí a zrychlením
21	A, C	- ztráta/obnova původního impetu - pohyb je výsledkem kompromisu mezi silami
22	D	- síla zapříčiňuje zrychlení, vedoucí k mezní konečné rychlosti
23	D	- ztráta/obnova původního impetu
24	C	- rozptýlení impetu
25	A	- větší hmotnost znamená větší sílu
26	A	- rychlost přímo úměrná působící síle
27	A, B	- pohyb znamená působení aktivní síly - hmotnost jako příčina zastavení objektu - rozptýlení impetu
28	D	- větší hmotnost znamená větší sílu
29	D	- tlak vzduchu pomáhá gravitaci
30	E	- impetus vytvořený nárazem

Tabulka 4.7: Relativní četnosti odpovědí pro jednotlivé otázky – post-test

Odpovědi Otázky	A	B	C	D	E
1	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2	87,5	0,0	0,0	12,5	0,0
3	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
5	62,5	37,5	0,0	0,0	0,0
6	25,0	75,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
8	12,5	62,5	0,0	25,0	0,0
9	0,0	12,5	0,0	0,0	87,5
10	62,5	12,5	0,0	25,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0
12	0,0	62,5	25,0	12,5	0,0
13	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0
14	12,5	25,0	0,0	62,5	0,0
15	87,5	0,0	12,5	0,0	0,0
16	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	62,5	25,0	0,0	0,0	12,5
18	37,5	50,0	0,0	0,0	12,5
19	25,0	12,5	0,0	37,5	25,0
20	12,5	12,5	50,0	12,5	0,0
21	0,0	12,5	0,0	12,5	62,5
22	12,5	12,5	25,0	37,5	0,0
23	37,5	12,5	0,0	25,0	0,0
24	37,5	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0
26	12,5	0,0	0,0	0,0	12,5
27	0,0	12,5	12,5	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0
29	0,0	12,5	0,0	12,5	0,0
30	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0

Z této tabulky 4.7, která se již týká post-testu, můžeme opět sledovat nečastěji uváděné nesprávné odpovědi studentů. Dále můžeme vidět, že zde již studenti dosahovali výrazně lepších výsledků, někdy jejich úspěšnost byla dokonce 100 % (viz. úlohy číslo 1, 3, 4, 7, 11, 13, 16). Také je patrné, že zde už málokdy volila polovina a více studentů stejnou nesprávnou odpověď (výjimkou jsou úlohy číslo 5, 17, 20). Porovnáme-li u studentů kombinovaného studia výsledky z pre-testu a post-testu, vidíme, že došlo k poměrně výrazným změnám, a to jak v úspěšnostech při řešení jednotlivých otázek, tak také ve volbě nesprávných odpovědí (často se změnila nejčastěji udávaná nesprávná řešení).

Tabulka 4.8: Nejčastější miskoncepce zjištěné v post-testu

Otázka	Nejčastější chybná odpověď	Miskoncepce
1	-	-
2	D	- těžší objekty padají rychleji
3	-	-
4	-	-
5	A	- překážky nepůsobí žádnými silami
6	A	- kruhový impetus
7	-	-
8	D	- pozvolný/opožděný nárůst impetu
9	B	- pohyb je určený silou, která začne působit jako poslední
10	D	- pozvolný/opožděný nárůst impetu
11	-	-
12	C	- rozptýlení impetu
13	-	-
14	B	- hmotnost jako příčina zastavení objektu
15	C	- neaktivnější objekt působí největší silou
16	-	-
17	A	- pohyb je určený největší silou
18	A	- překážky nepůsobí žádnými silami
19	D	- nerozlišování mezi polohou a rychlostí
20	C	- nerozlišování mezi rychlostí a zrychlením
21	B, C	- pohyb je určený silou, která začne působit jako poslední - pohyb je výsledkem kompromisu mezi silami
22	D	- síla zapříčiňuje zrychlení, vedoucí k mezní konečné rychlosti
23	A	- pohyb je určený silou, která začne působit jako poslední
24	-	-
25	-	-
26	A	- rychlost přímo úměrná působící síle
27	B	- hmotnost jako příčina zastavení objektu - rozptýlení impetu
28	-	-
29	D	- tlak vzduchu pomáhá gravitaci
30	-	-

Porovnáme-li tabulky 4.6 a 4.8, v nichž jsou uvedeny nejčastější miskoncepce studentů pro jednotlivé otázky, vidíme, že došlo k poměrně výrazným změnám. První změnu, kterou můžeme pozorovat již z tabulky 4.8 je, že v otázkách 1, 3, 4, 7, 11, 13, 16 odpověděli všichni studenti správně, proto jsou tato políčka v tabulce miskoncepce proškrtnuta. Dále si můžeme všimnout, že ke změně nejčastěji se vyskytující nesprávné představy došlo v otázkách 5, 8, 9, 14, 18, 19, 21, 23, jak přesně se miskoncepce změnil, je patrné z obou tabulek. Také v otázkách 24, 25, 28 a 30 došlo ke změnám. Vidíme,

že v tabulce miskoncepcí 4.8 jsou tato políčka proškrtnuta. Přestože procentuální úspěšnost těchto otázek je nízká, studenti zde neuváděli chybná řešení, proto jsou políčka prázdná. Většina studentů již tyto poslední úlohy neřešila, důvody neznáme, vzhledem k předchozím, poměrně úspěšně vyřešeným, otázkám můžeme usuzovat, že studenti neřešili poslední úlohy z časových důvodů. Je to však pouze domněnka!

Podíváme-li se, v kolika otázkách post-testu nastaly vzhledem k pre-testu změny, vidíme, že počet je poměrně vysoký, 19 z 30 otázek. To je výrazně více než u předešlé skupiny (studentů denního studia obecné fyziky a studentů učitelství fyzika - matematika), tam nastala změna pouze u 5 otázek z 30, navíc u jedné nedošlo přímo ke změně miskoncepce.

Můžeme tedy usoudit, že u studentů kombinovaného studia došlo během výuky klasické mechaniky k výraznějším změnám miskoncepcí, ať již k přeměně miskoncepcí na správné představy nebo na miskoncepce jiné.

4.6 Závěr

Na závěr této části se pokusím shrnout nejdůležitější poznatky, které jsme z průzkumu získali.

Při porovnání výsledků, kterých studenti prvního ročníku obecné fyziky a učitelství fyziky - matematiky dosáhli v pre-testu a post-testu jsme zjistili, že došlo ke zlepšení úspěšnosti v řešení testu, můžeme tedy říci, že během výuky fyziky v prvním semestru se zlepšila u studentů znalost základních pojmů newtonovské mechaniky a jejich vztahů. Když jsme však provedli výpočet normalizovaného průměrného zisku, zjistili jsme, že toto zlepšení není příliš výrazné a výuku, která se týkala mechaniky a která by měla zlepšit představy studentů týkající se newtonovské mechaniky, považujeme tedy za méně efektivní. Zamyslíme-li se však nad tímto problémem reálně, studenti, kteří přicházejí na MFF UK by měli mít tyto představy již zafixovány ze základní a střední školy. Výuka, která probíhá v prvním ročníku v rámci předmětu mechanika a molekulová fyzika, je zaměřena už na hlubší problémy této látky a předpokládá znalost pojmů newtonovské mechaniky a jejich vztahů! Z průzkumu však vidíme, že ne všichni studenti, jsou v této problematice zběhlí. Podíváme-li se na celkové průměrné výsledky, kterých studenti dosáhli jak v pre-testu tak post-testu, vidíme, že studenti dopadli poměrně dobře, v obou dvou případech se pohybovali kolem 80 % úspěšnosti (v pre-testu 76,0 %, v post-testu 80,8 %). Hranici 80 % úspěšnosti považujeme za optimální, tj. hranice, kdy můžeme říci, že studenti pojmům newtonovské mechaniky rozumějí a chápou souvislosti mezi těmito pojmy.

Porovnáme-li tyto výsledky s univerzitami či vysokými školami ve světě, na kterých se tento průzkum prováděl, zjistíme, že studenti MFF UK dopadli velmi dobře.

Například studenti slovenské UPJS dosáhli v roce 2007 úspěšnosti přibližně v rozmezí 40 % - 45 % v pre-testu, v post-testu pak kolem 50 %. V roce 2008 to byla úspěšnost v rozmezí asi 50 % - 53 % a v post-testu pak 60 % - 65 % (tyto údaje jsou získány z článku J. Hanče [16] a především pak z jeho přednášky a prezentace). Vidíme, že současní studenti MFF UK dopadli v řešení testů lépe než studenti UPJS.

Výsledky testování v USA ([14], str. 145) ukazují, že studenti vstupující do základních kurzů mívají většinou skóre asi 40-50 %. Konkrétněji, studenti Univerzity v Arizoně dosáhli úspěšnosti v pre-testu 52 %, v post-testu pak 63 %. Úspěšnost studen-

tů vybraných středních škol v Arizoně byla v pre-testu 41 % a post-testu 57 %. U studentů chicagských středních škol byla úspěšnost v pre-testu pouhých 27 %, v post-testu 42 % (tato data se vztahují k roku 1992).

Z harvardské univerzity máme pouze výsledky post-testu, kde dosáhli studenti výsledku 77 % (vztahuje se k roku 1992).

Vidíme, že v porovnání se všemi uvedenými výsledky dopadli studenti MFF UK velmi dobře, dokonce jejich úspěšnost při řešení post-testu byla vyšší než u studentů harvardské univerzity. Měli bychom však brát v úvahu, že uvedené výsledky z amerických středních škol a univerzit nejsou příliš aktuální, nevíme, zda za více jak patnáct let nedošlo u těchto škol ke zlepšení v úspěšnosti řešení testu. Přesto si myslím, že více jak 80 % úspěšnost studentů MFF UK je velmi dobrý výsledek.

Nesprávné odpovědi, které se u studentů vyskytovaly nejčastěji, můžeme určit pomocí tabulek 4.3 a 4.4 a přehledu miskoncepcí (viz. tabulka 4.2), popř. pomocí testu uvedeného v Příloze 3. Jednotlivé miskoncepce jsou uvedeny v komentářích k tabulkám. Připomenu, že miskoncepce, které jsme identifikovali u studentů v pre-testu, byly převážně zjištěny u studentů i v post testu. K výraznější změně miskoncepcí došlo pouze u čtyř otázek. Zjištěné převládající miskoncepce se vztahovaly k různým oblastem klasické mechaniky, nemůžeme říci, že by některá miskoncepce u studentů výrazně převládala. Nejvíce se vyskytovala představa – rozptýlení impetu (ve čtyřech otázkách byla identifikována jako nejčtenější miskoncepce). Z tabulky 4.2 ale vidíme, že se také vyskytovala v nejvíce odpovědích.

Zaměříme-li se nyní na porovnání výsledků pre-testu a post-testu u skupiny studentů kombinovaného studia učitelství fyziky - matematiky (průměrná úspěšnost studentů v pre-testu 36,4 %, průměrná úspěšnost studentů v post-testu 55,5 %), vidíme, že při řešení post-testu dosáhli studenti vyšší úspěšnosti, a to především v první polovině testu, kde jsme mohli pozorovat výrazné zlepšení. Ve druhé polovině testu již ke zlepšení příliš nedocházelo, z tabulky 4.4 jsme mohli vidět, že studenti úlohy v této části testu často vůbec neřešili. Můžeme se domnívat, že příčinou byl časový deficit, vzhledem k tomu, že první polovinu testu řešili s poměrně vysokou úspěšností. I zde po vypočtení normalizovaného průměrného zisku zjistíme, že výuku mechaniky v 1. semestru bychom označili spíše za méně efektivní. Tuto skupinu studentů, zde vyhodnocuji spíše pro zajímavost, studenti nespádají přímo do první vyhodnocované skupiny, neboť studenti kombinovaného studia již často učí, popř. se věnují fyzice jiným způsobem a pomocí kombinovaného studia si doplňují vzdělání. Pro vyvození obecných závěrů se však průzkumu zúčastnilo málo studentů. Přesto je zajímavé, jakých výsledků dosáhli studenti, kteří již sami pravděpodobně předávají své znalosti ve školách.

Porovnáme-li tyto výsledky se studenty jiných univerzit či vysokých škol ve světě, vidíme, že studenti kombinovaného studia oboru učitelství fyzika - matematika na MFF UK dopadli například podobně jako studenti UPJS v roce 2007 (pouze průměrné zlepšení českých studentů bylo o něco vyšší) nebo studenti vybraných středních škol v Arizoně.

I zde jsme určovali nesprávné odpovědi, které studenti volili nejčastěji, a to s využitím tabulek 4.5 a 4.7, kde jsou uvedeny relativní četnosti všech odpovědí k jednotlivým otázkám, a s pomocí tabulky 4.2, kde najdeme jednotlivé miskoncepce a příslušné odpovědi, ve kterých se vyskytují. Přehled miskoncepcí, které byly u studentů identifikovány v pre-testu a post-testu, můžeme najít v tabulkách 4.6 a 4.8. Z tabulek také vidíme, že v pre-testu a post-testu došlo v mnoha otázkách (u 19 otázek z 30) ke změnám miskoncepcí, a to buď k jejich úplnému odstranění anebo k jejich přeměně na

miskoncepce jiné. Opět u studentů nedošlo k výraznému převládnutí některé z miskoncepce.

V těchto posledních řádcích bych chtěla zdůraznit význam FCI testu. Každý učitel může pomocí testu zjistit, jaká je úroveň porozumění studentů základním pojmům newtonovské mechaniky a jaké nesprávné představy u studentů převládají, na tyto miskoncepce se pak může zaměřit a pokusit se o jejich odstranění. Pomocí FCI testu můžeme také posoudit efektivnost výuky a na základě toho se zamyslet nad metodami, které jsou v současné době ve školách využívány, popř. vyzkoušet metody jiné, pokusit se o zpeřování výuky, o větší zaujmutí studentů a podobně.

Myslím, že je důležité, aby se tento test, ale samozřejmě i další konceptuální testy a možnost jejich využití, dostaly do povědomí učitelů a aby s nimi a možnostmi jejich využití byli učitelé seznámeni. Považuji je za dobrou pomůcku při vzdělávání studentů a nástroj vedoucí ke zvýšení efektivnosti výuky.

5. Závěr

Cílem první části této práce bylo dokončit zpracování průzkumu, který jsem provedla v rámci bakalářské práce a uvést zde všechny získané výsledky. Průzkum se týkal prekonceptí studentů o síle a pohybu. Výsledky tohoto průzkumu porovnávám s výsledky průzkumu z roku 1981/82 a 1983/84, abych zjistila, zda jsou současní studenti v řešení úloh úspěšnější a jestli se výskyt prekonceptí, o více jak dvacet let později zvýšil či snížil.

Průzkum jsem prováděla se studenty 1. a 2. ročníku na Matematicko-fyzikální fakultě v Praze a dále se studenty čtvrtých ročníku ze čtyř gymnázií, celkem z devíti tříd. Průzkum jsem provedla pomocí testu, který obsahoval šest kvalitativních úloh, k jejichž řešení studenti nepotřebovali výpočty. Odpovědi studentů jsem dále zařazovala do jednotlivých kategorií, vytvořených pro každou úlohu. Relativní četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích jsem zpracovala do tabulek, výsledky okomentovala, případně i graficky znázornila. Nakonec jsem se zabývala porovnáním výsledků současného průzkumu a průzkumu z let 1981/82 a 1983/84, které jsem doplnila o posouzení statistické významnosti rozdílů ve výsledcích.

Nejúspěšnější v řešení testů byli studenti MFF UK, přesto však přibližně třetina z nich má nesprávné představy o základních fyzikálních zákonitostech. Také představa o nezbytnosti síly působící ve směru pohybu se u těchto studentů vyskytuje nejméně. Mezi 1. a 2. ročníkem se neprojeví v úspěšnosti a ve výskytu prekonceptí výrazné rozdíly. Úspěšnost studentů učitelství byla menší než úspěšnost studentů obecné fyziky a zároveň vyšší než úspěšnost studentů většiny gymnázií (pouze studenti gymnázia Ž dosáhli velmi podobných výsledků). Studenti gymnázií dosahovali poměrně rozmanitých výsledků, jejich průměrná **neúspěšnost** se pohybovala v rozmezí od 70 % do 94 %, především hodnoty kolem 90 %, jsou až závažné. Představa nutnosti síly působící ve směru pohybu se pak vyskytovala u studentů gymnázií v rozmezí od 58 % do 73 %.

Srovnání současného průzkumu a průzkumu z let 1981/82 a 1983/84 nám ukazuje, že úspěšnost studentů fyziky na MFF UK při řešení úloh se během několika let zlepšila. Při podrobnějším statistickém zpracování jsme však zjistili, že tento rozdíl není statisticky významný. Musíme také vzít v úvahu rozdílné podmínky průzkumu. Studentům z roku 1981/82 byly testy zadávány v prvním týdnu jejich studia na MFF UK, oproti tomu současným studentům jsem testy zadávala asi měsíc po zahájení výuky, kdy měli již probranou část učební látky z mechaniky týkající se právě kinematiky a dynamiky. Úspěšnost studentů učitelství se během více jak pětadvaceti let příliš nezměnila, totéž platí pro výskyt představy o nezbytnosti síly působící ve směru pohybu. Jak současní studenti, tak studenti z roku 1981/82 dosahovali podobných výsledků. U studentů gymnázií, na kterých byl průzkum prováděn i v roce 1983/84, nenastala žádná výraznější změna v úspěšnosti při řešení testů, studenti dosáhli téměř stejných průměrných výsledků jako jejich předchůdci. Na zbylých dvou gymnáziích dopal průzkum trochu lépe, při statistickém porovnání bylo zjištěno, že tento rozdíl však není statisticky významný.

Z dotazníků zadaných učitelům na závěr průzkumu je patrné, že i zájem, snaha a otevřený postoj k této problematice mohou ovlivňovat úspěšnost.

Úkolem ve druhé části diplomové práce bylo vytvořit přehled publikací týkajících se výzkumu prekonceptí v oblasti síly a pohybu. U publikací v anglickém jazyce jsem se zaměřila především na články vztahující se k testu FCI, u publikací v českém jazyce jsem se zabývala tematikou prekonceptí obecně.

Tento přehled je pouze orientační, v žádném případě ne úplný, vzhledem k velkému množství publikací, jež se vztahují k tomuto tématu. Může sloužit jako kostura pro další podrobnější hledání.

Cílem třetí části diplomové práce bylo provést průzkum s užitím testu FCI u studentů 1. ročníku fyziky na MFF UK. Zjistit, jakých výsledků studenti dosáhli v pre/post-testu, určit, zda došlo u studentů po absolvování výuky klasické mechaniky ke zlepšení, popř. jak velkému a získané výsledky porovnat s výsledky studentů některých zahraničních škol. Dalším úkolem bylo identifikovat nejčastější miskoncepce, které u studentů při řešení jednotlivých otázek převládaly.

Průzkum jsem prováděla u studentů 1. ročníku programu fyzika na MFF UK (obor obecná fyzika a obor učitelství fyzika-matematika). Výsledky studentů, kteří mají kombinované studium učitelství fyzika-matematika, jsem vyhodnocovala zvlášť. Výsledky studentů jsem zpracovala pro přehlednost do tabulek, které jsem doplnila komentáři, a pro větší názornost jsem podstatné výsledky znázornila také graficky.

Úspěšnost studentů denního studia v řešení testu FCI byla velmi dobrá (pre-test 76,0 %, post-test 80,8 %), což potvrdila i srovnání s jinými zahraničními školami. Zlepšení, kterého studenti dosáhli, bylo malé, výuku klasifikujeme jako málo efektivní. Úspěšnost studentů kombinovaného studia považuji za průměrnou (pre-test 36,4 %, post-test 55,5 %). Je podobná jakou dosahují v průměru studenti v zahraničí. Také zde bylo zlepšení studentů klasifikováno jako malé a výuka tedy jako málo efektivní.

Z výsledků uvedených v první části diplomové práce vyplývá, že přesto, že problematika prekonceptů je již delší dobu známa, stále se nedaří, zejména na středních školách, vyrovnávat se s nesprávnými představami a je tedy velmi aktuální otázka, jak vést výuku, aby byly chybné prekoncepce nahrazeny představami správnými. V dnešní době je známa již řada postupů, které napomáhají tomuto nahrazení. Na toto téma byla napsána také řada publikací, přesto značné množství učitelů o této problematice neví nebo se o ni nezajímá. Podle mého názoru by k nahrazení chybných prekonceptů správnými mohlo přispět i následující:

Učitelé by se měli snažit odhalit, s jakými konkrétními představami studenti přicházejí do výuky. Měli by vést studenty k tomu, aby sami dokázali své představy zformulovat, uvědomili si je a poznali rozpor mezi svou představou a tím, co považují za správné fyzikové. Mnohdy totiž zůstanou tyto představy skryty, studenti se formálně naučí školní látku, kterou záhy zapomenou, a vrátí se zpět ke svým prekonceptům. Důležité je vést studenty k pochopení probírané látky, fyzikálních zákonů a vzorců a nespokojit se pouze s jejich naučením nazpaměť. Je dobré, když studenti vidí také využití daného učiva v praktickém životě. Konkrétní příklady mohou pomoci studentovi k lepšímu pochopení a zapamatování si dané látky. Pro zjištění i korekci chybných představ studentů o fyzikálních zákonitostech by mohly sloužit i úlohy obdobného charakteru, jež obsahovaly oba použité testy v této práci (především test FCI, není časově náročný a jeho vyhodnocení je poměrně rychlé). Studenti při nich musejí logicky přemýšlet, zdůvodňovat svá řešení a především chápat správně základní fyzikální zákony. Jednou z nejdůležitějších věcí ve fyzice, jak pro výuku tak pro motivaci studentů, jsou, podle mého názoru, pokusy. Souhlasím s názorem Nachtigalla, který říká, že „je potřeba vytvořit mezi učitelem a studenty dobrou atmosféru. Doporučuje ptát se studentů předem na výsledky experimentů, nechat je diskutovat o jejich tvrzeních a vyměňovat si názory. Vytvářet pomocí experimentů nové, hlubší představy, diskutovat o tom, proč jsou lepší než staré. Nezačínat, ale končit vzorcem, kde vzorec není jen symbolem algebraických operací, ale má fyzikální význam“ (citováno podle [1], str. 96).

V mé práci jsem se snažila především zjistit, jak se v průběhu několika let změnila prekoncepce studentů o vztahu síly a pohybu, zda se situace u studentů zlepšila či zhoršila. Snažila jsem se vytvořit přehled literatury, podle kterého by se lidé zajímající se o toto téma mohli orientovat. V neposlední řadě jsem se pokusila identifikovat nejčastější miskoncepce, které se u studentů vyskytují. Užitečnost výsledků průzkumu vidím v tom, že ukazují, jakým směrem se ubírají myšlenky studentů při řešení úloh, jak si vysvětlují určité fyzikální jevy. Následně nám ukazují, jak se během přibližně dvaceti let změnilo uvažování studentů o těchto jevech. Vidíme, že k žádným velkým změnám nedošlo. Tento poznatek by měl být alarmující a vést učitele k zamyšlení. Co se vlastně studenti v hodinách fyziky naučí? Jaké fyzikální poznatky a představy si odnesou?

Myslím, že tato práce by mohla být přínosná například těm, kteří by se chtěli seznámit s problematikou prekoncepce, konkrétněji pak těm, kteří by chtěli zjišťovat prekoncepce u svých studentů.

Literatura:

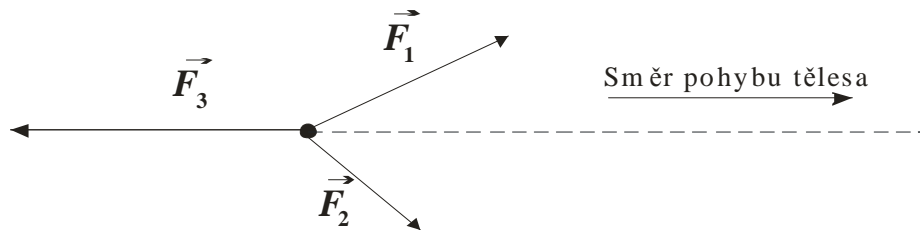
- [1] HEJNOVÁ, D.: Představy studentů o základních vlastnostech pohybu makroskopických těles. Diplomová práce. Praha, MFF UK 1984.
- [2] MANDÍKOVÁ, D.: Intuitivní představy o pohybu a síle. Disertační práce. Praha, MFF UK 1990.
- [3] MANDÍKOVÁ, D.: Intuitivní představy o pohybu a síle II. MFI, 15, 2006, č.10
- [4] MANDÍKOVÁ, D.: Intuitivní představy o pohybu a síle I. MFI, 15, 2006, č.6
- [5] KOLÁŘOVÁ, R., BOHUNĚK, J.: Fyzika pro sedmý ročník základní školy. Prometheus, Praha, 2003.
- [6] RAUNER, K. a kol.: Fyzika 7 učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia. Fraus, Plzeň, 2005.
- [7] BEDNAŘÍK, M., ŠIROKÁ, M.: Fyzika pro gymnázia (mechanika). Prometheus, Praha, 2005.
- [8] SPUDIL, J.: Porozumění základním zákonům dynamiky u posluchačů učitelského studia fyziky na MFF UK. Diplomová práce. Praha, MFF UK 1986.
- [9] NACHTIGALL, D.: The Pre-Newtonian Concept of Motion in the Minds of Students. Referát na konferenci: Methods of Teaching Physics. Khon Kaen University, Thailand, 1981.
- [10] HÖFFER, G., PROKŠOVÁ, J.: Prvotní fyzikální představy žáků. Studie výsledků výzkumu západoevropských didaktiků fyziky. Pedagogické centrum Plzeň, 2003.
- [11] DRIVER, R., SQUIRES, A., RUSHFORD, P., WOOD-ROBINSON, V.: Making Sense of Secondary Science. Routledge Falmer, New York, 2003.
- [12] CLEMENT, J: Common Preconceptions and Misconceptions as an important source of difficulty in physics courses. Cognitive Development Project, Department of Physics and Astronomy, University of Massachusetts, July, 1979.
- [13] PETERS, P.C.: Even honors students have conceptual difficulties with physics. Am. J. Phys., 50, č. 6, 1982, str. 501-508.
- [14] Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G.: Force Concept Inventory. The Physics Teacher 30, 1992, s. 141-151
- [15] Hestenes, D., Halloun, I.: Interpreting the Force Concept Inventory. The Physics Teacher 33, 1995, s. 502-506

- [16] Hanč, J. a kol.: Štandardizované konceptuálne a postojové testy ako nástroje hodnotenia výučby. Zborník príspevkov. Medzinárodná konferencia DIDFYZ 2006. UKF, Nitra 2007
- [17] Trna, Josef: Dovednosť diagnostikovať a ovplyvňovať žakovskú prekoncepciu učiva. In: Cesty k učiteľskej profesii: Utvárenie a rozvíjanie pedagogických dovedností. VI. Švec (ed). Brno: Paido 2002, s. 257-270.

Příloha 1:

Úloha č. 1:

Těleso se pohybuje stálou rychlostí po přímkové trajektorii. Přitom na něj působí tři síly. Na obrázku 1 jsou vyznačeny vektory jen dvou těchto sil F_1 a F_2 . Zakreslete pečlivě do obrázku třetí sílu F_3 , která na těleso působí.



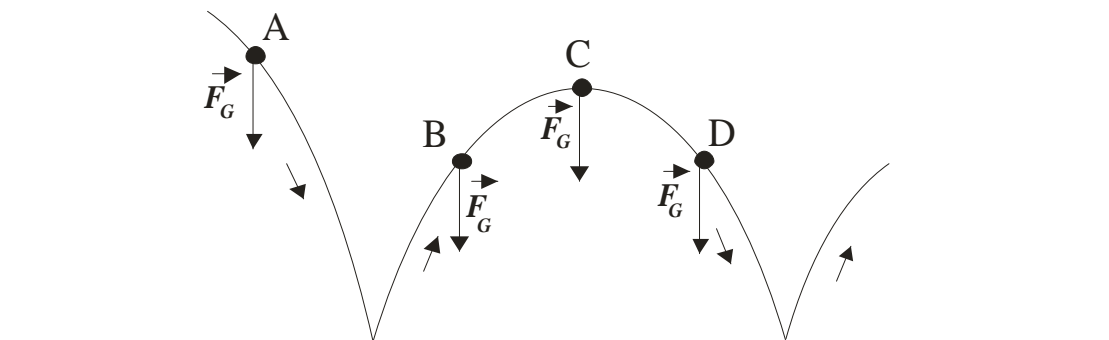
Obrázek 1

Zdůvodněte své řešení.

Podle 1. Newtonova zákona (zákon setrvačnosti) se těleso pohybuje rovnoměrně přímočaře tehdy, je-li výslednice sil na něj působících nulová. Třetí síla, která na těleso působí, má tedy velikost jako výslednice prvních dvou sil, ale opačný směr.

Úloha č. 2:

Na vodorovný stůl je hozen míč. Jeho trajektorie je znázorněna na obrázku 2. Zakreslete do obrázku vektory sil, které na míč působí, když se nalézá v bodech **A**, **B**, **C**, **D**. Vektory vyznačte pečlivě, aby bylo zřejmé, zda jsou či nejsou stejně velké a jaký mají směr (vodorovný nebo svislý, kolmý nebo tečný k dráze apod.). Zanedbejte odpor vzduchu.



Obrázek 2

Zdůvodněte svoji odpověď pro bod:

A:

B:

C:

D:

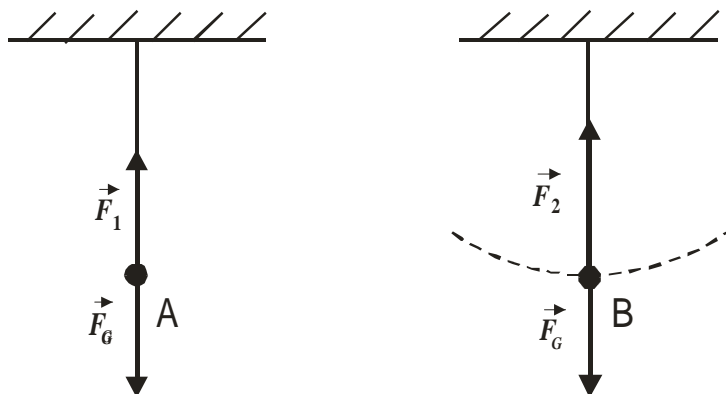
V této úloze se jedná o šikmý vrh, tedy pohyb tělesa v tíhovém poli. Budeme-li předpokládat, že odpor vzduchu (a také vzlaková síla) jsou zanedbatelně malé, bude ve všech vyznačených bodech na míč působit pouze tíhová síla.

Úloha č. 3:

Dva hmotné body **A**, **B** o stejné hmotnosti visí na stejných vláknech (tj. na vláknech, která mají stejnou délku a stejné vlastnosti). Hmotný bod **A** je v klidu. Hmotný bod **B** kývá ve svislé rovině a právě prochází nejnižším bodem své trajektorie.

Určete všechny síly, které na oba hmotné body působí, a zakreslete je do obrázku 3. Dbejte, aby z nákresu bylo zřejmé, zda síly mají či nemají stejnou velikost a jaké mají orientované směry.

Síly tření a odporu vzduchu zanedbejte. Vzájemné působení bodů **A**, **B** neuvažujte.



Obrázek 3

Zdůvodněte:

a) Těleso je v klidu, síly, které na něj působí, musí být v rovnováze. Tíhová síla F_G (svisle dolů) je tedy co do velikosti rovna tahové síle vlákna F_2 (svisle nahoru).

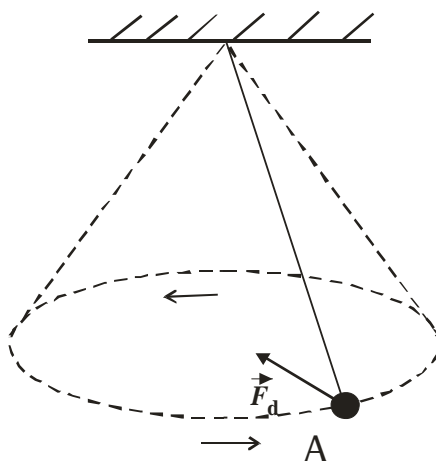
b) Při řešení této části úlohy můžeme využít poznatků o matematickém kyvadle. Hmotný bod **B** se pohybuje po části kružnice. Na obrázku je bod zachycen při průchodu rovnovážnou polohou, kde má nulové tečné a nenulové dostředivé zrychlení. Dostředivé zrychlení má směr vlákna a je orientované k bodu závěsu. Na bod **B** tedy působí tíhová síla F_G a tahová síla vlákna F_2 , pro které platí $F_2 > F_G$.

Úloha č. 4:

Na obrázku 4 je kónické kyvadlo. Hmotný bod **A** je zavěšen na závěsu a pohybuje se po kruhové trajektorii ve vodorovné rovině. Závěs opisuje při pohybu plášť kužele. Doba oběhu je konstantní. Odpor vzduchu a tření závěsu jsou zanedbatelné. Výsledná síla, která působí na hmotný bod **A**, má následující orientovaný směr:

- a) svisle dolů
- b) svisle vzhůru
- c) podél závěsu do bodu závěsu
- d) podél závěsu od bodu závěsu
- e) ke středu dráhy ve směru poloměru
- f) od středu dráhy ve směru poloměru
- g) ve směru tečny ke dráze

Zatrhněte správnou odpověď a výslednici vyznačte do obrázku.



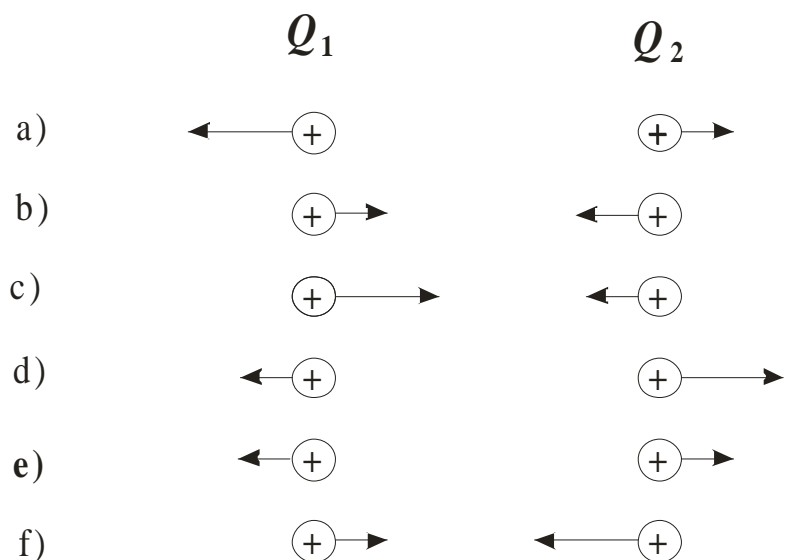
Obrázek 4

Zdůvodněte:

Pro řešení této úlohy využijeme poznatky o rovnoměrném pohybu po kružnici, při kterém má těleso nenulové dostředivé zrychlení a nulové tečné zrychlení. Na hmotný bod **A** působí tíhová síla a tahová síla závěsu. Jejich výslednice F_d směřuje do středu trajektorie a uděluje hmotnému bodu dostředivé zrychlení. Správné řešení – zatržena odpověď e).

Úloha č. 5:

Na obrázcích 5 a) – f) jsou znázorněny vždy dva kladné elektrické náboje Q_1 , Q_2 . Náboj Q_1 je dvakrát tak velký jako náboj Q_2 . Orientovanými úsečkami jsou vyznačeny vektory elektrických sil, kterými jeden náboj působí na druhý. Který obrázek je správný? Zatrhněte ho a zdůvodněte.



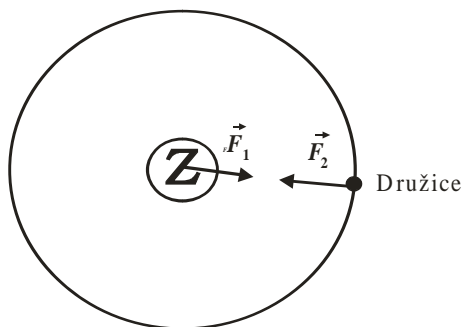
Obrázek 5

Zdůvodnění:

Dva souhlasně nabitě náboje se odpuzují. Ze zákona akce a reakce víme, že tělesa na sebe působí stejně velkou silou opačného směru.
Správná odpověď – zatržena odpověď e).

Úloha č. 6:

Na obrázku 6 je znázorněna družice obíhající po kruhové trajektorii kolem Země. Vliv ostatních těles zanedbáme. Vyjmenujte všechny síly, které pohyb družice po kruhové trajektorii kolem Země způsobují, zakreslete je do obrázku a vyznačte jejich výslednici. Působí také nějaká síla (nebo více sil) na Zemi? Zakreslete ji (je) do obrázku.



Obrázek 6

Zatrhněte tvrzení, která jsou podle vašeho názoru správná:

- a) Na družici působí jediná síla, kterou jsem zakreslil(a).
- b) Na družici působí více sil, jejichž výslednici jsem zakreslil(a).
- c) Na družici působí více sil, ale ty se navzájem vyruší.
- d) Na Zemi v systému Země – družice působí jediná síla, kterou jsem zakreslil(a).
- e) Na Zemi působí více sil, jejichž výslednici jsem zakreslil(a).
- f) Na Zemi působí více sil, které se navzájem vyruší.
- g) Žádná z uvedených odpovědí není správná, ale platí:

Zdůvodnění odpovědí:

1) které se týkají družice:

2) které se týkají Země:

Ze zákona akce a reakce vyplývá, že tělesa na sebe působí stejně velkými silami, opačného směru.

Země působí na družici gravitační silou, tato síla je pro družici silou dostředivou, proto se družice pohybuje rovnoměrně po kružnici.

Družice působí na Zemi stejně velkou gravitační silou opačného směru, účinek této síly se však vzhledem k velké hmotnosti Země znatelně neprojevuje.

Správné odpovědi – zatržena odpověď a), d).

Příloha 2:

Dotazník o žákovských prekonceptcích (únor 2008)

1. Podtrhněte termín, se kterým jste se setkal(a):

naivní teorie dítěte, žákovská prekoncepce učiva, žákovská koncepce učiva, žákovská představa, žákovsko pojetí učiva, miskoncepce, naive theories, prior conceptions, spontaneous reasoning

2. Znáte postupy ve výuce, ve kterých se s prekonceptcemi žáků pracuje?

(A) ne

(B) jen mlhavě, něco málo o tom vím

(C) ano (uved'te jaké:)

3. Vadí vám prekoncepce žáků ve výuce?

(A) vůbec se o ně nezajímám

(B) ještě jsem se s komplikací nesetkal(a)

(C) setkal(a) jsem se s komplikací a nedovedl(a) jsem si s ní poradit

(D) setkal(a) jsem se s komplikací a poradil(a) si s ní

(E) setkal(a) jsem se s komplikací, ale i s přínosem pro výuku

(F) pravidelně s nimi pracuji a zajímám se o ně

4. Víte, jak je možno zjišťovat, jaké prekoncepce mají žáci?

- (A) vůbec nevím
- (B) někde jsem slyšel(a) jak, ale nyní už nevím
- (C) znám literaturu, kde to mohu zjistit
- (D) když budu potřebovat, tak na to přijdu sám (sama)
- (E) znám některé postupy, a to:

(F) používám tyto postupy:

5. Cítíte potřebu se v práci s žákovskými prekoncepcemi zdokonalit?

- (A) ne, na nic to nepotřebuji
- (B) ne, zatím jsem to nepotřeboval(a)
- (C) asi ano, ale zatím jsem to nepotřeboval(a)
- (D) ano, cítím, že to bude třeba umět
- (E) ne, protože to dostatečně umím
- (F) ano, něco o tom vím, ale je to podle mne málo
- (G) ano, používám to a každý nový nápad mne moc zajímá

6. Uveďte (pokud víte) některou z prekonceptí z vašeho oboru, se kterou jste se ve výuce setkal(a):

Příloha 3:

TEST

POROZUMĚNÍ POJMU SÍLA

© original Force Concept Inventory 1992
D. Hestenes, M. Wells, G. Swackhamer
In: Phys. Teach. 30 (3), 141-158 (1992)
Revised 1995: I. Halloun, R. Hake, E. Mosca

Department of Physics and Astronomy
Arizona State University Tempe, AZ 85287,
USA
<http://modeling.la.asu.edu/R&E/Research.html>,
hestenes@asu.edu

© česká verze 2008
J. Burešová, D. Mandíková
Odborná revize překladu:
L. Dvořák, V. Žák, E. Hejnová, J. Králík

Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha
V Holešovičkách 2, 182 00 Praha 8
dana.mandikova@kdf.mff.cuni.cz

TEST

POROZUMĚNÍ POJMU SÍLA

Poznámky pro učitele

- Force Concept Inventory (FCI) je test s otázkami s výběrem odpovědi, který byl navržený, aby zjišťoval, jak studenti chápou základy newtonovské mechaniky. FCI test může být použit k různým účelům, ale nejdůležitější z nich je hodnocení efektivity výuky.
- Tento test se řeší pouze s tužkou a papírem, studenti nemají k dispozici učebnice, tabulky, poznámky ani žádné vzorce.
- Před studenty tento test nenazývejte FCI, vymyslete si vlastní název nebo jej ponechte bez názvu.
- Započítejte test do hodnocení, aby k němu studenti přistoupili seriózně.
- Test po skončení testování vyberte a uschovejte, aby k němu studenti neměli přístup.

Děkujeme za spolupráci!

TEST

POROZUMĚNÍ POJMU SÍLA

Pokyny

- **nepište** nic do zadání testu
- odpovědi **zakroužkujte** ve svém **záznamovém archu**
- **zakroužkujte** vždy jen **jednu** odpověď u každé otázky
- **nepřeskakujte** otázky, protože na sebe navazují
- snažte se nehádat odpovědi
- vaše odpovědi by měly vyjadřovat to, co si sami myslíte či co intuitivně cítíte
- **počkejte na pokyn zadavatele**, potom nalistujte následující stranu a postupně odpovídejte
- na vyplnění testu máte **30 minut**, naplánujte si podle toho čas

Poznámka: V souladu s anglickým originálem je v testu používán termín gravitační síla, a to ve stejném významu jako síla tíhová.

1. Máme dvě stejně velké kovové kuličky, jedna váží dvakrát více než druhá. Tyto kuličky pustíme současně ze střechy jednopodlažní budovy. Čas, za který kuličky dopadnou na zem, bude:
 - (A) přibližně poloviční pro těžší kuličku než pro lehčí kuličku.
 - (B) přibližně poloviční pro lehčí kuličku než pro těžší kuličku.
 - (C) přibližně stejný pro obě kuličky.
 - (D) výrazně kratší pro těžší kuličku, ale ne nutně poloviční.
 - (E) výrazně kratší pro lehčí kuličku, ale ne nutně poloviční.

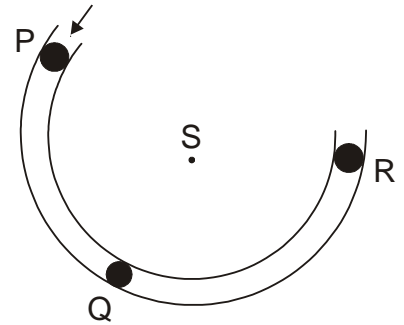
2. Tytéž dvě kovové kuličky jako v první otázce spadnou z okraje vodorovného stolu, po kterém se kutálely stejnou rychlostí. V tomto případě:
 - (A) obě kuličky dopadnou na podlahu přibližně ve stejné vzdálenosti od paty stolu.
 - (B) těžší kulička dopadne na podlahu přibližně v poloviční vzdálenosti od paty stolu než kulička lehčí.
 - (C) lehčí kulička dopadne na podlahu přibližně v poloviční vzdálenosti od paty stolu než kulička těžší.
 - (D) těžší kulička dopadne o hodně blíže k patě stolu než lehčí kulička, ale ne nutně v poloviční vzdálenosti.
 - (E) lehčí kulička dopadne o hodně blíže k patě stolu než těžší kulička, ale ne nutně v poloviční vzdálenosti.

3. Kámen, který pustíme ze střechy jednopodlažní budovy:
 - (A) dosáhne maximální rychlosti krátce po začátku pohybu, a pak padá konstantní rychlostí.
 - (B) zrychluje svůj pád, protože gravitační přitahování výrazně vzrůstá s tím, jak se kámen přibližuje k zemi.
 - (C) zrychluje, protože na něj působí téměř konstantní gravitační síla.
 - (D) padá, protože všechny předměty mají přirozenou tendenci spočívat na zemském povrchu.
 - (E) padá, protože ho směrem dolů tlačí jak gravitační síla, tak síla, kterou na něj působí vzduch.

4. Velký kamion se čelně srazí s malým osobním autem. V průběhu srážky:
 - (A) kamion působí větší silou na auto než auto na kamion.
 - (B) auto působí větší silou na kamion než kamion na auto.
 - (C) žádné z aut nepůsobí na druhé silou, osobní auto je „sešrotováno“ prostě proto, že se dostalo do cesty kamionu.
 - (D) kamion působí silou na auto, ale auto nepůsobí na kamion.
 - (E) kamion působí na auto stejně velkou silou jako auto na kamion.

Pro zodpovězení dalších dvou otázek (5 a 6) použijte následující text a obrázek:

Na obrázku vidíte dokonale hladký žlábek ve tvaru části kruhu se středem v bodě S. Tento žlábek je připevněn na vodorovném dokonale hladkém stole. Na stůl se díváme kolmo shora. Působení vzduchu je zanedbatelné. Do žlábků vstřelíme v bodě P vysokou rychlostí kuličku, v bodě R kulička žlábek opustí.



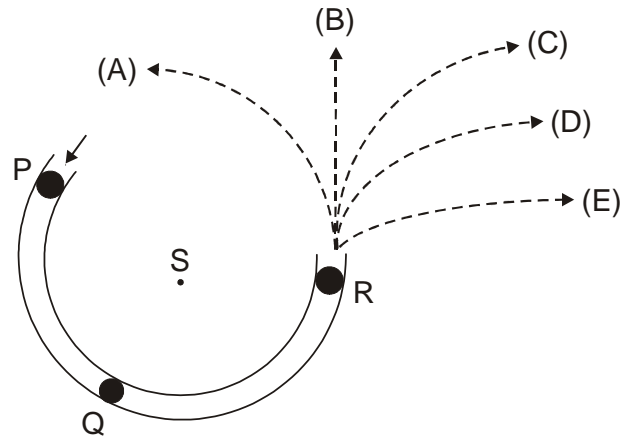
5. Uvažujte tyto různé síly:

1. gravitační síla působící směrem dolů
2. síla, kterou působí žlábek, mířící z bodu Q do bodu S
3. síla ve směru pohybu kuličky
4. síla mířící z bodu S do bodu Q

Které z výše uvedených sil působí na kuličku, když se v dokonale hladkém žlábků nachází v bodě Q?

- (A) pouze 1
- (B) 1 a 2
- (C) 1 a 3
- (D) 1, 2 a 3
- (E) 1, 3 a 4

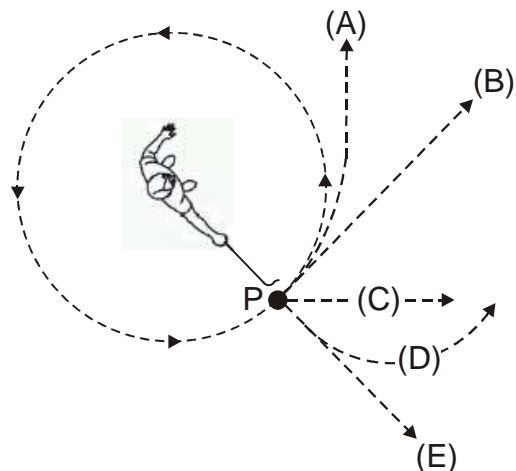
6. Kulička opustí žlábek v bodě R a dále se pohybuje po dokonale hladkém stole. Která z trajektorií vyznačených na obrázku vpravo nejlépe odpovídá pohybu kuličky po opuštění žlábků?



7. Ocelová kulička je přivázaná na provázek a člověk jí kolem sebe točí tak, že se kulička pohybuje ve vodorovné rovině, jak ukazuje obrázek.

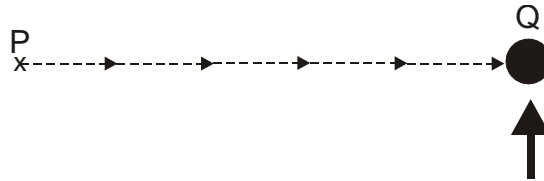
V bodě P vyznačeném na obrázku se provázek v blízkosti kuličky náhle přetrhne.

Celou situaci pozorujeme kolmo shora. Která z trajektorií vyznačených na obrázku nejlépe odpovídá pohybu kuličky po přetržení provázku?

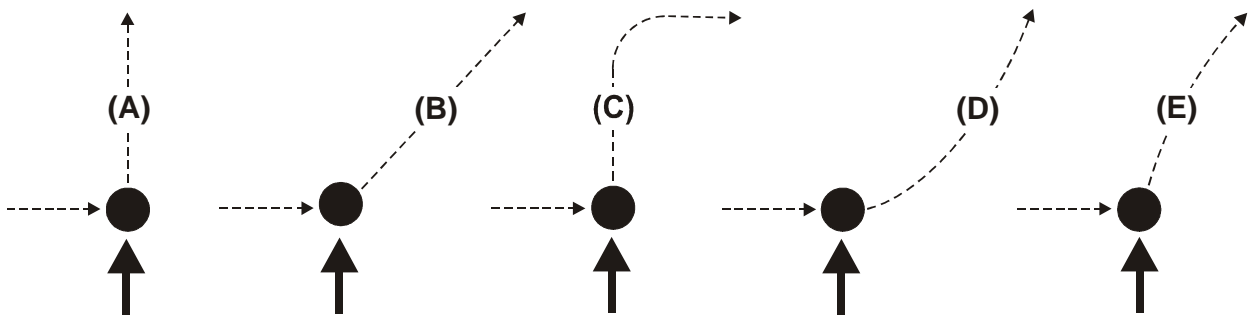


Pro zodpovězení dalších čtyř otázek (8 až 11) použijte následující text a obrázek:

Na obrázku pod textem je znázorněn hokejový puk, který klouže bez tření konstantní rychlostí v_0 po přímce z bodu P do bodu Q po vodorovné podložce. Odpor vzduchu můžeme zanedbat. Na puk se díváme shora. V bodě Q dostane puk krátký rychlý úder ve směru naznačeném velkou šipkou. Kdyby byl puk v bodě Q v klidu, pohyboval by se po tomto úderu rychlostí v_k ve směru úderu.



8. Která z trajektorií na obrázku nejlépe odpovídá pohybu puku po úderu?



9. Velikost rychlosti puku hned po úderu:

- (A) se rovná velikosti rychlosti v_0 , kterou se puk pohyboval před úderem.
- (B) se rovná velikosti rychlosti v_k způsobené úderem, která je nezávislá na rychlosti v_0 .
- (C) se rovná součtu velikostí rychlostí v_0 a v_k .
- (D) je menší než velikost kterékoliv z rychlostí v_0 a v_k .
- (E) je větší než velikost kterékoliv z obou rychlostí v_0 a v_k , ale je menší než součet velikostí rychlostí v_0 a v_k .

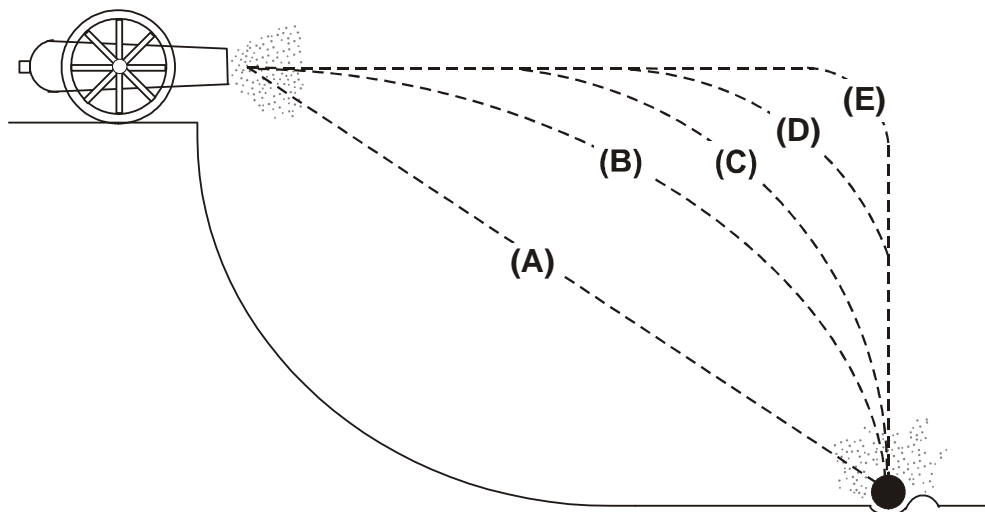
10. Když se puk po úderu pohybuje bez tření po trajektorii, kterou jste vybrali v otázce číslo 8, velikost jeho rychlosti:

- (A) je konstantní.
- (B) stále roste.
- (C) stále klesá.
- (D) chvíli roste, pak klesá.
- (E) je chvíli konstantní, pak klesá.

11. Jaké síly působí po úderu na puk, když se pohybuje bez tření po trajektorii, kterou jste zvolili v odpovědi na otázku číslo 8?

- (A) Gravitační síla působící směrem dolů.
- (B) Gravitační síla působící směrem dolů a vodorovná síla ve směru pohybu.
- (C) Gravitační síla působící směrem dolů, síla, kterou působí směrem vzhůru podložka, po níž se puk pohybuje, a vodorovná síla ve směru pohybu.
- (D) Gravitační síla působící směrem dolů a síla, kterou působí směrem vzhůru podložka.
- (E) Žádné síly na puk nepůsobí.

12. Z děla na útesu je vypálena koule. Která z trajektorií na obrázku nejlépe odpovídá pohybu koule?

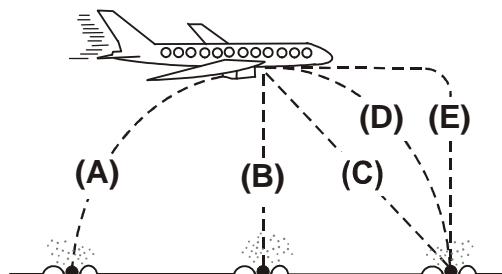


13. Chlapec vyhodí ocelovou kuličku svisle vzhůru. Uvažujte pohyb kuličky od chvíle, kdy opustí ruku chlapce do doby, než dopadne na zem. Odpor vzduchu zanedbejte.

Jaké síly (síla) působí na kuličku za těchto podmínek?

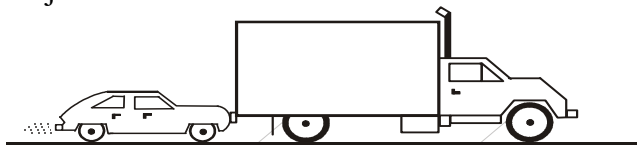
- (A) Gravitační síla působící směrem dolů a stále se zmenšující síla působící směrem nahoru.
- (B) Stále se zmenšující síla směrem nahoru, která na kuličku působí od okamžiku, kdy opustila ruku chlapce, do doby než dosáhne nejvyššího bodu své dráhy; na cestě dolů působí na kuličku stále rostoucí gravitační síla, protože se přibližuje k zemi.
- (C) Téměř konstantní gravitační síla směrem dolů a společně s ní působí síla směrem nahoru, která se stále zmenšuje, dokud kulička nedosáhne nejvyššího bodu. Na cestě dolů působí už pouze konstantní gravitační síla směrem dolů.
- (D) Působí jen téměř konstantní gravitační síla směrem dolů.
- (E) Žádná z výše popsaných možností. Kulička padá zpátky k zemi díky přirozené tendenci ležet v klidu na zemi.

14. Z nákladového prostoru letadla letícího vodorovně vypadne náhodně bowlingová koule. Která z trajektorií nejlépe odpovídá pohybu koule po vypadnutí z letadla z pohledu pozorovatele stojícího na zemi, který vidí letadlo tak, jak ukazuje obrázek?

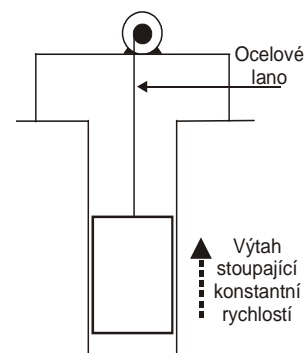


Pro zodpovězení dalších dvou otázek (15 a 16) použijte následující text a obrázek :

Velké nákladní auto se porouchalo na silnici mimo město a do města jej tlačí malé osobní auto, jak ukazuje obrázek.



- 15.** Když osobní auto tlačí nákladník zrychluje, aby dosáhlo požadované rychlosti:
- (A) je velikost síly, kterou tlačí osobní auto na nákladní, stejná jako velikost síly, kterou tlačí nákladní auto na osobní.
 - (B) je velikost síly, kterou tlačí osobní auto na nákladní, menší než velikost síly, kterou tlačí nákladní auto na osobní.
 - (C) je velikost síly, kterou tlačí osobní auto na nákladní, větší než velikost síly, kterou tlačí nákladní auto na osobní.
 - (D) motor osobního auta pracuje, takže osobní auto tlačí na nákladní. Motor nákladního auta nepracuje, proto nemůže nákladní auto tlačít zpátky na osobní auto. Nákladní auto je tlačeno dopředu jednoduše proto, že stojí v cestě osobnímu autu.
 - (E) auta na sebe vzájemně silami nepůsobí. Nákladní auto je tlačeno dopředu jednoduše proto, že stojí v cestě osobnímu autu.
- 16.** Poté, co osobní auto dosáhne stálé rychlosti, kterou jeho řidič chce tlačít nákladní automobil:
- (A) je velikost síly, kterou tlačí osobní auto na nákladní, stejná jako velikost síly, kterou tlačí nákladní auto na osobní.
 - (B) je velikost síly, kterou tlačí osobní auto na nákladní, menší než velikost síly, kterou tlačí nákladní auto na osobní.
 - (C) je velikost síly, kterou tlačí osobní auto na nákladní, větší než velikost síly, kterou tlačí nákladní auto na osobní.
 - (D) motor osobního auta pracuje, takže osobní auto tlačí na nákladní. Motor nákladního auta nepracuje, proto nemůže nákladní auto tlačít zpětně na osobní auto. Nákladní auto je tlačeno dopředu jednoduše proto, že stojí v cestě osobnímu autu.
 - (E) Auta na sebe vzájemně silami nepůsobí. Nákladní auto je tlačeno dopředu jednoduše proto, že stojí v cestě osobnímu autu.
- 17.** Výtah jede výtahovou šachtou konstantní rychlostí nahoru a je tažen ocelovým lanem, jak ukazuje obrázek. Tření (včetně odporu vzduchu) je zanedbatelné. Co platí pro síly působící na výtah v této situaci?
- (A) Síla, kterou působí lano směrem vzhůru, je větší než gravitační síla mířící dolů.
 - (B) Síla, kterou působí lano směrem vzhůru, je stejná jako gravitační síla mířící dolů.
 - (C) Síla, kterou působí lano směrem vzhůru, je menší než gravitační síla mířící dolů.
 - (D) Síla, kterou působí lano směrem vzhůru, je větší než součet gravitační síly mířící dolů a síly, kterou působí vzduch směrem dolů.
 - (E) Žádná z uvedených možností. (Výtah se pohybuje nahoru díky zkracování ocelového lana a ne kvůli tomu, že na něj působí lano silou směrem vzhůru.)



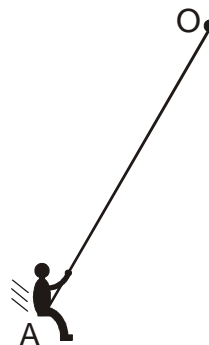
18. Na obrázku je chlapec, který se houpe na laně. Začal se houpat z místa položeného výše

než je bod A na obrázku. Uvažujte následující různé síly:

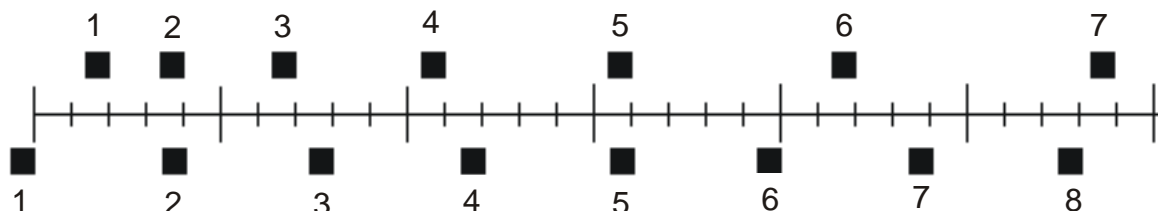
1. gravitační síla působící dolů
2. síla, kterou působí lano, mířící ve směru od bodu A do bodu O
3. síla ve směru chlapcova pohybu
4. síla mířící ve směru od bodu O do bodu A

Která (které) z těchto sil působí na chlapce v bodě A?

- (A) pouze 1
- (B) 1 a 2
- (C) 1 a 3
- (D) 1, 2 a 3
- (E) 1, 3 a 4



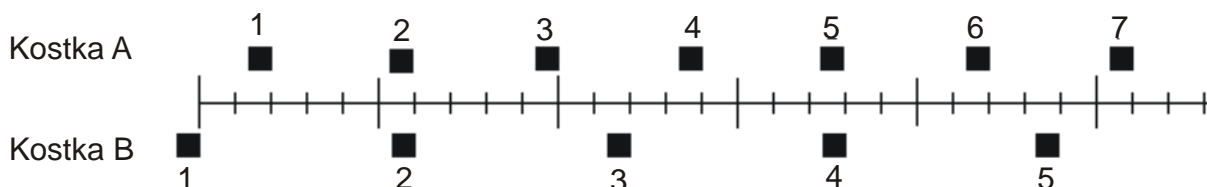
19. Očíslované čtverečky na obrázku znázorňují polohy dvou kostek zaznamenané v sobě následujících 0,20 sekundových intervalech. Kostky se plynule pohybují zleva doprava.



Mají kostky někdy v průběhu pohybu stejnou rychlost?

- (A) Nemají.
- (B) Ano, v poloze 2.
- (C) Ano, v poloze 5.
- (D) Ano, v poloze 2 a 5.
- (E) Ano, v nějakém čase mezi polohami 3 a 4.

20. Očíslované čtverečky na obrázku znázorňují polohy dvou kostek zaznamenané v sobě následujících 0,20 sekundových intervalech. Kostky se plynule pohybují zleva doprava.



Vztah mezi zrychleními těchto dvou kostek je následující:

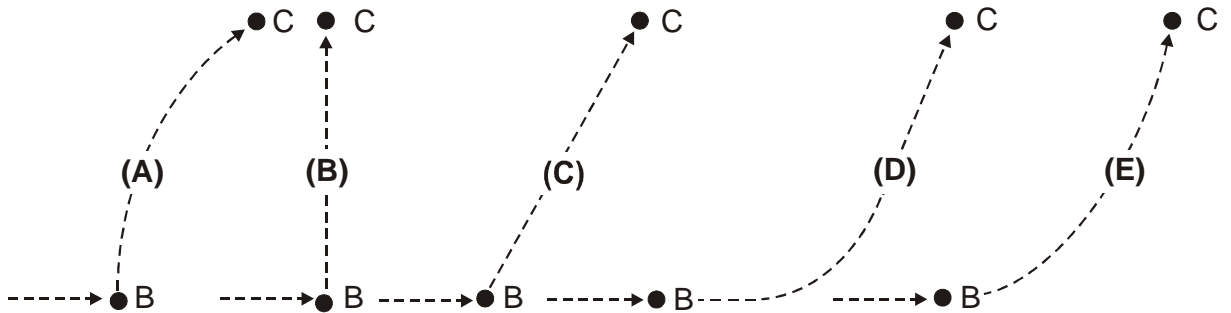
- (A) Zrychlení kostky A je větší než zrychlení kostky B.
- (B) Zrychlení kostky A se rovná zrychlení kostky B. Obě zrychlení jsou větší než nula.
- (C) Zrychlení kostky B je větší než zrychlení kostky A.
- (D) Zrychlení kostky A se rovná zrychlení kostky B. Obě zrychlení jsou nulová.
- (E) Pro zodpovězení otázky není dostatek informací.

Pro zodpovězení dalších čtyř otázek (21 až 24) použijte následující text a obrázek.

Raketa se ve vesmíru pohybuje z bodu A do bodu B, jak ukazuje obrázek. Na raketu nepůsobí žádné vnější síly. V bodě B se zapne motor rakety, který vyvíjí stálý tah (sílu působící na raketu) kolmo na přímkou AB. Motor je zapnut, dokud se raketa nedostane do bodu C.



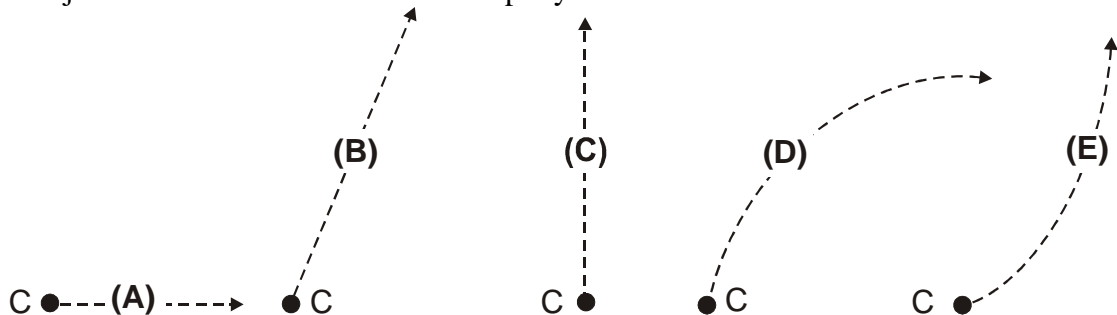
21. Která z trajektorií na obrázku nejlépe znázorňuje pohyb rakety mezi body B a C?



22. Když se raketa pohybuje z bodu B do bodu C, velikost její rychlosti:

- (A) je konstantní.
- (B) plynule roste.
- (C) plynule klesá.
- (D) chvíli roste, pak je konstantní.
- (E) chvíli je konstantní, pak klesá.

23. V bodě C se motor rakety vypne a jeho tah okamžitě klesne na nulu. Po které z trajektorií na obrázku se bude raketa pohybovat za bodem C?



24. Velikost rychlosti rakety za bodem „c“:

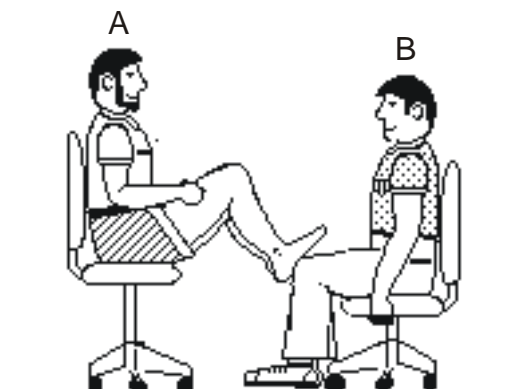
- (A) je konstantní.
- (B) plynule roste.
- (C) plynule klesá.
- (D) chvíli roste, pak je konstantní.
- (E) chvíli je konstantní, pak klesá.

25. Žena tlačí velkou krabici konstantní vodorovnou silou. V důsledku toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí v_0 po vodorovné podlaze. Konstantní vodorovná síla, kterou žena na krabici působí,:
- (A) je stejně velká jako tíha krabice.
 - (B) je větší než tíha krabice.
 - (C) je stejně velká jako celková síla kladoucí odpor pohybu krabice.
 - (D) je větší než celková síla kladoucí odpor pohybu krabice.
 - (E) je větší než tíha krabice a také než celková síla kladoucí odpor pohybu krabice.
26. Pokud žena z předchozí otázky zdvojnásobí konstantní vodorovnou sílu, jíž působí na tutéž krabici na stejné podlaze, pak se krabice bude pohybovat:
- (A) konstantní rychlostí, která bude dvojnásobná než rychlost v_0 z předchozí otázky.
 - (B) konstantní rychlostí, která bude větší než rychlost v_0 z předchozí otázky, ale nemusí být dvojnásobná.
 - (C) chvíli konstantní rychlostí vyšší než rychlost v_0 z předchozí otázky, pak se bude rychlost pořád zvyšovat.
 - (D) chvíli rostoucí rychlostí, pak už bude rychlost konstantní.
 - (E) plynule rostoucí rychlostí.
27. Pokud žena z otázky 25 přestane najednou na krabici působit silou, tak krabice:
- (A) se ihned zastaví.
 - (B) se bude chvíli pohybovat konstantní rychlostí, pak zpomalí a postupně zastaví.
 - (C) začne ihned zpomalovat, až se zastaví.
 - (D) se bude dále pohybovat konstantní rychlostí.
 - (E) na chvíli zvětší svoji rychlost, pak začne zpomalovat, až se zastaví.

28. Na obrázku vpravo vidíte studenta A, který váží 95 kg a studenta B, který váží 77 kg. Studenti sedí proti sobě na stejných pojízdných židlích.

Student A se opře bosýma nohama o studenta B, jak vidíte na obrázku. Student A se prudce odstrčí, přičemž uvede obě židle do pohybu.

Dokud se studenti během odstrkování stále dotýkají:



- (A) nepůsobí na sebe vzájemně žádnými silami.
- (B) student A působí silou na studenta B, ale student B na něj žádnou silou nepůsobí.
- (C) oba na sebe působí silami, ale B působí větší silou.
- (D) oba na sebe působí silami, ale A působí větší silou.
- (E) oba na sebe působí stejně velkými silami.

29. Prázdná kancelářská židle stojí v klidu na podlaze. Uvažujte následující síly:

1. gravitační síla mířící směrem dolů.
2. síla, kterou působí podlaha, mířící směrem nahoru.
3. výsledná síla mířící směrem dolů, kterou působí vzduch.

Které z těchto sil působí na židli?

- (A) pouze 1
- (B) 1 a 2
- (C) 2 a 3
- (D) 1, 2 a 3
- (E) žádná ze sil. (Protože se židle nepohybuje, nepůsobí na ni žádné síly.)

30. Přestože fouká silný vítr, podaří se tenistce trefit míček a přehrát jej přes síť na soupeřovu část hřiště. Vezměte v úvahu následující síly:

1. gravitační síla mířící směrem dolů
2. síla úderu do míčku
3. síla, kterou působí vzduch

Které ze sil působí na tenisový míček poté, co ztratí kontakt s raketou a než dopadne na zem?

- (A) pouze 1
- (B) 1 a 2
- (C) 1 a 3
- (D) 2 a 3
- (E) 1, 2 a 3