



**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ  
FAKULTA**  
Univerzita Karlova

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Jan Paclt

**Varianta testu Force Concept Inventory s různými  
reprezentacemi**

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Dana Mandíková, CSc.

Studijní program: Fyzika

Studijní obor: Fyzika zaměřená na vzdělávání

Praha 2019

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucí mé bakalářské práce RNDr. Daně Mandíkové CSc. za nadstandardní ochotu a pomoc při tvorbě práce a za její rady a podrobné připomínky k sepsaným textům. Dále bych chtěl poděkovat RNDr. Petru Kácovskému, Ph.D., Mgr. Matěji Rystonovi a dalším členům Katedry didaktiky fyziky za korekturu překladu R-FCI testu po stránce jazykové i vědecké. Velké díky patří rovněž všem vyučujícím, kteří mi umožnili realizaci průzkumu ve svých třídách, a žákům a studentům, kteří se průzkumu zúčastnili.

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

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

V Praze dne 16.7. 2019

Jan Paclt

Název práce: **Varianta testu Force Concept Inventory s různými reprezentacemi**

Autor: Jan Paclt

Katedra: Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Dana Mandíková, CSc., Katedra didaktiky fyziky

Abstrakt: V rámci bakalářské práce byl přeložen do češtiny test Representational variant of the force concept inventory (R-FCI), který slouží k diagnostikování prekonceptí o síle a pohybu u žáků středních škol. Dále byl prostřednictvím tohoto testu proveden průzkum v několika třídách na českých středních školách a v prvním ročníku oboru fyziky se zaměřením na vzdělávání na MFF UK. Test byl zadán před započítím výuky dynamiky a po jejím ukončení. Výsledky průzkumu byly zpracovány a využity k diskuzi žákovských miskonceptí a úspěšnosti jejich potlačení při školní výuce. Práce je rozdělena do tří částí. V první části je představen test R-FCI a způsob zpracování výsledků průzkumu. Ve druhé části jsou uvedeny a interpretovány výsledky jednotlivých skupin studentů, kterým byl test zadán. Ve třetí části je dále uvedena diskuze nejčastějších přetrvávajících žákovských miskonceptí a úspěšnosti jejich identifikace pomocí testu R-FCI a porovnání výsledků průzkumu s výsledky průzkumu provedeného P. Nieminem, A. Savinainem a J. Viirim roku 2010.

Klíčová slova: konceptuální test, různé reprezentace, dynamika, středoškolští studenti

Title: **The Representational Variant of the Force Concept Inventory**

Author: Jan Paclt

Department: Department of Physics Education

Supervisor: RNDr. Dana Mandíková, CSc., Department of Physics Education

Abstract: The goal of this bachelor thesis was to translate the Representative variant of the force concept inventory test (R-FCI), which is used to diagnose preconceptions about force and motion of secondary school pupils, into Czech. In addition, the test was conducted in several classes at various czech secondary schools and was also given to the students of physics with specialization in education at the Faculty of mathematics and physics, Charles university in Prague. The participants were given the test before and after the basics of newtonian mechanics were discussed in class. The results of the survey were processed and used to discuss pupils' misconceptions and the success of their suppression as a result of teaching. The thesis is divided into three parts. The first part introduces the R-FCI test and the way the survey results are processed. The second part presents and interprets the results of individual groups in which the test was conducted. The third part consists of discussion of the most frequent pupils' misconceptions and of the success of their identification using the R-FCI test. Finally, the results of the survey are compared with the research conducted by P. Nieminen, A. Savinainen and J. Viiri in 2010.

Key words: conceptual test, various representations, dynamics, secondary school students

<b>Obsah</b>	
<b>1. Úvod</b>	<b>1</b>
1.1. Předmluva	1
1.2. Cíl a struktura práce	1
1.3. Použitá literatura	2
<b>2. Představení testu R-FCI a způsobu zpracování výsledků</b>	<b>4</b>
2.1. Cíl a forma průzkumu	4
2.2. Způsob zpracování výsledků	10
<b>3. Výsledky průzkumu provedeného na středních školách</b>	<b>13</b>
3.1. Výsledky průzkumu na střední škole P	13
3.2. Výsledky průzkumu na gymnáziu S	26
3.3. Výsledky průzkumu na gymnáziu C	32
3.4. Výsledky průzkumu na gymnáziu N	37
<b>4. Výsledky průzkumu provedeného na MFF UK</b>	<b>47</b>
<b>5. Porovnání výsledků s finským průzkumem, diskuze</b>	<b>53</b>
5.1. Porovnání výsledků s finským průzkumem	53
5.2. Diskuze častých miskonceptů	55
5.3. Názor některých vyučujících na R-FCI	60
<b>Závěr</b>	<b>62</b>
<b>Seznam použité literatury</b>	<b>63</b>
<b>Přílohy</b>	<b>64</b>
Příloha A: Pokyny pro zadávajícího	64
Příloha B: Arch pro zaznamenání odpovědí	66
Příloha C: Zadání R-FCI testu v češtině	67

# 1. Úvod

## 1.1. Předmluva

Ačkoliv se formálně s pojmy jako *síla, práce, energie, výkon, náboj, proud* aj. seznamujeme většinou na druhém stupni základní školy nebo na nižším stupni gymnázia, již od dětství tyto pojmy - mezi vědci či techniky dobře definované a provázané - s větší či menší frekvencí slyšíme a používáme v běžném životě. To často umožňuje intuitivně a efektivně popsat jevy, které pozorujeme, a posluchač nám většinou stejně tak intuitivně rozumí. Vytváříme si tím pomyslnou mapu pojmů, které dáváme na základě každodenní zkušenosti do souvislostí a přikládáme jim nějaký význam - vytváříme si takzvané prekoncepce.

Přestože mohou být tyto prekoncepce mnohdy užitečné a jejich vytváření nevyhnutelné, nemusejí být a zpravidla také nejsou slučitelné s vědeckým pojetím dotýčné problematiky. Důvodem je to, že v běžném životě většinou neuvažujeme všechny aspekty a činitele, které ovlivňují vývoj sledovaných jevů. Když například hodíme z okna domu svazek klíčů a balonek napuštěný vzduchem a porovnáme dobu jejich pádu, je nasnadě vyvodit z pozorování závěr, že těžší předměty mají přirozenou tendenci padat k zemi rychleji. V rámci školní výuky se pak dozvídáme o platnosti Archimédova zákona, později i o tom, jak ovlivňuje pohyb objektů odpor prostředí v závislosti na jejich tvaru a rychlosti vůči prostředí. To však může jen velmi pomalu vést k rekonstrukci prekonceptů a chybných představ, tzv. miskonceptů, které si vytváříme již od útlého věku. To je pak pomyslnou brzdou, která brání hlubšímu pochopení problematiky, připojování dalších pojmů do již zmíněné mapy, jejich dobrému provázání s termíny, které jsme si již osvojili a vytváření vědecky správné hierarchie mezi nimi.

Pro vyučující fyziky na základních či středních školách, případně pro vedoucí cvičení z mechaniky na univerzitách, je výhodné prekoncepce a zejména miskoncepce u svých žáků (studentů) odhalovat, aby mohly být efektivně přeměněny v konzistentní vědecky správný systém.

## 1.2. Cíl a struktura práce

Cílem této práce je představit test FCI (Force Concept Inventory) s různými reprezentacemi (R-FCI), nástroj, který může být nápomocný jako indikátor

miskoncepcí v newtonovské mechanice. Ústředním zkoumaným pojmem je tak síla a její souvislost s kinematickými veličinami. V rámci práce byl rovněž s pomocí tohoto nástroje proveden a zpracován průzkum v prvních ročnících středních škol a také mezi posluchači úvodního kurzu fyziky na univerzitě. Respondenty tedy byli žáci a studenti, kteří již v době začátku průzkumu v nějaké formě absolvovali školní výuku newtonovské mechaniky a zároveň s nimi v průběhu průzkumu byla tato problematika dále diskutována v rámci vyššího stupně vzdělávání.

Práce je rozdělena do tří částí. V první části je představen test R-FCI a způsob zpracování výsledků průzkumu. Ve druhé části jsou uvedeny a interpretovány výsledky jednotlivých skupin studentů, kterým byl test zadán. Ve třetí části je dále uvedena diskuze nejčastějších přetrvávajících žákovských miskoncepcí a úspěšnosti jejich identifikace pomocí testu R-FCI a porovnání výsledků průzkumu s výsledky průzkumu provedeného P. Nieminem, A. Savinainem a J. Viirim roku 2010.

### 1.3. Použitá literatura

Ústřední literaturou, ze které práce vychází, je článek *Force Concept Inventory-based multiple choice test for investigating students' representational consistency* [1], ve kterém byl roku 2010 představen test R-FCI spolu s výsledky průzkumu provedeného na vzorku přibližně stovky žáků finské střední školy. Jsou převzaty způsoby zpracování výsledků, které byly v tomto článku rovněž detailně popsány. Samotný test R-FCI použitý při realizaci této práce je pak českým překladem jeho anglické verze.

Výpočet normalizovaného zisku a jeho interpretace byly převzaty z článku *Interactive-engagement versus traditional methods...* [3] publikovaného roku 1998 Richardem R. Hakeem, kde byl normalizovaný zisk zaveden za účelem exaktního zhodnocení dopadu výuky na formování představ žáků diagnostikovaného testy jako je MD (Mechanics diagnostic test) a v té době aktuálním FCI [2].

Dále jsem se při tvoření struktury práce inspiroval diplomovou prací Dity Čížkové *Prekoncepce studentů o síle a pohybu* [4], která byla v jedné ze svých částí zaměřena na diagnostikování prekonceptů prostřednictvím testu FCI a v níž byly také zpracovávány výsledky průzkumu prováděného prostřednictvím tohoto testu.

Téma zkoumání žákovských miskoncepcí prostřednictvím úloh testu FCI v různých reprezentacích již bylo zpracováváno Ivou Jakubskou v diplomové práci *Strategie žáků*

*při řešení úloh z mechaniky zkoumané metodou oční kamery [5]. V průzkumu byly využity úlohy týkající se druhého a prvního Newtonova zákona, konkrétně úlohy o raketě (viz str. 6).*

## 2. Představení testu R-FCI a způsobu zpracování výsledků

### 2.1. Cíl a forma průzkumu

Force Concept Inventory (FCI) [2], publikovaný roku 1992 Davidem Hestensem, Malcolmem Wellsem a Greggem Swackhamerem, je test týkající se samotných základů newtonovské mechaniky. Obsahem plného testu je 29 úloh s výběrem odpovědí o působení sil a pohybu makroskopických objektů, při jejichž řešení je ze strany žáků vyžadována přímočará aplikace jednoho ze tří Newtonových zákonů, gravitačního zákona nebo kombinace předešlého. Jedním z cílů testu je prověřit u žáků středních škol či nastupujících posluchačů univerzitních kurzů fyziky schopnost těchto aplikací a zejména odhalit jejich zažitě představy o síle a pohybu v makrosvětě, které nejsou konzistentní s vědeckým pojetím této problematiky. Detekce těchto takzvaných miskonceptů je dosaženo vhodnou volbou souboru nabízených odpovědí, který kromě správné odpovědi vždy zahrnuje i řešení, která nám může nabídnout intuitivní pohled na svět bez hlubší znalosti vědeckého pojetí mechaniky. Jsou nabízeny především varianty, které

- odpovídají aristotelovským představám o pohybu (pohybuje-li se těleso, musí vždy ve směru pohybu působit nenulová výsledná síla) a možnosti sílu v tělesech „konzervovat“, tedy hnát objekt vpřed, ačkoliv k silovému působení již nedochází
- přisuzují při interakci dvou různě hmotných těles hmotnějšímu z nich schopnost působit na méně hmotné větší silou
- v případě padání těles podporují myšlenku, že hmotnější tělesa padají k zemi rychleji

Druhým cílem zadání testu je efektivně zhodnotit dopad výuky mechaniky na žáky. Tohoto cíle je dosaženo zadáním testu před začátkem výuky a po jejím ukončení (pre-test a post-test). Pro oba výše uvedené účely se test ukázal jako velmi vhodný a efektivní [6].

The Representational Variant of the Force Concept Inventory (R-FCI) přímo vychází z testu FCI svým účelem i povahou úloh, které jsou v něm obsaženy. Bylo převzato devět úloh z jeho varianty publikované roku 1995. Každá z těchto devíti úloh je v testu reprezentována třemi otázkami, v každé z nich je vybrána jiná vhodná reprezentace problému. Konkrétně se jedná o reprezentace:



- **slovní:** od řešitele je požadován výběr co nejpřesnějšího popisu vývoje pohybu objektu nebo tvrzení o vlastnostech sil působících na objekt
- **vektorové:** úkolem žáka je vybrat správné znázornění a výčet sil působících na objekt nebo porovnat velikost a vzájemný směr působících sil
- **grafické:** je požadován výběr grafu znázorňujícího vývoj sledované veličiny (typicky rychlosti) v závislosti na čase
- **sloupcovými diagramy:** je požadován výběr diagramu správně popisujícího poměr velikostí sil uvažovaných v dané situaci, případně porovnání velikostí jiných veličin
- **záznam pohybu:** je nabídnuto několik možností vývoje změny polohy sledovaného objektu v čase

Důvodem pro zkomponování testu z takto vybraných devíti trojic otázek je požadavek na ověření konzistence uvažování žáků. Možnosti odpovědí u jednotlivých úloh mají v každé reprezentaci sobě odpovídající protějšky. Jestliže žák k jednotlivým problémům navrhuje řešení, která jsou logicky v souladu, vypovídá to o konzistenci jeho uvažování. Pokud vybírá správná řešení, můžeme konzistentní uvažování považovat za přesvědčivý důkaz o učení a pozitivním dopadu výuky. Jestliže jsou odpovědi žáka nesprávné, ale konzistentní, lze usoudit, že má vybudované o síle a pohybu těles silně zakořeněné miskoncepce. V tomto ohledu by tedy test R-FCI mohl být efektivnějším nástrojem pro odhalování zažitých představ žáků, neboť indikuje, zda se volba odpovědí zakládá na přesvědčení žáka, nebo zda je jeho uvažování nestrukturované. Navíc je možné odhalit, zda je některá z reprezentací úloh žáky více preferovaná v tom smyslu, že vede k častějšímu výskytu správných řešení. Vyučující tedy může získat informaci, které způsoby znázornění problému jsou pro danou třídu obtížnější a je třeba se jim více věnovat. Stejně jako při FCI testování se v tomto případě provádí průzkum prostřednictvím pre-testu a post-testu.

Samotná témata úloh v R-FCI jsou:

- **I. Newtonův zákon;** jemu jsou věnovány dvě úlohy, které odhalují různé úrovně jeho pochopení. U jedné z úloh je vyžadována pouze přímočará aplikace tvrzení, že v případě, kdy na objekt nepůsobí žádné síly, je jeho pohyb rovnoměrný přímočarý. Druhá úloha na toto téma již předkládá komplikovanější problém. Je třeba rozhodnout o velikosti sil, které působí na objekt pohybující se

rovnoměrně přímočaře. Pro správné řešení je tedy nutné uvažovat nad součtem těchto sil a mít vybudované hlubší souvislosti v newtonovské mechanice.

- **II. Newtonův zákon;** téma je opět pokryto dvěma úlohami. V jedné z nich je úkolem předpovědět pohyb tělesa, na které působí jediná konstantní síla, ve druhé je vyžadováno posoudit průběh rychlosti tělesa v čase, jestliže víme, že před okamžikem  $t_0$  byla jeho rychlost konstantní a nenulová a na těleso tehdy působila mimo jiné známá síla, která se v čase  $t_0$  zdvojnásobila. Opět se tedy jedná o složitější aplikační úlohu testující hlubší pochopení problematiky.
- **III. Newtonův zákon;** k němu se vztahují dvě úlohy, které se z pohledu obtížnosti mohou jevit rovnocenné. Obě úlohy nabízejí řešení, které odpovídá představě, že hmotnější těleso při interakci s méně hmotným působí větší silou. Úlohy se liší tím, že v jedné z nich je hmotnost interagujících objektů řádově odlišná, zatímco ve druhé je hmotnost odlišná jen mírně.
- **gravitační působení,** kterému jsou věnovány tři úlohy. Jedna z úloh nabízí aplikaci představy, že hmotnější objekty padají rychleji. Druhá a třetí úloha jsou uvedeny s cílem odhalit u žáků aristotelovské představy o síle a pohybu. Nabízejí možnost, že na pohybující se těleso působí síla, která způsobila jeho urychlení a uvedení do pohybu po celou dobu, kdy sledujeme jeho trajektorii, typicky tedy před dopadem na zem.

Níže uvádím stručně obsah jednotlivých úloh spolu s očekávanými miskoncepce, aby se čtenář mohl snáze orientovat ve výsledcích průzkumu. Za názvem úlohy je v závorce uvedena zkratka, kterou dále užívám k jejímu označení v grafech. Kompletní zadání testu se všemi 27 úlohami, kde je každá z 9 úloh uvedena ve třech reprezentacích, je k nahlédnutí v příloze C práce.

1) Gravitační působení: Padající kuličky (G: Kuličky)

**Situace:** Dvě stejně velké kovové kuličky jsou puštěny ze střechy jednopodlažní budovy, jedna z nich je dvakrát těžší, než druhá. Úkolem je porovnat dobu pádu pro obě kuličky od okamžiku puštění do dopadu na zem.

**Očekávané miskoncepce:** Těžší kulička dopadne na zem výrazně dříve, než lehčí, případně dokonce za poloviční čas. Je třeba dodat, že v této úloze není explicitně řečeno, že je možné zanedbat odpor vzduchu, pouze informace, že jsou kuličky puštěny z malé výšky, napovídá, že rychlost kuliček před dopadem na zem nebude příliš velká a odpor vzduchu dobu pádu kuliček příliš neovlivní.

2) Newton III: Srážka dvou vozů (NIII: Srážka vozů)

**Situace:** Kamion se čelně srazí s osobním vozem. Úkolem je porovnat velikost sil, kterými působí kamion na vůz a vůz na kamion.

**Očekávané miskoncepce:** Kamion působí na osobní vůz větší silou, než je tomu naopak.

3) Newton II: Žena tlačí krabici (NII: Žena tlačí krabici)

**Situace:** Žena tlačí velkou krabici, která se pohybuje po vodorovné podložce konstantní rychlostí. V jeden okamžik žena sílu, kterou na krabici působí, zdvojnásobí. Úkolem je posoudit vývoj rychlosti krabice v čase poté, co došlo ke zdvojnásobení síly.

**Očekávané miskoncepce:** Po zdvojnásobení velikosti síly ve směru pohybu dojde k okamžitému zdvojnásobení rychlosti, případně dojde po chvíli plynulého růstu rychlosti k jejímu ustálení, ačkoliv výslednice sil je stále nenulová.

4) Gravitační působení: Vrh svislý (G: Svislý vrh)

**Situace:** Chlapec vyhodí ocelovou kuličku svisle vzhůru. Odpor vzduchu je v této situaci zanedbatelný. Úkolem je určit, jaké síly budou působit na kuličku od okamžiku, kdy opustila chlapcovu ruku do chvíle, než dopadne na zem a porovnat jejich velikost.

**Očekávané miskoncepce:** Na kuličku bude působit i po opuštění chlapcovy ruky síla „hodu“ směrem vzhůru, případně se bude v závislosti na poloze měnit síla, kterou je kulička přitahována k zemi. Lze očekávat, že tato úloha bude pro řešitele náročná, protože podporuje aplikaci představy, že síla je v objektu uvedeném touto silou do pohybu „zakonzervována“ a v čase ubývá, navíc je pro správné řešení třeba mít vybudovaný koncept tíhové síly a jejích vlastností.

Otázka týkající se svislého vrhu ve vektorové reprezentaci byla jako jediná rozdělena do tří podotázek. Úkolem bylo popsat velikost a směr sil působících na vrženou kuličku okamžitě po opuštění chlapcovy ruky, v nejvyšším bodě trajektorie kuličky a těsně před dopadem na zem. Tato otázka byla hodnocena jako správně vyřešená pouze v případě, že žák zvolil správný popis ve všech třech situacích.

- 5) Newton I: Výtah jedoucí konstantní rychlostí (NI: Výtah jedoucí vzhůru)  
**Situace:** Výtah jede vzhůru šachtou a je tažen ocelovým lanem. Jeho rychlost je konstantní. Tření včetně odporu vzduchu je zanedbatelné. Úkolem je porovnat velikost sil působících na výtah.  
**Očekávané miskoncepce:** Lano táhne výtah větší silou, než jakou je výtah přitahován k zemi, což je důvod, proč se pohybuje právě směrem vzhůru.
- 6) Newton II: Raketa (NII: Raketa)  
**Situace:** Raketa se pohybuje ve vesmíru a nepůsobí na ni žádné vnější síly. V čase  $t_0$  je zapnut motor rakety, který až do okamžiku  $t_8$  působí na raketu konstantní silou ve směru původního pohybu rakety. Úkolem je určit vývoj rychlosti rakety v čase.  
**Očekávané miskoncepce:** Úloha je v tomto ohledu podobná úloze 3), očekávanou chybnou odpovědí je, že se rychlost po chvíli růstu ustálí. Vzhledem k tomu, že na raketu působí v popsané situaci jen jedna síla, lze očekávat, že bude tato úloha oproti úloze 3) pro žáky méně náročná.
- 7) Newton I: Raketa (NI: Raketa)  
**Situace** je stejná, jako v předchozí úloze. Otázkou je, jak se bude v čase vyvíjet rychlost rakety po vypnutí motoru.  
**Očekávané miskoncepce:** Rychlost rakety začne po vypnutí motoru klesat, ačkoliv na ni nepůsobí vnější síly.
- 8) Newton III: Studenti na židlích (NIII: Studenti na židlích)  
**Situace:** Dva studenti, jeden o hmotnosti 75 kg, druhý o hmotnosti 57 kg, sedí naproti sobě na kolečkových židlích. Těžší student se o lehčího zapře nohama a odrazí se. Jakými silami na sebe v tu chvíli působí a jaký je vzájemný poměr těchto sil?  
**Očekávané miskoncepce:** Podobně, jako v úloze 2) – těžší student bude na lehčího působit větší silou.
- 9) Gravitační působení: Tenisový míček odražený raketou (G: Tenis)  
**Situace:** Ačkoliv fouká silný vítr, podaří se tenistce udeřit raketou do tenisového míčku tak, že dopadne na soupeřovu část hřiště. Jaké síly působí na míček od okamžiku těsně po odrazu od rakety do chvíle, než dopadne na zem?

**Očekávané miskoncepce:** Tato úloha má podobnou povahu, jako úloha 4). Stejně tak lze očekávat, že její řešení bude pro žáky složité a uplatní se představa, že na míček působí síla, která na něj byla přenesena při úderu rakety.

Překlad testu byl kromě vedoucí práce revidován RNDr. Petrem Kácovským, Ph.D., RNDr. Marií Snětinovou, Ph.D. a Mgr. Matějem Rystonem. Test byl pilotně zadán v polovině září roku 2018 dvaceti žákům osmiletého gymnázia. Čtrnáct z nich navštěvovalo poslední, resp. předposlední ročník (oktáva, resp. septima), šest z nich ekvivalent druhého ročníku čtyřletého gymnázia (sexta). V rámci této pilotáže upozornili žáci při řešení na některé drobné nedostatky v zadání testu.

Zadání R-FCI proběhlo v rámci mého výzkumu ve čtyřech třídách na pražských gymnáziích, ve dvou třídách na střední průmyslové škole a na MFF UK v rámci cvičení z mechaniky oboru FMUZV (Fyzika zaměřená na vzdělávání) ve školním (akademickém) roce 2018/2019. Pre-test byl zadán vždy před začátkem výuky dynamiky v těchto třídách, post-test pak v rámci možností co nejdříve po jejím skončení. V následující tabulce 2.1 jsou uvedeny stručné informace o zadání pre-testů a post-testů na jednotlivých školách. Uvedené počty respondentů neodpovídají skutečnému počtu žáků, kteří test vyplňovali, nýbrž jde o počty testů, které byly vybrány ke zpracování. Zpracovány byly jen práce žáků, kteří vyplnili oba testy a zároveň v obou testech vyplnili všechny odpovědi. Potřeba tohoto postupu bude ozřejmena v následující podkapitole věnované způsobu zpracování výsledků.

<b>Tabulka 2.1.: Přehled respondentů</b>					
<b>Škola</b>	<b>třída</b>	<b>zadání pre-testu</b>	<b>zadání post-testu</b>	<b>počet žáků</b>	<b>dodatečné informace</b>
SPŠ P	1L	22.10.2018	18.2.2019	16	zadáno vyučujícím
	1D	22.10.2018	18.2.2019	11	zadáno vyučujícím
Gymnázium S	S	14.09.2018	20.03.2019	26	zadáno vyučujícím
Gymnázium N	1A	31.10.2018	03.04.2019	19	zadáno vyučujícím
	1B	19.11.2018	06.03.2019	11	zadání osobně
Gymnázium C	C	17.12.2018	17.06.2019	14	zadáno vyučujícím
MFF UK	FMUZV	01.10.2018	19.11.2018	15	zadáno cvičícím
Osmileté gymnázium M	Pilotáž	září 2018	-----	20	zadání v rámci semináře na MFF UK

V poslední části práce budou výsledky českých středoškoláků porovnány s výsledky průzkumu [1]. Porovnána bude konzistence podle reprezentací a ve správnosti odpovědí.

## 2.2. Způsob zpracování výsledků

Výsledky R-FCI testu jsou zpracovány pro každou testovanou třídu zvlášť. Byly zpracovány výsledky žáků, kteří

- a) absolvovali pre-test i post-test, aby bylo porovnání průměrných zisků za úlohy relevantní, a zároveň
- b) vyplnili v obou testech všechny odpovědi, aby mohla být správně posouzena konzistence odpovědí u všech úloh napříč všemi reprezentacemi.

U všech tříd jsou nejprve uvedeny relativní četnosti správných odpovědí u jednotlivých žáků v pre-testu a v post-testu a průměrná úspěšnost za celou třídu spolu s diskuzí, na kolik je aritmetický průměr dobrým charakteristickým znakem. Z průměrných úspěšností za pre-test a post-test určí tzv. normalizovaný zisk [3] (ozn.  $g$ ), který lze použít ke kvantifikaci efektivity výuky.

$g$  je dáno vztahem:

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

Je vidět, že platí:  $g \leq 1$ , přičemž  $g = 1$  odpovídá nejpriznivějšímu možnému výsledku, kdy je průměrný výsledek post-testu 100 %. Normalizovaný zisk může dosáhnout i záporných hodnot, a to v případě, že je výsledek za pre-test horší, než za post-test. Dle Hakeho lze usoudit z normalizovaného zisku následující [3]:

- $g \geq 0,7$ : dopad výuky na žáky ve třídě je vysoký
- $0,7 > g \geq 0,3$ : dopad výuky na žáky je mírný
- $0,3 > g$ : dopad výuky je nízký

Dále je u každé třídy uvedena relativní četnost správných odpovědí žáků v jednotlivých otázkách. Otázky jsou seskupeny po jednotlivých tématech namísto pořadí, v jakém se objevují v testu, aby byla zřetelně naznačena konzistence žáků v řešení úlohy napříč reprezentacemi a aby bylo na první pohled zhodnotitelné porozumění žáků jednotlivým testovaným tématům. V této části vyhodnocení je

zahrnut také normalizovaný zisk pro jednotlivé otázky. Je tedy vidět jednak zlepšení žáků v řešení otázek a jednak to, v jakých oblastech mechaniky přetrvávají i po absolvování školní výuky mechaniky miskoncepce. Připojena je i tabulka obsahující relativní četnost zvolených odpovědí u každé otázky. Ta je podkladem pro identifikaci zmíněných miskonceptů, které jsou u každé třídy stručně shrnuty. Problematickým úlohám je pak věnována pozornost v závěrečné diskuzi.

Dalším klíčovým bodem zpracování výsledků průzkumu je vyhodnocení konzistence uvažování žáků nad úlohami, které je provedeno způsobem použitým již v původním finském výzkumu [1]. Je hodnocena konzistence v řešení úloh obecně, tedy zda spolu odpovědi žáka ve třech reprezentacích jedné úlohy korespondují bez ohledu na správnost, a konzistence ve správnosti odpovědí, tzv. vědecká konzistence. Žáci mohli za každou z devíti úloh získat

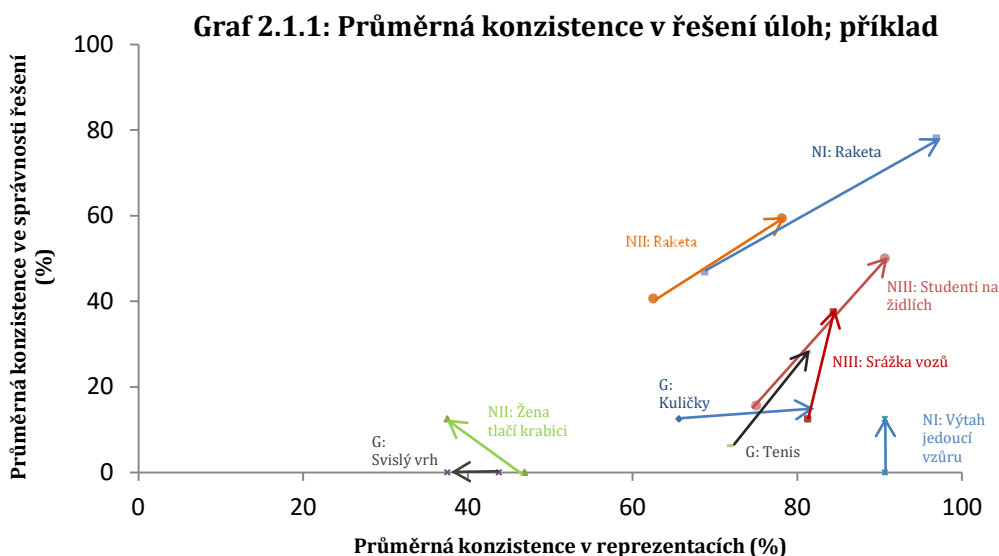
- a) 2 body, jestliže jejich odpovědi byly konzistentní napříč všemi třemi reprezentacemi úlohy a 2 body ve prospěch vědecké konzistence, jestliže všechny tři odpovědi byly správné
- b) 1 bod, jestliže dvě ze tří řešení si odpovídala podle reprezentace, stejně tak je tomu u vědecké konzistence, tedy dvě ze tří řešení byla správná
- c) 0 bodů, jestliže odpovědi nebyly konzistentní (žádná shoda, co se reprezentací týče a jedno nebo žádné správné řešení)

Abychom získali charakteristický znak pro celou třídu, je vypočítán průměrný bodový zisk třídy. K ohodnocení tohoto výsledku využijeme škálu nastavenou Nieminenem, Savinainenem a Viirim [1], uvažování žáků tedy považujeme za:

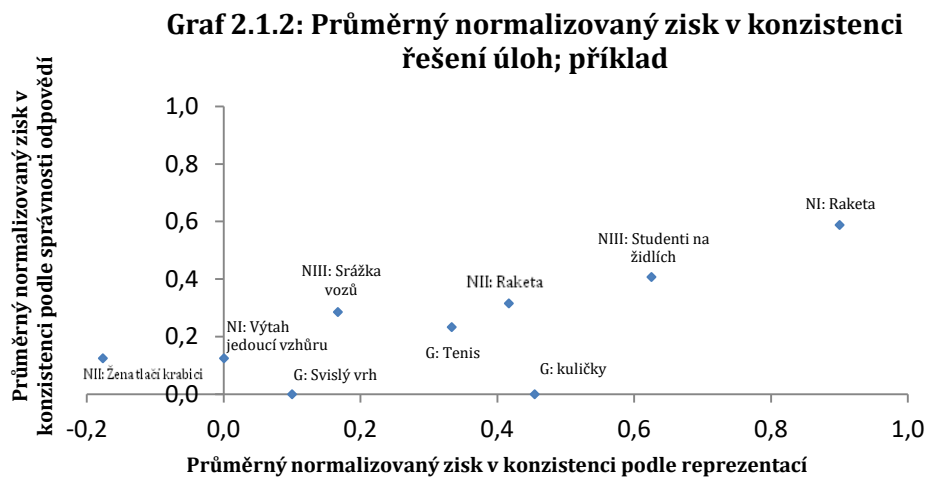
- konzistentní, jestliže průměr u úlohy je za třídu větší, než 1,7 (85 % maxima a více)
- málo konzistentní, jestliže průměr leží mezi 1,2 až 1,7 (60 % – 85 % maxima)
- nekonzistentní, jestliže průměr je menší, než 1,2 (méně než 60 % maxima)

V příslušném grafu je na vodorovné ose vynesena průměrná konzistence žáků napříč reprezentacemi a na svislé ose průměrná konzistence ve správnosti odpovědí. Výsledky každé úlohy během testování jsou pak reprezentovány bodem v tomto grafu. Jsou znázorněny zároveň výsledky pre-testu a post-testu, a to pomocí dvou bodů, mezi nimiž je vedena šipka směřující od výsledku prvního testování ke druhému. Požadovaný vývoj v uvažování žáků, tedy posun v konzistenci odpovědí jak obecně, tak co do

vědecké správnosti, indikuje šipka směřující v grafu vpravo vzhůru. Pro názornost níže uvádím příklad takového zpracování výsledků na grafu 2.1.1.



Nakonec jsou u každé třídy uvedeny průměrné normalizované zisky za konzistenci odpovědí podle reprezentací a podle správnosti odpovědí vypočítané způsobem popsaným již dříve. Způsob zpracování těchto výsledků může vypadat například jako v grafu 2.1.2:





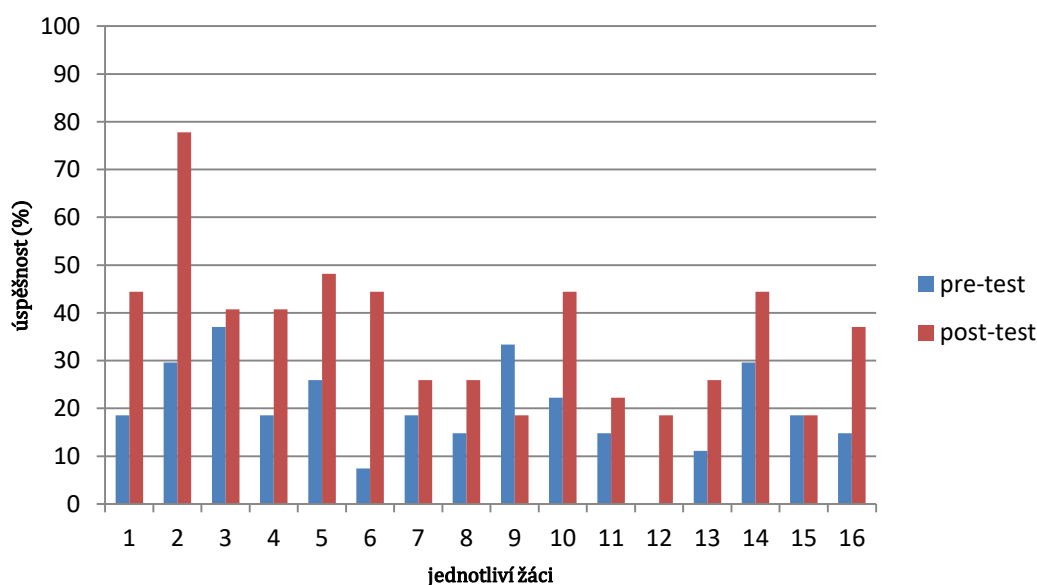
### 3. Výsledky průzkumu provedeného na středních školách

#### 3.1. Výsledky průzkumu na střední škole P

##### 3.1.1. Výsledek třídy 1L

Nejprve uvádím úspěšnost v řešení testu u jednotlivých žáků ( $n=16$ ) technického lycea ve třídě 1L v pre-testu a v post-testu (graf 3.1.1). Před absolvováním pre-testu byli žáci již seznámeni se středoškolským učivem kinematiky a znali tedy veličinu zrychlení. Ve třídě byly vyučovány tři až čtyři hodiny fyziky týdně.

**Graf 3.1.1: Úspěšnost jednotlivých žáků (pre-test a post-test)**



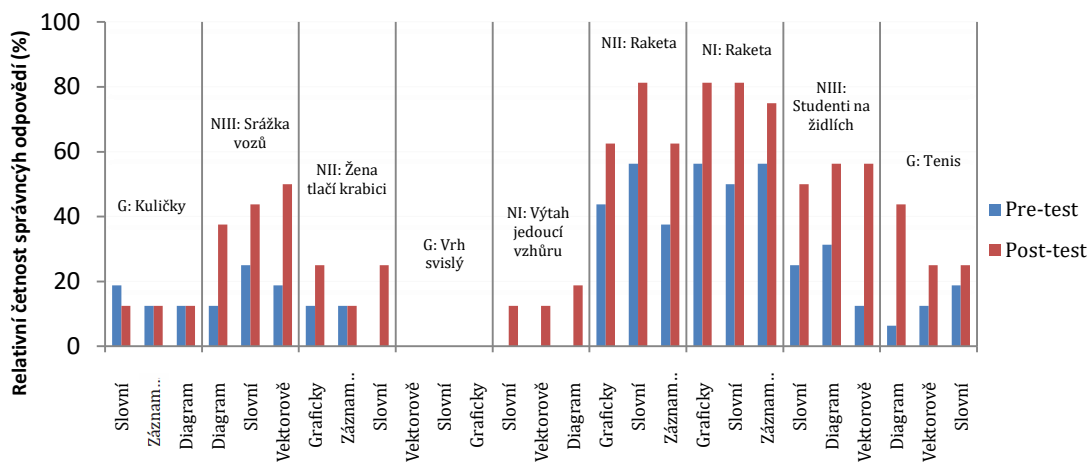
Průměrná úspěšnost žáků v pre-testu byla přibližně 20 %. Tento aritmetický průměr lze vzhledem k málo odlišnému počtu dosažených bodů napříč jednotlivými žáky považovat za dobrý charakteristický znak pro testovaný vzorek. Z výše uvedeného výsledku můžeme usuzovat na obecně malou obeznámenost testovaných žáků s dynamikou hmotného bodu a také na časté miskoncepce o síle a pohybu v době absolvování pre-testu. Konkrétním zjištěným miskoncepším se budu věnovat v odstavcích níže.

Post-test žáci absolvovali bezprostředně po probrání dynamiky. Průměrný dosažený výsledek v post-testu byl ve třídě P1 přibližně 36 %, opět poměrně málo odlišný od mediánu, který dosáhl hodnoty 39 %. Můžeme usuzovat, že u všech zkoumaných žáků

miskoncepce o pohybu a síle navzdory formálnímu studiu Newtonových zákonů přetrvávají. Normalizovaný zisk porovnávající výsledek pre-testu a post-testu byl pro třídu P1 roven 0,2. Dle Hakeho škály měla výuka dynamiky v této třídě nízký dopad na představy žáků o pohybu a síle a na eliminaci miskonceptů. Je ovšem třeba zmínit, že až na dvě výjimky dosáhli žáci v post-testu znatelně lepších výsledků, než v pre-testu.

Graf 3.1.2. znázorňuje úspěšnost žáků při řešení jednotlivých otázek. Otázky nejsou ve stejném pořadí jako v testu, místo toho jsou vždy seskupeny otázky příslušné stejnému tématu v různých reprezentacích. Téma skupiny otázek je spolu s ověřovanou partií dynamiky uvedeno nad sloupci diagramu, pod každou dvojicí sdružených sloupců reprezentujících výsledek v pre-testu a v post-testu je pak uvedena reprezentace, ve které bylo zadání formulováno.

**Graf 3.1.2: Průměrná úspěšnost žáků po otázkách**



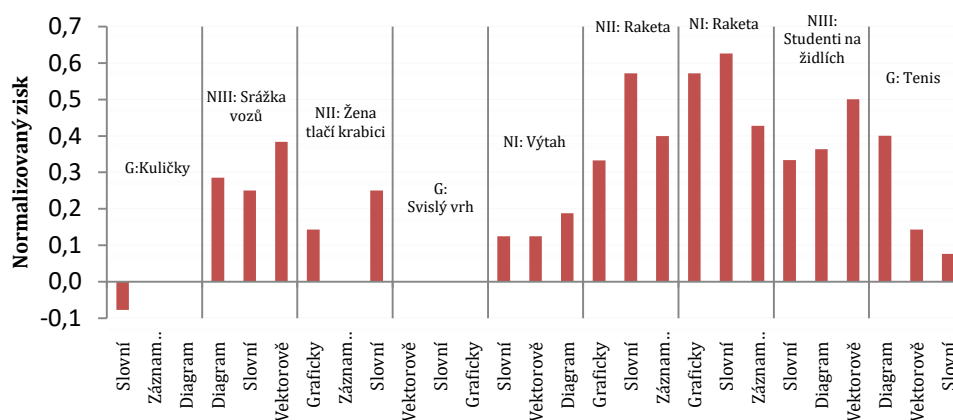
Z takto zpracovaných výsledků je na první pohled vidět velmi nízká úspěšnost žáků při řešení úloh o gravitaci. V pre-testu nepřesáhla relativní četnost správných odpovědí u těchto úloh hranici 20 %, v post-testu pak žáci překročili hranici 40 % u jedné otázky a 20 % u tří otázek z devíti. Úloha o svislém vrhu si pak zaslouží obsáhlejší komentář v diskuzi. Naopak dobré úspěšnosti dosáhli žáci při řešení dvou úloh o pohybu rakety, a to zejména v post-testu, kde u tří otázek ze šesti překročila relativní četnost správných odpovědí 80 %. Právě tyto dvě úlohy jsou svým zadáním nejpřímočařejší a nejméně komplikované, což vede k zajímavému pozorování při porovnání výsledků úloh testujících porozumění prvnímu Newtonovu zákonu. V úloze o pohybu rakety, na kterou nepůsobí vnější síly, dosáhli žáci ve všech reprezentacích v post-testu úspěšnosti větší než 75 %, v pre-testu přes 50 %. Oproti tomu v úloze o výtahu jedoucím vzhůru konstantní rychlostí byla úspěšnost v pre-testu nulová a v post-testu

menší než 20 %. Toto porovnání indikuje, že žáci spolehlivě nabyli formální znalosti prvního Newtonova zákona, jak ukazuje uspokojivý výsledek úlohy o raketě, selhali však v jeho pokročilejší aplikaci na případ, kdy na těleso působí více sil s nulovou výslednicí. Analogická je situace s úlohami o druhém Newtonově zákonu. V úloze o ženě posouvající krabici po podložce byla úspěšnost méně než 20 % v pre-testu a nejvýše 25 % v post-testu. Tato úloha je rovněž pokročilejší aplikací, v tomto případě druhého Newtonova zákona. Jak jsem uvedl výše, úloha o pohybu rakety hnané konstantní silou byla pro žáky mnohem méně náročná.

V pre-testu ani v post-testu nebyla u jednotlivých okruhů otázek zaznamenána výraznější preference některé z reprezentací.

V grafu 3.1.3 je zaznamenán normalizovaný zisk u jednotlivých otázkách.

**Graf 3.1.3: Normalizovaný zisk po otázkách**



Normalizovaný zisk u otázek o pohybu rakety a o studentech na židlích ukazuje na výrazný posun (střední zisk podle Hakeho) v chápání tří Newtonových zákonů, v jejich složitějších aplikacích byl však zisk nízký. Stejně tak byl nízký napříč úlohami o gravitaci. U úloh o druhém Newtonově zákonu lze pozorovat výrazný normalizovaný zisk ve slovní reprezentaci – 0,25, resp. 0,57, což můžeme přisoudit tomu, že si žáci v průběhu výuky zvykli používat specifická slova vyskytující se v testu (konstantní, plynule rostoucí, rovnoměrný aj.). U úloh o třetím Newtonově zákonu pozorujeme zisk 0,50 u úlohy o studentech na židlích, resp. 0,38 u úlohy o srážce vozů v reprezentaci pomocí vektorů, což analogicky indikuje, že byli žáci dobře seznámeni s tímto, v době absolvování pre-testu jim málo známým, zákonem. V úloze Newton I: Raketa došlo k nejvýraznějšímu zlepšení ve slovní reprezentaci, kde bylo dosaženo normalizovaného

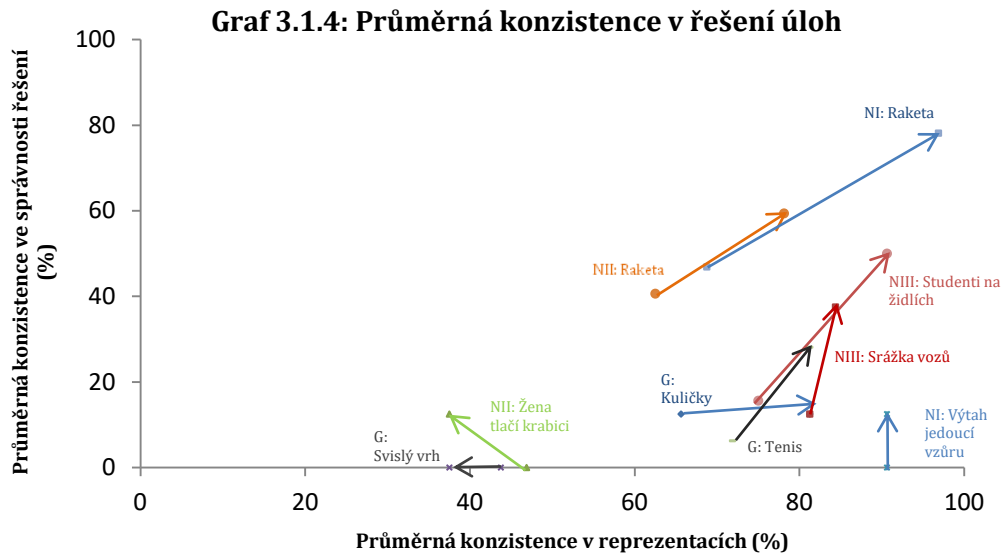
zisku 0,63. V rámci úloh o gravitaci stojí za zmínku normalizovaný zisk 0,4 v úloze o tenisovém míčku pohybujícím se v silném větru reprezentované diagramem velikosti sil působících na míček. U ostatních úloh je normalizovaný zisk nízký, ve slovně zadané úloze o padajících kuličkách dokonce došlo k mírnému zhoršení výsledku.

Ve dvou tabulkách (3.1.1 a 3.1.2) níže je uvedena relativní četnost jednotlivých odpovědí v pre-testu a v post-testu. Správná odpověď je zeleně podbarvena. U většiny otázek se vyskytla odpověď, která byla žáky silně preferována, což může posloužit jako dobrý indikátor výskytu převládajících miskonceptů. Silně preferované chybné odpovědi jsou podbarveny žlutě.

Tabulka 3.1.1: Relativní četnost odpovědí: pre-test						
Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	50,0		18,8	31,3		
2	12,5	12,5	0,0	75,0		
3	12,5	12,5	18,8	56,3		
4 i)	62,5	6,3			31,3	0
4 ii)		6,3		75,0		18,7
4 iii)			93,8			6,2
5	56,3			18,8	25,0	
6	12,5	37,5	6,3	43,8		
7			6,3	56,3	37,5	
8	12,5	18,8		43,8	25,0	
9	25,0	6,3	62,5		6,3	
10	6,3	18,8		62,5	12,5	
11	75,0				25,0	
12	37,5	31,3	12,5	12,5	6,3	
13	12,5	43,8	43,8			
14			56,3	6,3	37,5	
15		31,3		56,3	12,5	
16	18,8	6,3	18,8	6,3	50,0	
17	50,0	31,3			18,8	
18	12,5	75,0	6,3	6,3		
19	12,5	6,3	18,8	50,0	12,5	
20	18,8		75,0		6,3	
21	6,3	43,8		12,5	37,5	
22	18,8		31,3	50,0		
23	6,3	50,0		43,8		
24	31,3	6,3	37,5	25,0		
25	56,3	18,8	12,5	6,3	6,3	
26	12,5	18,8	50,0	18,8		
27	6,3		18,8	6,3	68,8	

Tabulka 3.1.2: Relativní četnost odpovědí: post-test						
Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	75,0		12,5	12,5		
2	37,5	12,5		50,0		
3	25,0	37,5		37,5		
4 i)	87,5				12,5	
4 ii)		37,5	12,5	50,0		
4 iii)			87,5			12,5
5	75,0	12,5			12,5	
6	25,0	12,5		62,5		
7	6,3		6,3	81,3	6,3	
8	6,3	0,0		43,8	50,0	
9	12,5	43,8	43,8			
10		56,3		31,3	12,5	
11	56,3				43,8	
12	25,0	37,5	25,0	12,5		
13	31,3	25,0	43,8			
14	6,3	12,5	75,0		6,3	
15		12,5		81,3	6,3	
16	6,3		6,3	6,3	81,3	
17	43,8	56,3				
18	25,0	68,8	0,0	6,3		
19	12,5	6,3		56,3	25,0	
20	50,0		50,0			
21		37,5	25,0		37,5	
22	25,0		18,8	56,3		
23		6,3	18,8	75,0		
24	6,3		62,5	31,3		
25	75,0	6,3	6,3	6,3	6,3	
26	56,3		43,8			
27		12,5	25,0	6,3	56,3	

Následuje diagram znázorňující konzistenci uvažování žáků nad řešením úloh napříč reprezentacemi, a to pro pre-test i pro post-test. Na vodorovné ose vidíme průměrnou konzistenci v řešení úloh, co se týče různých reprezentací, nezávisle na jejich správnosti. Na svislé ose najdeme průměrnou konzistenci ve správném řešení úloh.

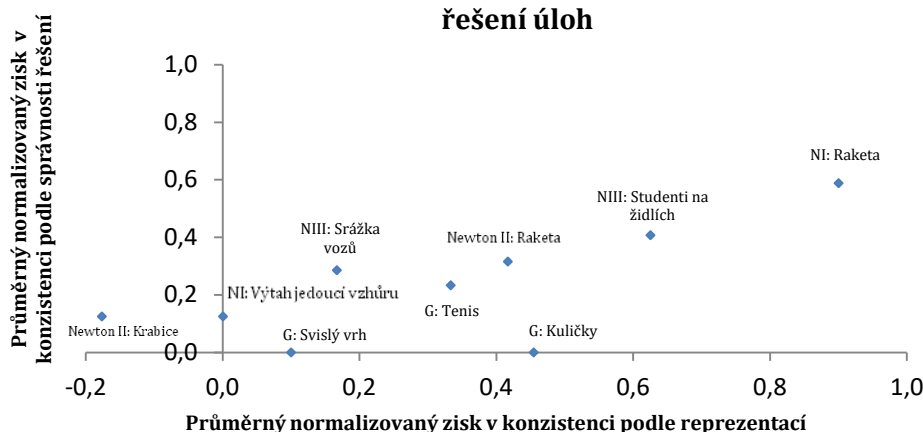


Pro ohodnocení získaných výsledků využijí škálu nastavenou Nieminem, Savinainem a Viirim. Je vidět, že na úrovni konzistence napříč reprezentacemi bylo v pre-testu uvažování žáků v jedné úloze (Newton I: Výtah jede vzhůru) konzistentní, v šesti úlohách málo konzistentní, a ve dvou úlohách nekonzistentní. V úrovni konzistence správnosti odpovědí pak bylo uvažování žáků vždy nekonzistentní, a to včetně úlohy o jedoucím výtahu, kde byla vysoká konzistence napříč reprezentacemi. Výsledky značí, že žáci měli silně zažitě miskoncepce o síle a pohybu.

V post-testu došlo v šesti úlohách z devíti ke zlepšení jak v konzistenci odpovědí, tak ve správnosti řešení úloh, pouze ve dvou však přesáhla konzistence ve správnosti řešení úloh 60 %. Z hlediska samotné konzistence odpovědí došlo ve dvou úlohách ke zhoršení v konzistenci napříč reprezentacemi, v obou bylo uvažování žáků nekonzistentní. Ve zbylých sedmi úlohách byli žáci ve svých řešeních nad hranicí 80 %. To spolu s nízkou úspěšností ve správnosti řešení svědčí o upevnění miskoncepce žáků v průběhu výuky.

V grafu 3.1.5 uvádím údaje vyplývající z výše uvedeného – normalizované zisky v jednotlivých úlohách z pohledu konzistence odpovědí.

**Graf 3.1.5: Průměrný normalizovaný zisk v konzistenci řešení úloh**



### 3.1.2. Diskuze výsledků třídy 1L, identifikace miskoncepce

K identifikaci často se vyskytujících miskoncepce u žáků využijí zejména tabulku 3.1.1 a 3.1.2.

V úloze o padajících kuličkách je nejčastěji volená odpověď v pre-testu i v post-testu předvídatelná. Vyskytuje se miskoncepce o nepřímé úměrnosti doby pádu a hmotnosti kuličky, tedy že čas dopadu bude pro lehčí míček poloviční, tato miskoncepce se vyskytla vždy u 50 % nebo více žáků, a to napříč všemi reprezentacemi jak v pre-testu, tak v post-testu.

V úloze o srážce kamionu s osobním vozem opět nepřekvapí, že je nejčastěji volitelnou variantou ta, kdy kamion působí v průběhu srážky na auto větší silou, než auto na kamion, opět se vyskytovala vždy u více než 50 % žáků.

V úloze o ženě tlačící krabici již nebyla volba žáků tak jednoznačná. Přibližně stejně často se vyskytovala představa, že při zvojnásobení velikosti síly, kterou je krabice strkána, dojde k okamžitému zdvojnásobení rychlosti a představa, že při zdvojnásobení síly dojde na chvíli k plynulému zvyšování rychlosti krabice, která se pak opět ustálí.

Úloha o svislém vrhu dělala žákům největší problémy, navíc byla velmi nízká konzistence v řešení napříč reprezentacemi. Této úloze se budeme dále věnovat ve shrnutí výsledků všech žáků, kteří test absolvovali.

V úloze o výtahu jedoucím stálou rychlostí vzhůru šachtou byla jednoznačná preference varianty, kdy na výtah působí ve svislém směru větší síla směrem vzhůru, než dolů.

V úlohách o pohybu rakety, jak jsem již zmínil, byli žáci v řešení nejméně úspěšní. U úlohy testující pochopení druhého Newtonova zákona se často vyskytovala v pre-testu představa, že po zapnutí motoru bude rychlost růst, až do do momentu, kdy se, za stálého běhu motoru rakety, nakonec ustálí, což bylo řešení konzistentní s představou častou v řešení úlohy o ženě tlačící krabici. V post-testu však bylo znatelné potlačení této představy. V sedmé úloze týkající se Newtonova prvního zákona se často vyskytovala představa, že po vypnutí motorů začne rychlost rakety klesat, ačkoliv na ni nepůsobí vnější síly.

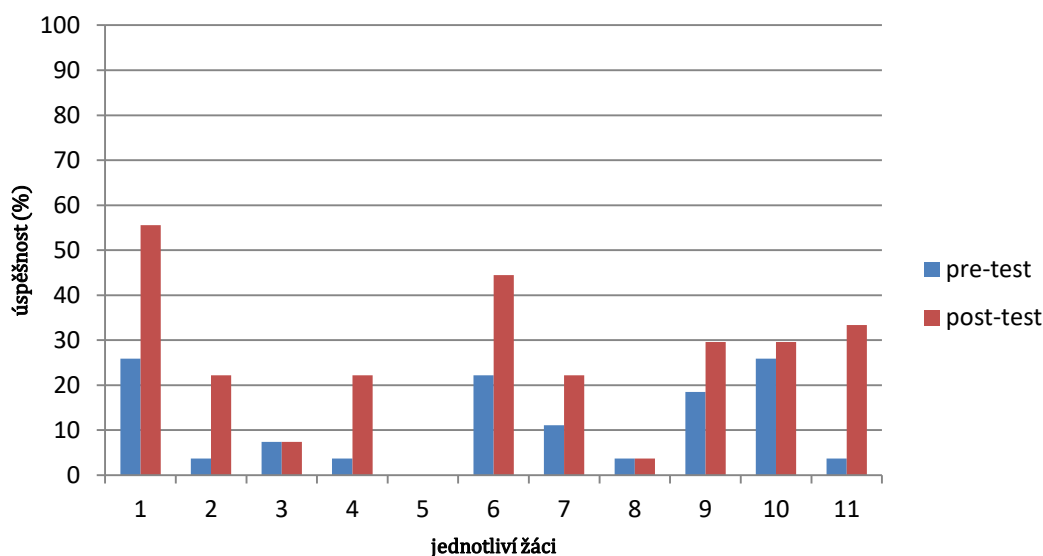
V úloze testující pochopení třetího Newtonova zákona o studentech na židlích byla opět v souladu s řešením úlohy o srážce vozů preferována varianta, kde těžší student působí na lehčího při odražení větší silou.

V úloze o pohybu míčku odraženého raketou ve větru byla odhalena častá miskoncepce o stálém působení síly, která uvedla těleso do pohybu, po celé trajektorii sledovaného pohybu tělesa.

### 3.1.3. Výsledek třídy 1D

Ve třídě 1D oboru „sdělovací technika“ bylo ke zpracování vybráno 11 testů. Pre-test žáci absolvovali po probrání kinematiky. Ve třídě byly vyučovány dvě vyučovací hodiny týdně.

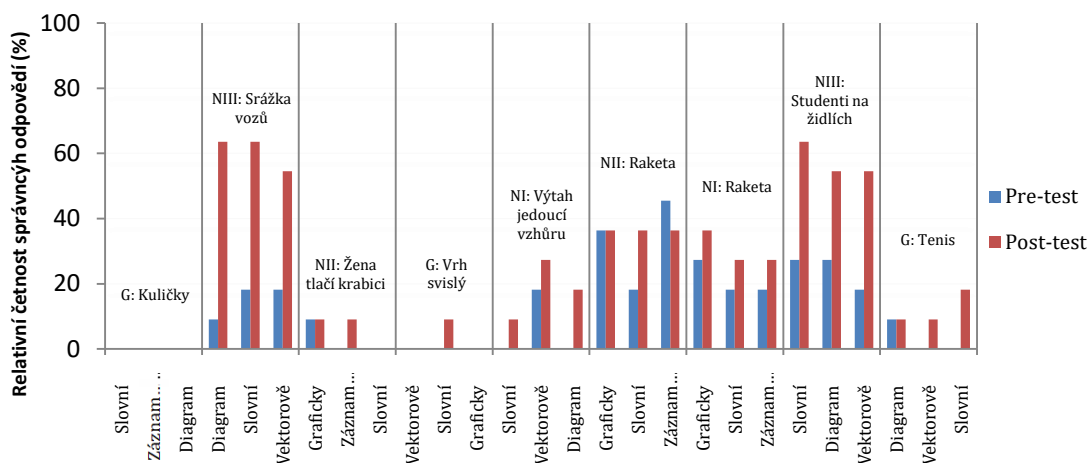
**Graf 3.1.6: Úspěšnost jednotlivých žáků (pre-test a post-test)**





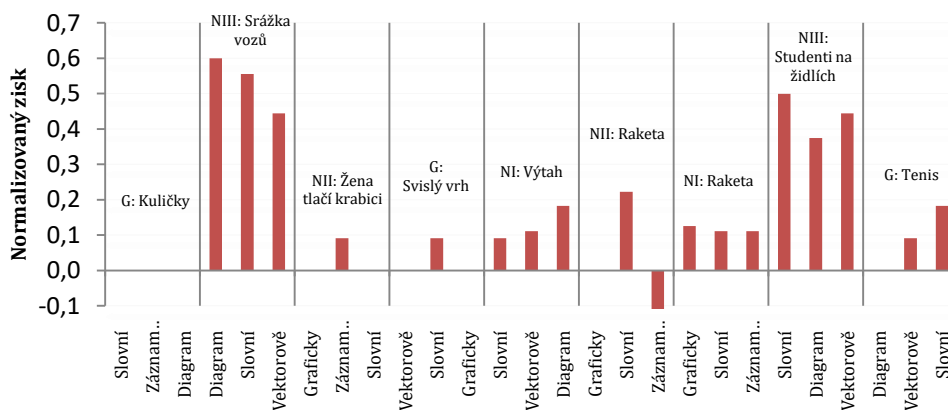
Průměrná úspěšnost v pre-testu byla 12 %, v post-testu pak 25 %. Průměrný normalizovaný zisk byl 0,15. Pouze u dvou žáků byl pomocí výpočtu normalizovaného zisku zjištěn alespoň mírný dopad výuky na jejich uvažování, u tří žáků byla úspěšnost v obou testech stejná.

**Graf 3.1.7: Průměrná úspěšnost žáků po otázkách**



Z grafu 3.1.7 je vidět, že dle očekávání dosáhli žáci v post-testu nejlepších výsledků v úlohách spojených se třetím Newtonovým zákonem, které správně vyřešila přibližně polovina respondentů. V úloze o padajících kuličkách, o ženě tlačící krabici, o svislém vrhu, o výtahu jedoucím vzhůru a o tenisovém míčku ve větru byli žáci jen velmi málo úspěšní, resp. úlohy vůbec správně nevyřešili. Úlohy o raketě vyřešili správně tři žáci ve všech reprezentacích, dále někteří pouze v nějaké z reprezentací, navíc nebyl pozorován výrazný posun v úspěšnosti v post-testu oproti pre-testu.

**Graf 3.1.8: Normalizovaný zisk po otázkách**

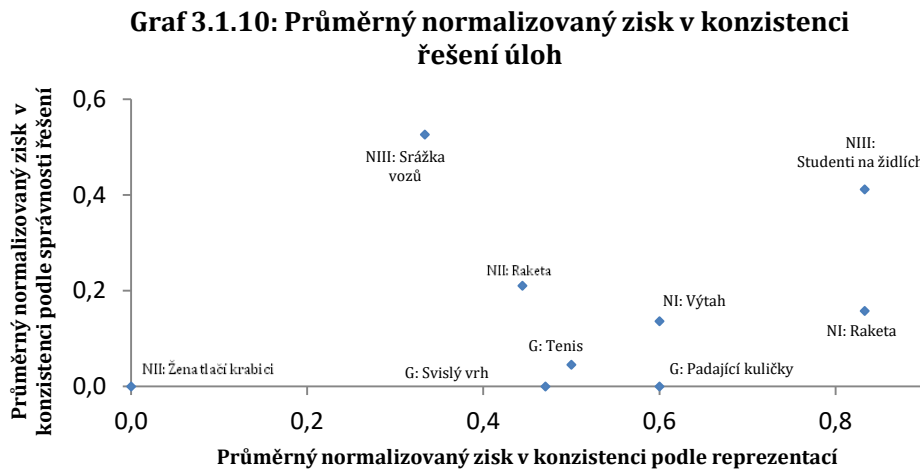
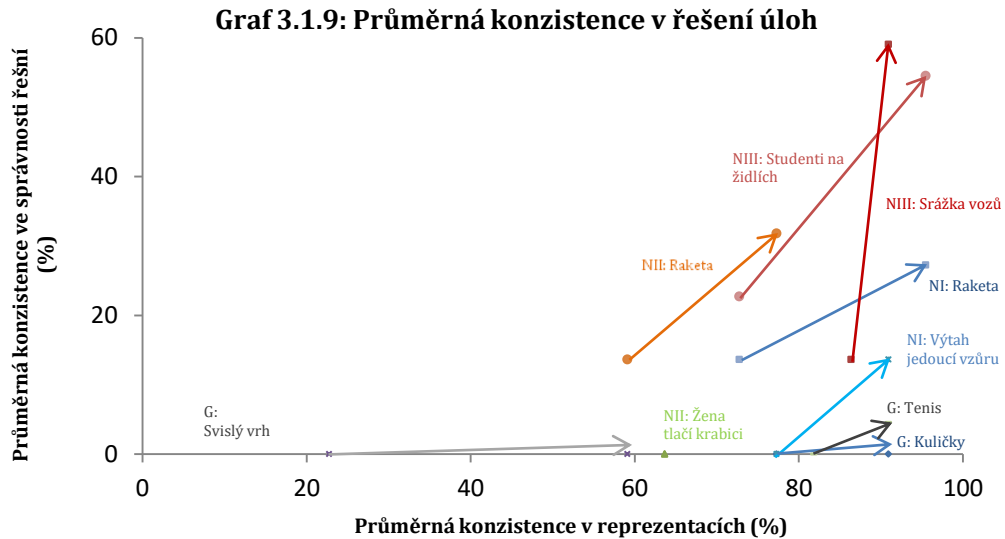


Ačkoliv v ostatních partiích dynamiky kromě přímých aplikací třetího Newtonova zákona nebyl pozorován významný posun ve vědeckém uvažování, můžeme v tabulkách 3.1.3 a 3.1.4, kde jsou uvedeny relativní četnosti jednotlivých odpovědí, pozorovat změnu souboru volených odpovědí. Správné odpovědi jsou podbarveny zeleně, nejčastější chybné žlutě.

V grafech 3.1.9 a 3.1.10 si pak lze všimnout výrazného zvýšení konzistence uvažování žáků. Vyjma otázek o ženě tlačící krabici byl ve všech úlohách zjištěn alespoň mírný vliv výuky na uvažování žáků, u dvou otázek bylo zvýšení konzistence vysoké. Co do konzistence ve vědecké správnosti byl ve dvou úlohách zjištěn vysoký dopad výuky na uvažování žáků, v ostatních nízký.

Tabulka 3.1.3: Relativní četnost odpovědí: pre-test						
Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	45,5	9,1		45,5		
2	9,1		9,1	72,7	9,1	
3	9,1	18,2	18,2	54,5		
4 i)	54,5				45,5	
4 ii)	18,2	18,2		45,5	9,1	9,1
4 iii)	9,1		72,7			18,2
5	36,4		9,1	45,5	9,1	
6	27,3	36,4		36,4		
7				27,3	72,7	
8		27,3		45,5	27,3	
9	9,1	9,1	72,7		9,1	
10		27,3	9,1	63,6		
11	81,8				18,2	
12	45,5	36,4	18,2			
13	27,3	45,5	27,3			
14	9,1	18,2	36,4		36,4	
15		54,5	9,1	18,2	18,2	
16	18,2		63,6		18,2	
17	45,5	27,3			27,3	
18		90,9		9,1		
19		36,4		54,5	9,1	
20	18,2	9,1	72,7			
21	9,1	18,2			72,7	
22	18,2		18,2	63,6		
23		63,6		27,3	9,1	
24	27,3		45,5	27,3		
25	18,2	18,2		9,1	54,5	
26	18,2		72,7	9,1		
27				9,1	90,9	

Tabulka 3.1.4: Relativní četnost odpovědí: post-test						
Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	54,5			45,5		
2	63,6		9,1	27,3		
3	9,1	18,2	18,2	54,5		
4 i)	72,7				27,3	
4 ii)	9,1	27,3	18,2	27,3		18,2
4 iii)			81,8			18,2
5	90,9	9,1				
6	18,2	36,4	9,1	36,4		
7			9,1	36,4	54,5	
8				36,4	63,6	
9		9,1	90,9			
10		36,4		63,6		
11	36,4				63,6	
12	27,3	45,5	9,1	9,1	9,1	
13		27,3	63,6	9,1		
14		27,3	63,6		9,1	
15		54,5		36,4	9,1	
16	9,1		63,6		27,3	
17	45,5	54,5				
18	9,1	90,9				
19		18,2	9,1	72,7		
20	54,5		45,5			
21	18,2	36,4			45,5	
22	45,5		9,1	45,5		
23		27,3	18,2	54,5		
24	27,3		36,4	36,4		
25	27,3	45,5			27,3	
26	54,5		45,5			
27			18,2		81,8	



### 3.1.4. Diskuze výsledků třídy 1D, identifikace miskoncepcí

V úloze o padajících kuličkách v pre-testu i v post-testu přibližně polovina žáků uvedla, že doba pádu bude pro těžší kuličku přibližně poloviční oproti době pádu lehčí kuličky, zatímco druhá polovina uvedla, že doby pádu budou jen významně rozdílné.

V úlohách spojených se třetím Newtonovým zákonem převažovala v pre-testu miskoncepce, že těžší objekt bude na lehčí působit větší silou. Je zajímavě, že tři žáci vybrali možnost, kdy ve chvíli, kdy se od sebe odrazí studenti na kolečkových židlích, těžší na lehčího působí silou, zatímco lehčí na těžšího silou nepůsobí. V post-testu převažovaly správné odpovědi, tři žáci se stále přikláněli k první zmíněné miskoncepce.

V pre-testu i v post-testu převažovala představa, že při tlačení krabice a zdvojnásobení působící síly dojde ke skokovému zdvojnásobení rychlosti krabice. Počet

těchto odpovědí se navíc téměř nezměnil. V úloze o raketě, na kterou působí síla motoru, se o něco častěji uplatňovala představa, že rychlost bude chvíli růst a poté se ustálí za stálého působení síly.

V úloze o svislém vrhu se v post-testu většina žáků přiklonila k odpovědi, že na kuličku působí kromě konstantní tíhové síly rovněž síla hodů, která se zmenšuje, dokud kulička nedosáhne nejvyššího bodu trajektorie. V pre-testu žáci častěji popsali situaci tak, že na kuličku bude působit tíhová síla až od chvíle, kdy dosáhne nejvyššího bodu trajektorie a poté bude postupně růst.

V úloze o výtahu jedoucím vzhůru se volené odpovědi prakticky nezměnily. Nejméně dvě třetiny žáků ve všech otázkách odpověděly v souladu s představou, že síla táhnoucí výtah bude větší než tíhová síla působící na výtah.

Nadpoloviční většina žáků v post-testu uplatňovala představu, že rychlost rakety, na kterou nepůsobí vnější síly, bude po vypnutí motorů plynule klesat. V pre-testu byla tato představa rozšířená o něco více.

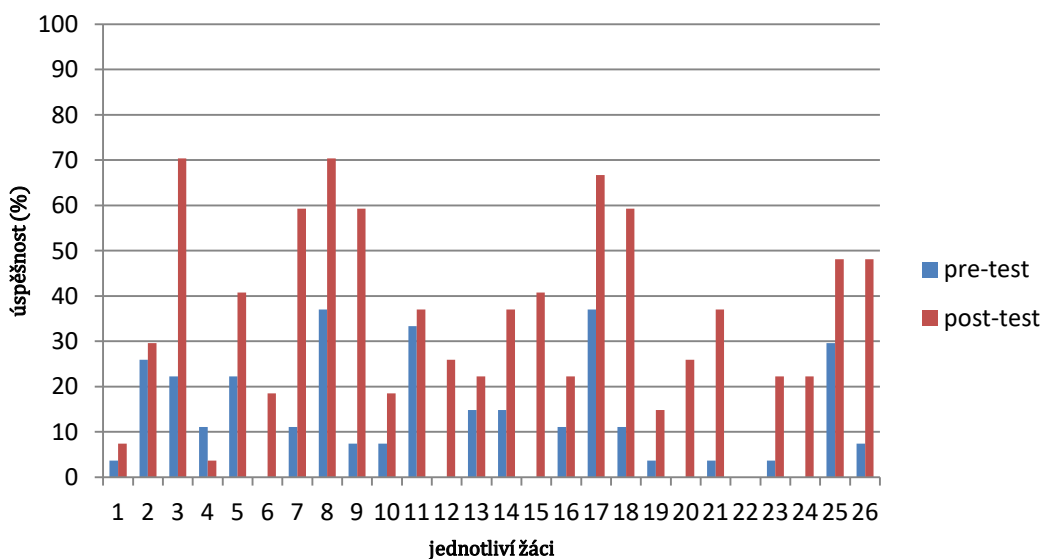
Rovněž v úloze o míčku odraženém raketou se volené odpovědi v post-testu oproti pre-testu příliš neproměnily. Naprostá většina žáků uvažovala působení všech v zadání zmíněných sil na míček, tedy i síly úderu raketou, i po té, co kontakt míčku s raketou ustal.

## 3.2. Výsledky průzkumu na gymnáziu S

### 3.2.1. Výsledek třídy S

Na gymnáziu S bylo ke zpracování vybráno 26 vyplněných testů. Žáci v dotyčném prvním ročníku v době absolvování pre-testu nebyli na střední škole seznámeni s veličinami užívanými v kinematice, dynamika byla první probíranou partií středoškolské fyziky a test byl zadán již v prvním týdnu výuky. Ve této třídě byly vyučovány dvě hodiny fyziky týdně. V grafu 3.2.1 je uvedena procentuální úspěšnost jednotlivých žáků v pre-testu i v post-testu.

Graf 3.2.1: Úspěšnost jednotlivých žáků (pre-test a post-test)

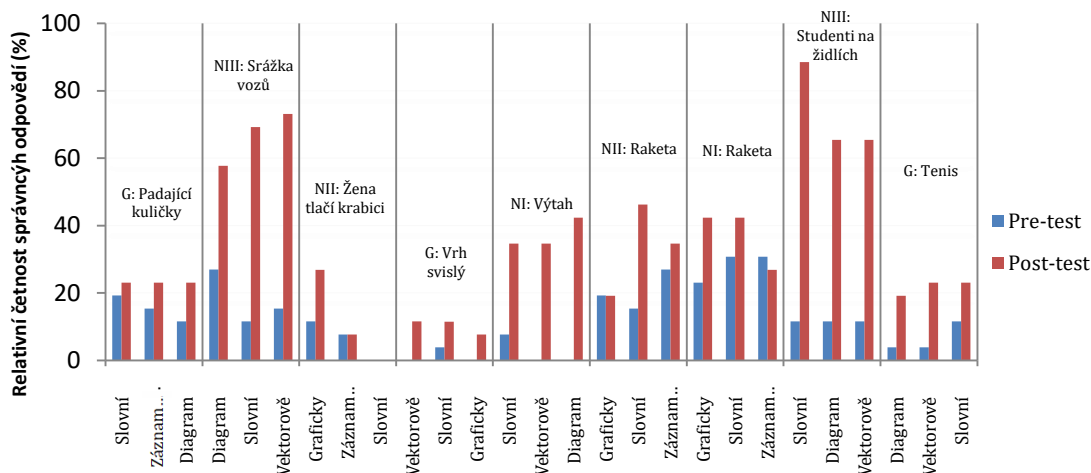


Průměrná úspěšnost v pre-testu byla přibližně 12 %, pouze tři žáci překonali 30% hranici. Za takto nízkým bodovým ziskem může stát fakt, že žáci psali test na začátku školního roku a neměli možnost si učivo kinematiky a dynamiky před absolvováním testu v rámci výuky připomenout a důkladněji se obeznámit s veličinou zrychlení, která na základní škole nebývá příliš zevrubně představována.

Post-test žáci absolvovali po téměř šesti měsících výuky středoškolské fyziky, během kterých byla probrána kompletně kinematika i dynamika hmotného bodu. Navzdory tomu byl průměrný bodový zisk v post-testu pouze necelých 35 % (medián 33 %). Deset žáků pak překonalo hranici 40 %. Průměrný normalizovaný zisk v prvním ročníku na gymnáziu S dosáhl hodnoty 0,26 a pouze u sedmi žáků přesáhl hodnotu 0,3, kterou považujeme za hranici, nad kterou je takto zjištěný dopad výuky na uvažování žáka již významný.

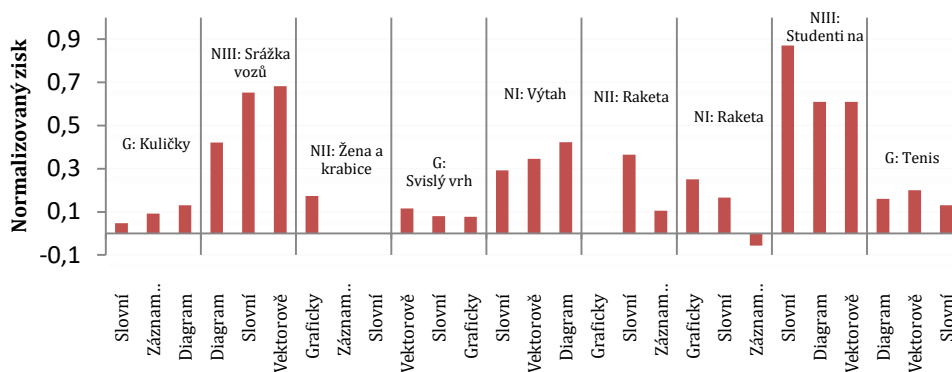
Níže je uveden graf znázorňující úspěšnost žáků po otázkách, na kterém si můžeme všimnout vysokého nárůstu v úspěšnosti žáků při řešení jednodušších úloh týkajících se třetího Newtonova zákona. Oproti tomu například u úlohy o raketě v kosmu byl zisk v post-testu oproti pre-testu překvapivě malý, ačkoliv řešení opět vede k přímočaré aplikaci jednoho z Newtonových zákonů. Příliš nepřekvapí obecně nízká úspěšnost při řešení úloh o gravitaci. Tři žáci ve třídě dokázali v post-testu správně popsat silové působení na objekt vržený svisle vzhůru v tíhovém poli, tedy vyřešit nejnáročnější úlohu v testu, jeden z nich s chybou v jedné z reprezentací.

**Graf 3.2.2: Průměrná úspěšnost žáků po otázkách**



Z takto znázorněných výsledků nevyplývá preference některé z reprezentací úloh, ani se nezdá, že by nějaká z nich byla pro žáky náročnější na porozumění. Pouze u úlohy o studentech na židlích týkající se třetího Newtonova zákona dosáhli žáci výrazně lepších výsledků při slovní formulaci odpovědi. Nyní se podívejme na normalizovaný zisk pro jednotlivé otázky.

**Graf 3.2.3: Normalizovaný zisk po otázkách**



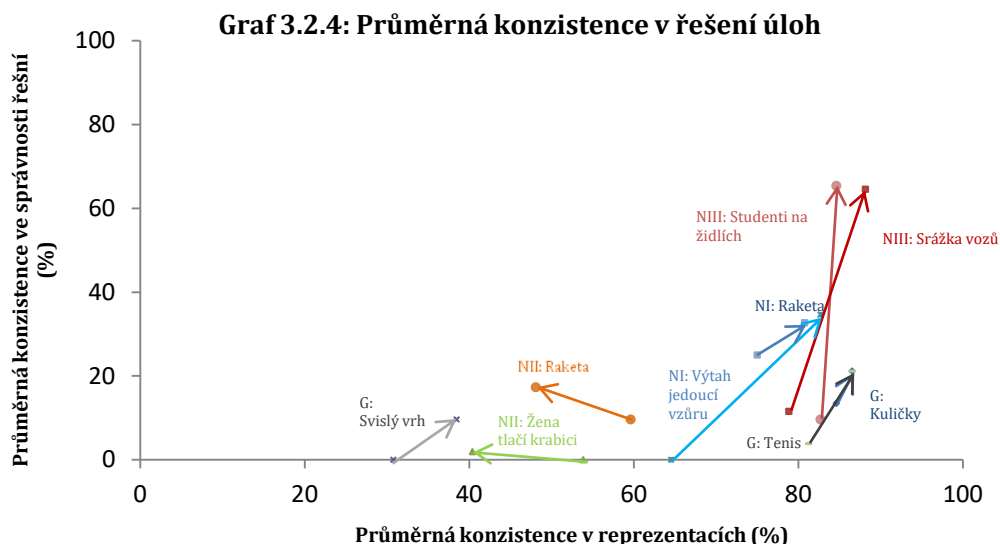
Jak již bylo zmíněno v předchozím odstavci a jak je vidět z normalizovaného zisku, žáci si v průběhu výuky bezpečně osvojili třetí Newtonův zákon. Jedná se také o jedinou ze zkoumaných oblastí dynamiky, kde žáci v úlohách dosáhli většího než malého bodového zisku v post-testu oproti pre-testu. Je překvapující, že úlohy o raketě (Newton I i Newton II) měly velmi nízký podíl správných řešení oproti náročnějším otázkám, které se v testu objevují, tedy „ženě tlačící krabici“ a „výtahu jedoucím vzhůru“. V tabulkách 3.2.1 a 3.2.2 dále uvádím relativní četnost jednotlivých odpovědí v pre-testu i v post-testu. Správná odpověď je podbarvena zeleně, nejčastější chybná odpověď žlutě.



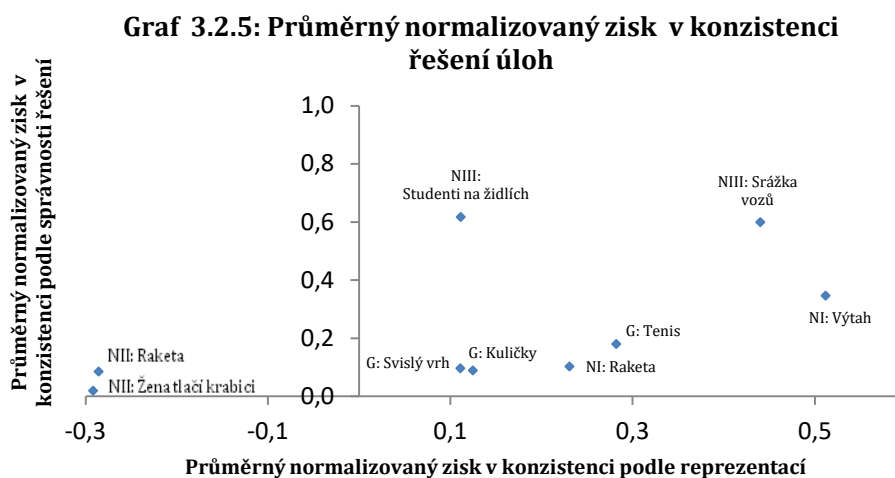
Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	34,6	3,8	19,2	42,3		
2	26,9	3,8	7,7	57,7	3,8	
3	11,5	61,5	11,5	15,4		
4 i)	53,8		3,8		34,6	
4 ii)	3,8	26,9	3,8	46,2		19,2
4 iii)		7,7	61,5			30,8
5	61,5	7,7	3,8	23,1	3,8	
6	30,8	50,0		19,2		
7	3,8		7,7	23,1	65,4	
8		19,2	11,5	57,7	11,5	
9	19,2	3,8	73,1		3,8	
10		15,4		69,2	15,4	
11	76,9	11,5			11,5	
12	19,2	23,1	23,1	7,7	26,9	
13	15,4	26,9	53,8	3,8		
14			57,7		42,3	
15		80,8		15,4	3,8	
16	26,9		42,3		30,8	
17	57,7	11,5	3,8	3,8	23,1	
18	3,8	80,8		15,4		
19	11,5	23,1	11,5	53,8		
20	15,4	7,7	76,9			
21		84,6		11,5	3,8	
22	26,9		11,5	61,5		
23		46,2		50,0	3,8	
24	30,8	3,8	30,8	30,8	3,8	
25	30,8	15,4		3,8	50,0	
26	11,5		69,2	19,2		
27		3,8	11,5		84,6	

Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	34,6		23,1	38,5	3,8	
2	57,7		3,8	30,8	7,7	
3	26,9	42,3	3,8	23,1	3,8	
4 i)	73,1		11,5		15,4	
4 ii)		19,2	15,4	50,0		15,4
4 iii)			80,8			19,2
5	46,2	34,6		19,2		
6	50,0	30,8		19,2		
7		3,8	15,4	42,3	38,5	
8		3,8		7,7	88,5	
9	15,4	19,2	57,7	3,8	3,8	
10		23,1		53,8	23,1	
11	26,9	3,8			69,2	
12	42,3	7,7	15,4	7,7	26,9	
13	7,7	19,2	61,5	11,5		
14		34,6	34,6		30,8	
15		42,3		46,2	11,5	
16	30,8		26,9		42,3	
17	34,6	65,4				
18	23,1	65,4	7,7	3,8		
19	23,1	26,9		38,5	3,8	
20	73,1	3,8	23,1			
21		73,1		3,8	23,1	
22	30,8	7,7	7,7	50,0	3,8	
23		30,8	42,3	26,9		
24	23,1		34,6	38,5	3,8	
25	26,9	23,1	3,8	11,5	34,6	
26	65,4		34,6			
27		3,8	23,1		73,1	

Z této tabulky je vidět, že u velké většiny variant odpovědí existovala výrazná preference některé z nich, lze tedy dobře usoudit, jaké jsou převažující miskoncepce u studentů na gymnáziu S, věnovat se jim budu v diskuzi dále. Nyní se podívejme na to, jaká byla konzistence žáků při řešení úloh.



Z grafu 3.2.4 je vidět, že u všech otázek došlo alespoň mírnému zlepšení v konzistenci výskytu správných odpovědí, stále jsou však odpovědi v post-testu dle Niemenenovy škály, až na dvě úlohy týkající se třetího Newtonova zákona, nekonzistentní co do správnosti. Konzistence odpovědí se obecně pohybuje v oblasti „málo konzistentní“. Níže je uveden normalizovaný zisk pro jednotlivé úlohy.



### 3.1.2. Diskuse výsledků třídy na gymnáziu S

V úloze o padajících kuličkách zůstala i po absolvování výuky kinematiky a dynamiky zakořeněna představa, že doba pádu kuličky z malé výšky bude výrazně ovlivněna její hmotností. Podíl správných odpovědí v této úloze se v post-testu oproti pre-testu změnil jen zanedbatelně.

Výsledky úlohy o srážce osobního vozu s kamionem jsou naopak poměrně uspokojivé. Představa, že při srážce působí kamion na automobil větší silou než naopak, se objevila v post-testu u méně než třetiny žáků. V době absolvování pre-testu však tato představa mezi žáky drtivě převažovala. Stejně tak je tomu u úlohy o studentech na židlích.

Je pozoruhodné, že u úlohy o ženě tlačící krabici se někteří žáci od častého výběru varianty, kdy krabice začne při zdvojnásobení síly, kterou žena vyvíjí, nejdříve plynule zrychlovat a pak se její rychlost ustálí, přiklonili během post-testu k představě, že dojde ke skokovému zdvojnásobení rychlosti krabice. Nejčastěji volená chybná odpověď v pre-testu má své opodstatnění. Představa, že krabice bude plynule a neomezeně zrychlovat, je neslučitelná s naší běžnou zkušeností, ze které žáci během řešení pre-testu vycházeli nepochybně více než z formálního pojetí mechaniky. U druhé úlohy týkající se druhého Newtonova zákona byl trend podobný, žáci se v post-testu často uchýlili k představě, že dojde k „nasyčení“ rychlosti rakety a ta se ještě během silového působení ustálí. V této otázce jde však o zvláštní volbu odpovědi, neboť raketa nepodléhá jinému silovému působení, než je právě tah jejího motoru. Ke správnému řešení úlohy tak využít znění druhého Newtonova zákona.

V úloze o svislém vrhu nelze vyzorovat výraznější změny trendu v uvažování žáků. I po výuce dynamiky převládá představa, že při uvádění kuličky do pohybu na ni přeneseme sílu, tzv. „síla hodů“, která se v průběhu pohybu vzhůru postupně spotřebovává. V nejvyšším bodě trajektorie pak začne na kuličku působit síla mířící směrem dolů, která postupně při pohybu dolů roste.

Při řešení úlohy o výtahu jedoucím vzhůru opět žáci uvažovali vesměs stejně v obou testech. Žáci stále převážně preferují variantu, kdy síla působící směrem vzhůru je větší než tíhová síla, ačkoliv se výtah pohybuje rovnoměrně přímočaře. Podobná je situace u druhé úlohy týkající se prvního Newtonova zákona o raketě, která nepodléhá silovému působení. Vyskytuje se představa, že po vypnutí motorů začne rychlost rakety okamžitě klesat nebo že bude chvíli přibližně konstantní a začne klesat až později.

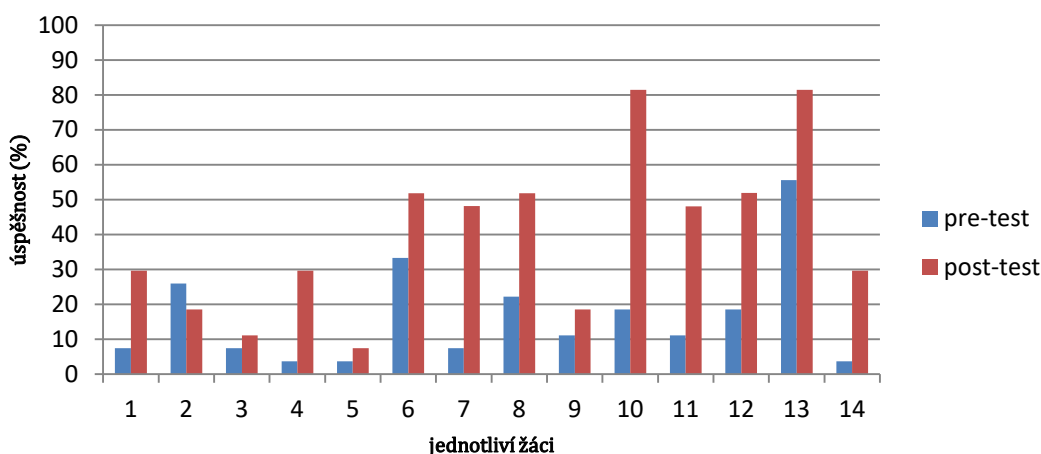
Z odpovědí k úloze o tenisovém míčku vidíme dominantní miskoncepci o „uchování“ síly úderu tenisovou raketou v míčku, což není překvapivé. Je však alarmující, jak dominantní tato představa je i v době absolvování post-testu, ve kterém tuto variantu volily přibližně dvě třetiny žáků.

### 3.3. Výsledky průzkumu na gymnáziu C

#### 3.3.1. Výsledky průzkumu ve třídě C

Ve třídě C bylo ke zpracování vybráno čtrnáct vyplněných dotazníků. Pre-test žáci vyplňovali po třech měsících výuky fyziky na střední škole po probrání kinematiky hmotného bodu, post-test pak až v samém závěru školního roku. Ve třídě byly vyučovány dvě hodiny fyziky týdně.

Graf 3.3.1: Úspěšnost jednotlivých žáků (pre-test a post-test)

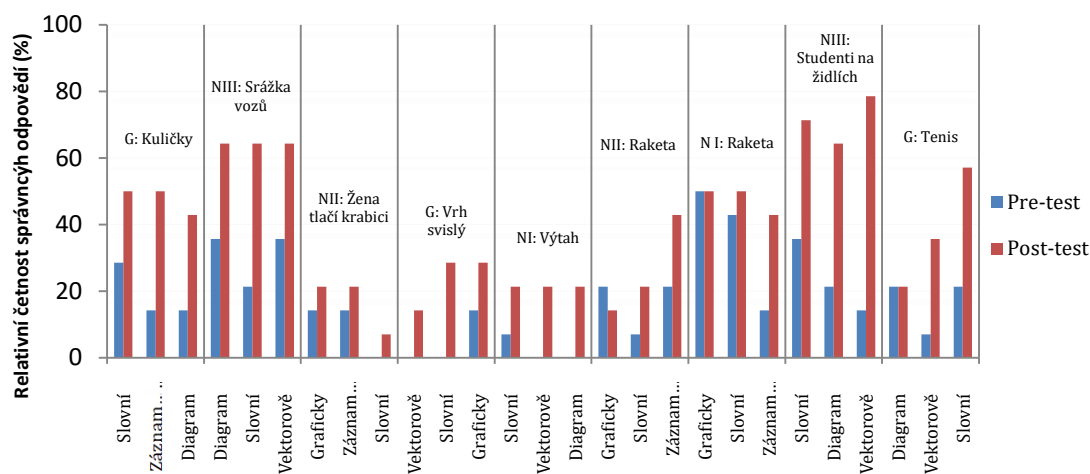


Průměrná úspěšnost žáků v pre-testu byla přibližně 16 %. Jeden ze žáků však již v prvním testu vyřešil správně více než polovinu úloh. Ostatní žáci dosáhli jen velmi nízké úspěšnosti. V post-testu byly výsledky výrazně uspokojivější (průměrná úspěšnost 40 %), pět žáků přesáhlo hranici 50 % správně vyřešených úloh, čtyři pak vyřešili správně méně než pětinu úloh. Průměrný normalizovaný zisk ve třídě byl 0,3. Jde o hodnotu, která již indikuje mírný dopad výuky na uvažování žáků. Pouze u jednoho ze žáků přesáhl normalizovaný zisk hraniční hodnotu 0,7, která indikuje vysoký dopad výuky na formování korektních úvah o problematice newtonovské mechaniky.

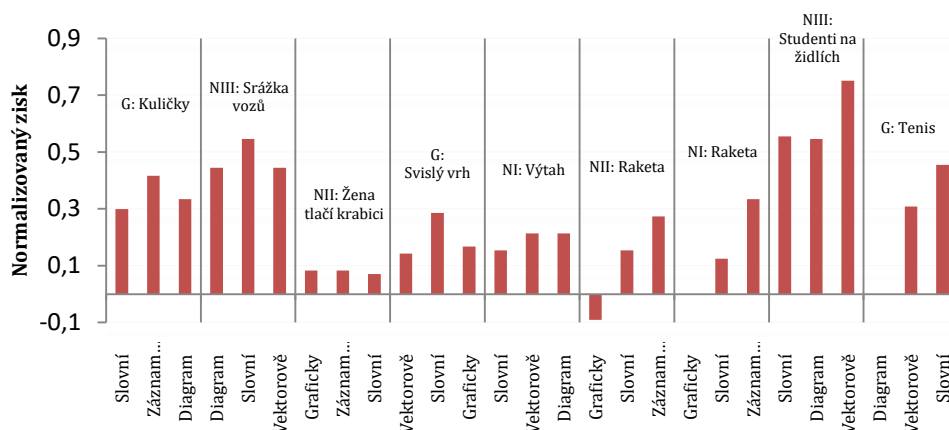
V grafu níže je uvedena úspěšnost žáků po otázkách a normalizované zisky pro jednotlivé otázky. Nejlepších výsledků v post-testu dosáhli žáci v řešení úloh týkajících se třetího Newtonova zákona. Podíl správných řešení byl více než 60 % ve všech reprezentacích. V těchto úlohách také došlo k největšímu zlepšení výsledků (normalizovaný zisk více než 0,4). Přibližně polovina žáků pak správně řešila úlohu o raketě pohybující se rovnoměrně přímočaře. Je poměrně překvapivé, že u úlohy o raketě bylo správných řešení nejvíce v reprezentaci záznamem polohy, ačkoliv bychom

předpokládali, že právě ta bude pro žáky nejobtížněji uchopitelná. V ostatních úlohách nebyla tato reprezentace výrazněji preferována. Dále stojí za povšimnutí, že dva žáci dokázali správně vyřešit úlohu o svislém vrhu ve všech jejích reprezentacích. Dokonce šest žáků pak správně vyřešilo úlohu o padajících kuličkách. Obtížnými se ukázaly být úlohy vyžadující aplikaci druhého Newtonova zákona a o výtahu jedoucím rovnoměrně přímočaře, stejně jako v ostatních skupinách. Normalizované zisky u příslušných otázek byly zanedbatelné.

**Graf 3.3.2: Průměrná úspěšnost žáků po otázkách**



**Graf 3.3.3: Normalizovaný zisk po otázkách**



V tabulce 3.3.1. a 3.3.2. dále jsou uvedeny relativní četnosti jednotlivých odpovědí, správná odpověď je podbarvena zeleně, nejčastější chybná žlutě. Je zajímavé, že nedošlo ke zúžení spektra odpovědí, které žáci volili, nýbrž se volené varianty u

některých otázek naopak „rozdrobily“. Konzistenci v řešení jednotlivých úloh však prozkoumáme až v dalších odstavcích.

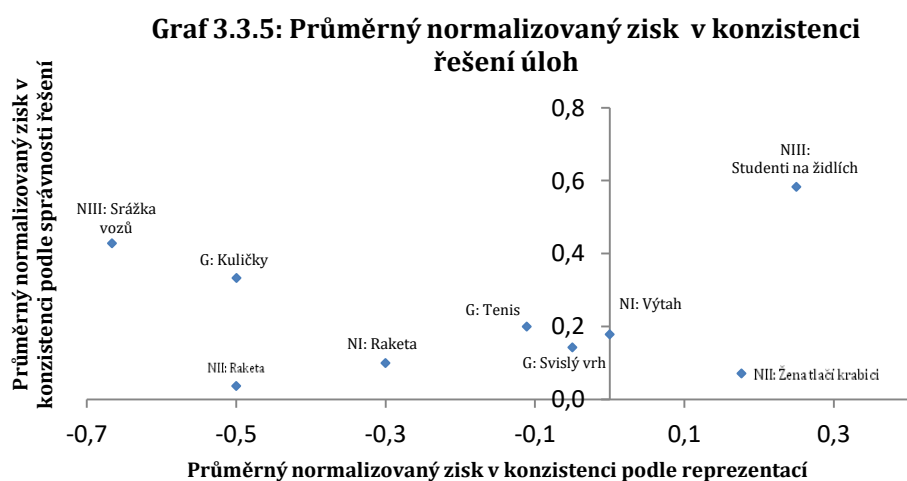
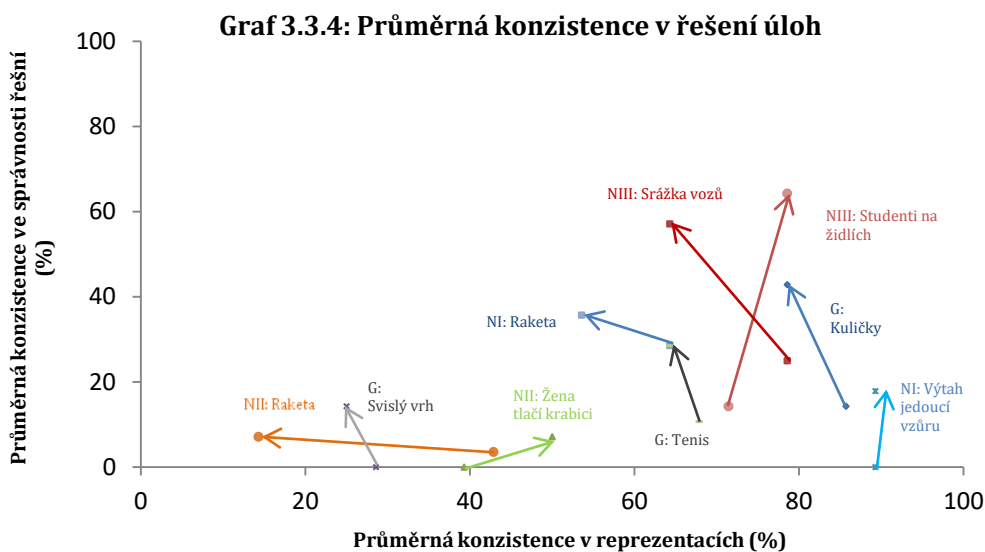
**Tabulka 3.3.1: Relativní četnost odpovědí: pre-test**

Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	42,9		28,6	28,6		
2	35,7			42,9	21,4	
3	14,3	42,9	14,3	28,6		
4 i)	35,7	7,1			57,1	
4 ii)	28,6	21,4		35,7	14,3	
4 iii)			71,4			36,4
5	57,1	7,1		14,3	21,4	
6	42,9	14,3	14,3	21,4	7,1	
7	7,1		14,3	50,0	28,6	
8		14,3		50,0	35,7	
9	28,6	21,4	42,9		7,1	
10		7,1		78,6	14,3	
11	78,6				21,4	
12	21,4	28,6	14,3	14,3	21,4	
13	14,3	21,4	50,0		14,3	
14			50,0		50,0	
15	7,1	57,1		7,1	28,6	
16	28,6		28,6		42,9	
17	57,1	21,4			21,4	
18	7,1	71,4	7,1	14,3		
19	14,3	35,7		35,7	14,3	
20	35,7		64,3			
21		21,4			78,6	
22	14,3	14,3	21,4	50,0		
23		64,3		35,7		
24	42,9	14,3	21,4	14,3	7,1	
25	14,3	42,9	14,3	7,1	21,4	
26	14,3		57,1	21,4	7,1	
27	7,1	7,1	21,4		64,3	

**Tabulka 3.3.2: Relativní četnost odpovědí: post-test**

Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	28,6	7,1	50,0	14,3		
2	64,3		14,3	7,1	14,3	
3	21,4	14,3	14,3	50,0		
4 i)	42,9	14,3	14,3		14,3	14,3
4 ii)	21,4	7,1	21,4	42,9		7,1
4 iii)	7,1		57,1	14,3		21,4
5	64,3	21,4		7,1	7,1	
6	42,9	28,6		14,3	14,3	
7			21,4	50,0	28,6	
8		7,1	7,1	14,3	71,4	
9	35,7	21,4	42,9			
10		7,1	7,1	35,7	50,0	
11	14,3	14,3		7,1	64,3	
12	42,9	21,4	14,3	21,4		
13	21,4	21,4	21,4	28,6	7,1	
14		21,4	42,9	7,1	28,6	
15	21,4	35,7	7,1	21,4	14,3	
16	21,4		21,4	7,1	50,0	
17	28,6	64,3	7,1			
18	35,7	42,9	7,1	14,3		
19	42,9	14,3	7,1	28,6	7,1	
20	64,3		35,7			
21		35,7	7,1	7,1	50,0	
22	21,4	28,6	21,4	21,4	7,1	
23		35,7	21,4	35,7	7,1	
24	14,3	14,3	42,9	7,1	21,4	
25	42,9	7,1	21,4		28,6	
26	78,6		21,4			
27			57,1	21,4	21,4	

Následuje graf ukazující konzistenci v řešení jednotlivých úloh a příslušné normalizované zisky. U čtyř úloh došlo k výraznému snížení konzistence odpovědí, u všech však pozorujeme alespoň malé zvýšení konzistence co do správnosti odpovědí. Zdá se tedy, že výuka mechaniky vesměs pomohla vyvrácení některých miskonceptů, dopad je však nízký co do zvýšení výskytu správných odpovědí.



### 3.3.2. Diskuze výsledků třídy C

V pre-testu byla nejčastěji volenou variantou odpověď, že doba pádu lehčí kuličky bude dvojnásobná nebo podstatně delší oproti době pádu těžší kuličky, odpověděly tak přibližně tři čtvrtiny žáků. V post-testu pak tato miskoncepce viditelně přetrvávala, správně však již odpověděla polovina žáků.

V úlohách o třetím Newtonově zákonu před absolvováním výuky výrazně převažovala představa, že těžší objekt bude na lehčí působit větší silou. V post-testu se poměr správných odpovědí vůči chybným přibližně převrátil, došlo však ke snížení

konzistence odpovědí. To značí, že byla částečně vyvrácena intuitivní představa zjištěná v pre-testu.

V úloze o ženě tlačící krabici v post-testu přibližně polovina žáků uvedla, že při zdvojnásobení velikosti síly, kterou žena krabici tlačí, dojde ke skokovému zvýšení rychlosti krabice. V pre-testu pak byla častější představa taková, že rychlost bude chvíli plynule růst a poté se ustálí.

V úloze o svislém vrhu bylo nejčastěji uváděnou odpovědí, že na kuličku bude kromě tíhové síly působit také síla vrhu, která bude postupně klesat až do chvíle, kdy kulička dosáhne nejvyššího bodu své trajektorie. Správně pak úlohu nevyřešil žádný ze žáků. V post-testu pak úlohu vyřešili dva žáci správně ve všech reprezentacích. Došlo však ke snížení konzistence v řešení této úlohy.

V úloze o výtahu jedoucím vzhůru nadpoloviční většina žáků uvedla, že síla působící vzhůru je větší než tíha výtahu. V post-testu tuto možnost volila přibližně třetina žáků.

Úloha o raketě, na kterou působí síla motoru, byla pro žáky obtížná. V pre-testu jednoznačně převažovala představa, že rychlost rakety bude růst a po chvíli se ustálí za stálého silového působení, v post-testu pak byl zjištěn výrazný pokles konzistence uvažování. Nárůst počtu správných řešení byl jen malý. Situaci po vypnutí motorů rakety se žákům nepodařilo vyhodnotit v post-testu o mnoho lépe než v pre-testu. Převažující miskoncepce byla, že po vypnutí motoru začne rychlost rakety plynule klesat.

V úloze o míčku odraženém tenisovou raketou byla v pre-testu detekována převažující představa, že i po odražení bude na míček působit síla úderu tenisovou raketou. V post-testu pak volené odpovědi této představě v o málo menší míře odpovídaly.

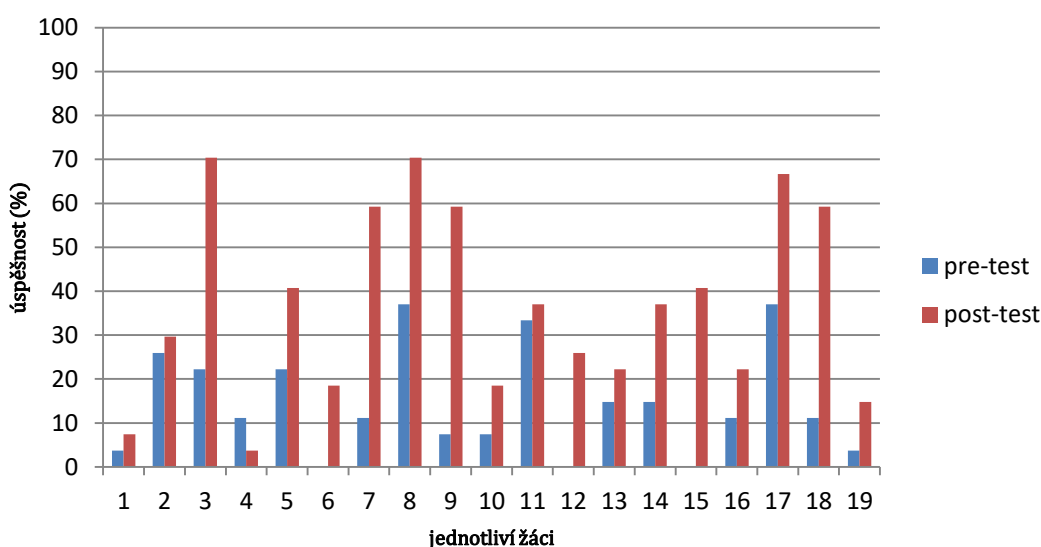


### 3.4. Výsledky průzkumu na gymnáziu N

#### 3.4.1. Výsledek třídy 1A

Ve třídě 1A byly ke zpracování vybrány dotazníky od 19 žáků, kteří v době absolvování pre-testu již absolvovali úvod do kinematiky. Ve třídě byly vyučovány dvě hodiny fyziky týdně. V grafech níže je uvedena procentuální úspěšnost jednotlivých žáků.

**Graf 3.4.1: Úspěšnost jednotlivých žáků (pre-test a post-test)**

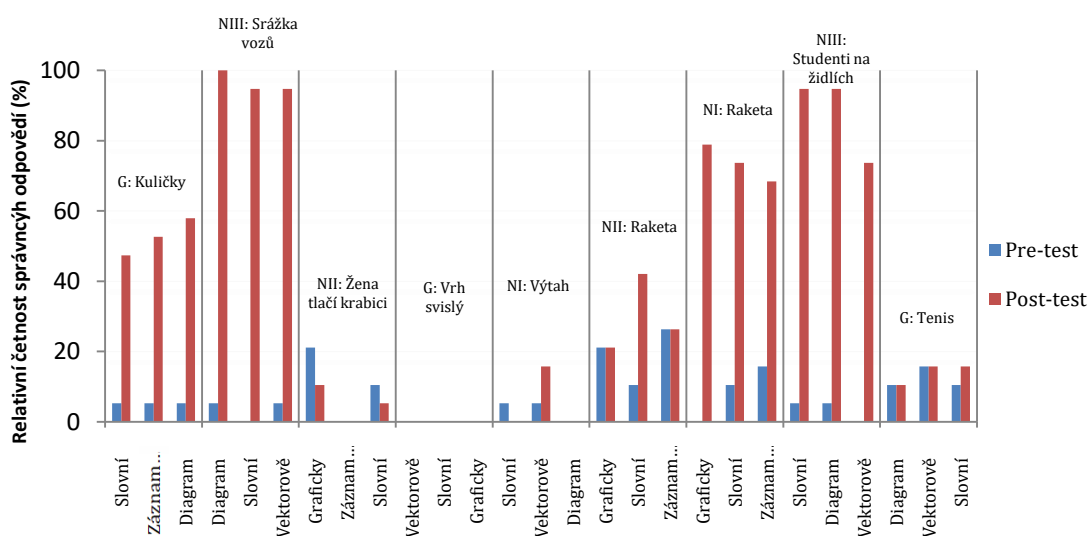


Průměrná úspěšnost žáků v pre-testu byla pouhých 14 %, přičemž dva žáci vyřešili správně více než třetinu úloh, jedenáct žáků pak tři úlohy nebo méně. Post-test žáci absolvovali zhruba po pěti měsících výuky dynamiky a kinematiky. Průměrná úspěšnost byla více než 37 %. Šest žáků vyřešilo správně více než polovinu úloh. Průměrný normalizovaný zisk ve skupině dosáhl hodnoty 0,27, jedná se o výsledek na hranici „mírného“ a „nízkého“ dopadu výuky na uvažování žáků dle Hakeho škály. U sedmi žáků normalizovaný zisk tuto hranici přesáhl.

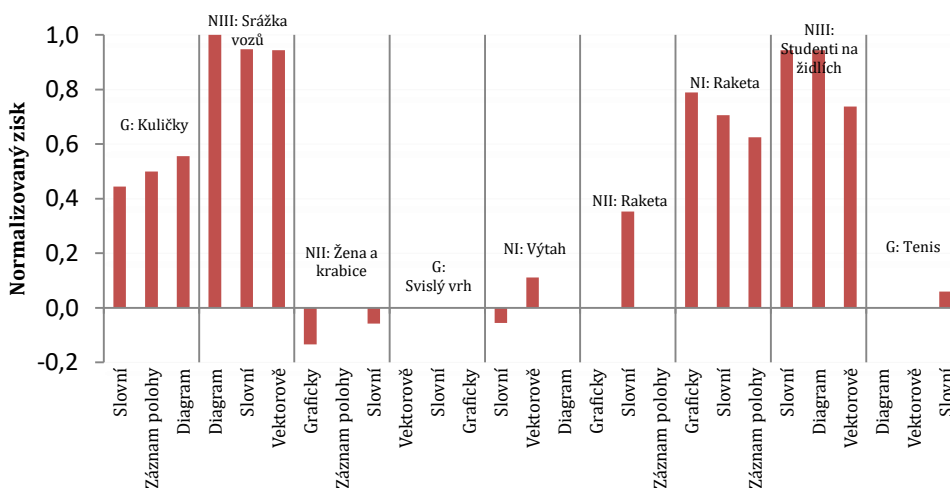
V grafu níže jsou uvedeny výsledky žáků po jednotlivých otázkách a příslušné normalizované zisky. Je vidět, že žáci dosáhli v post-testu velmi dobrých výsledků při řešení úloh vyžadujících aplikaci třetího Newtonova zákona. Rovněž u úlohy o raketě spojené s prvním Newtonovým zákonem byly zaznamenány více než dvě třetiny správných odpovědí. Oproti tomu u druhé úlohy týkající se prvního Newtonova zákona byla zaznamenána úspěšnost minimální, stejně jako významnější posun v post-testu

oproti pre-testu. Dále stojí za povšimnutí úspěšnost více než 45 % v úloze o padajících kuličkách, přestože ve zbylých otázkách týkajících se problematiky gravitace bylo správných odpovědí velmi málo. Pravděpodobně bylo tedy téma zrychlení různě hmotných předmětů v tíhovém poli ve třídě podrobněji diskutováno. V okruhu otázek týkajících se druhého Newtonova zákona byli žáci dle očekávání úspěšnější při řešení úlohy o raketě, u obou dotyčných otázek však byla správná řešení spíše výjimkou.

**Graf 3.4.2: Průměrná úspěšnost žáků po otázkách**



**Graf 3.4.3: Normalizovaný zisk po otázkách**



Z grafu 3.4.3 je vidět, že v některých otázkách, resp. v jejich reprezentacích, dosáhl normalizovaný zisk dokonce záporných hodnot, ne však takovým způsobem, aby mohl být tento úbytek správných odpovědí v post-testu oproti pre-testu věrohodně interpretován. Ačkoliv je z takto znázorněných výsledků již vidět stagnace ve vývoji

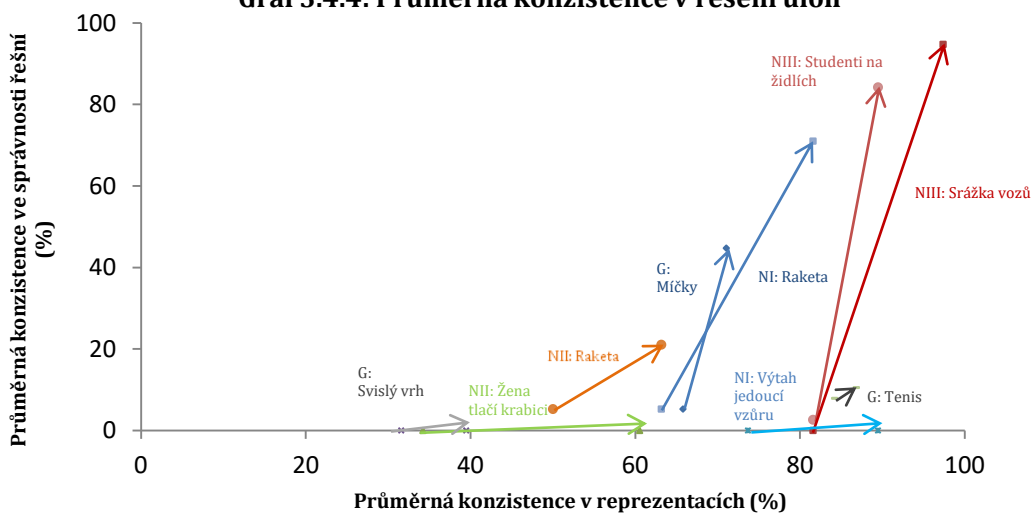
korektního uvažování o zákonu síly, přínosnější bude následná diskuze, jak se konkrétně změnila volba odpovědí u jednotlivých otázek. Jako podklad k ní využiji tabulku na následující straně, v níž je uvedena relativní četnost jednotlivých odpovědí v pre-testu a v post-testu. Správná odpověď je podbarvena zeleně, nejčastější chybná odpověď žlutě.

Tabulka 3.4.1: Relativní četnost odpovědí: pre-test						
Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	15,8	10,5	5,3	63,2	5,3	
2	5,3	5,3	5,3	73,7	10,5	
3	21,1	21,1	15,8	42,1		
4 i)	26,3			5,3	68,4	
4 ii)	21,1		5,3	52,6	5,3	15,8
4 iii)			73,7		5,3	21,1
5	47,4	5,3	5,3	15,8	26,3	
6	47,4	26,3		21,1	5,3	
7	5,3		15,8		78,9	
8	5,3	31,6		57,9	5,3	
9	10,5	10,5	78,9			
10	5,3	36,8	5,3	47,4	5,3	
11	84,2	10,5		5,3		
12	52,6	15,8	21,1		10,5	
13	21,1	47,4	31,6			
14		5,3	47,4	5,3	42,1	
15	5,3	47,4		10,5	36,8	
16	31,6		57,9		10,5	
17	63,2	5,3			31,6	
18	15,8	84,2				
19	5,3	26,3	10,5	47,4	10,5	
20	5,3	5,3	84,2	5,3		
21	10,5	47,4	10,5	5,3	26,3	
22	21,1		15,8	63,2		
23	5,3	47,4		47,4		
24	47,4		26,3	15,8	10,5	
25	15,8	36,8	10,5	5,3	31,6	
26			73,7	26,3		
27	5,3		10,5	10,5	73,7	

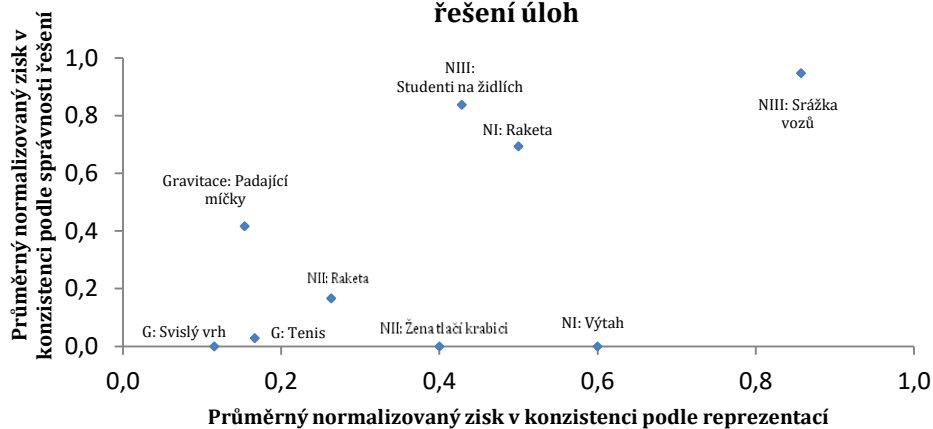
Tabulka 3.4.2: Relativní četnost odpovědí: post-test						
Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	21,1		47,4	31,6		
2	100					
3	10,5	52,6	5,3	31,6		
4 i)	73,7				26,3	
4 ii)	5,3	15,8	5,3	47,4		26,3
4 iii)			73,7			26,3
5	73,7			21,1	5,3	
6	21,1	57,9		21,1		
7			10,5	78,9	10,5	
8				5,3	94,7	
9	31,6	10,5	57,9			
10	5,3	10,5	5,3	26,3	52,6	
11	5,3				94,7	
12	57,9	36,8			5,3	
13	15,8	36,8	47,4			
14		15,8	84,2			
15		47,4		42,1	10,5	
16	10,5		10,5	5,3	73,7	
17	5,3	94,7				
18	15,8	73,7		10,5		
19	57,9	5,3	21,1	15,8		
20	94,7		5,3			
21		36,8	5,3		57,9	
22	26,3		15,8	57,9		
23		21,1		78,9		
24	26,3		26,3	36,8	10,5	
25	68,4	15,8		5,3	10,5	
26	73,7		26,3			
27			15,8	15,8	68,4	

Následující grafy týkající se konzistence řešení ilustrují, že v době absolvování pre-testu neměli žáci převážně vybudovanou představu o zákonech newtonovské mechaniky. Výsledky pěti úloh z devíti a příslušné normalizované zisky však ukazují na výrazný posun ve vytváření struktury v uvažování žáků.

**Graf 3.4.4: Průměrná konzistence v řešení úloh**



**Graf 3.4.5: Průměrný normalizovaný zisk v konzistenci řešení úloh**



### 3.4.2. Diskuze výsledků třídy 1A

Přibližně u poloviny žáků ve třídě 1A převládá i po absolvování výuky dynamiky představa, že doba pádu kuličky puštěné z malé výšky závisí na její hmotnosti. Oproti pre-testu však došlo v post-testu k výraznému navýšení podílu správných odpovědí. Při řešení úlohy o svislém vrhu žádný ze žáků ne zvolil správnou odpověď ve kterékoliv její reprezentaci. Nejčastěji volenou variantou odpovědi byl plynulý přechod síly působící vzhůru v tíhovou sílu působící dolů, a to v nejvyšším bodě trajektorie.

U obou úloh týkajících se třetího Newtonova zákona byla již v době absolvování pre-testu pozorovatelná vysoká konzistence v uvažování. Přibližně tři čtvrtiny žáků volily popis interakce dvou různě hmotných objektů takový, že těžší objekt působí na lehčí větší silou. V post-testu došlo k mírnému nárůstu konzistence, důležitější však je, že byly voleny až na výjimky správné odpovědi. U žáků, kteří neodpověděli správně, přetrvávala představa zjištěná v pre-testu a popsaná výše.

V úlohách o druhém Newtonově zákoně byla přibližně stejně často volena odpověď, že dojde za stálého silového působení na objekt v určitém momentu k ustálení rychlosti nebo že jakmile začne síla působit, dojde ke skokovému zvýšení rychlosti. Oproti pre-testu nebyla v post-testu pozorována výraznější změna preference odpovědí.

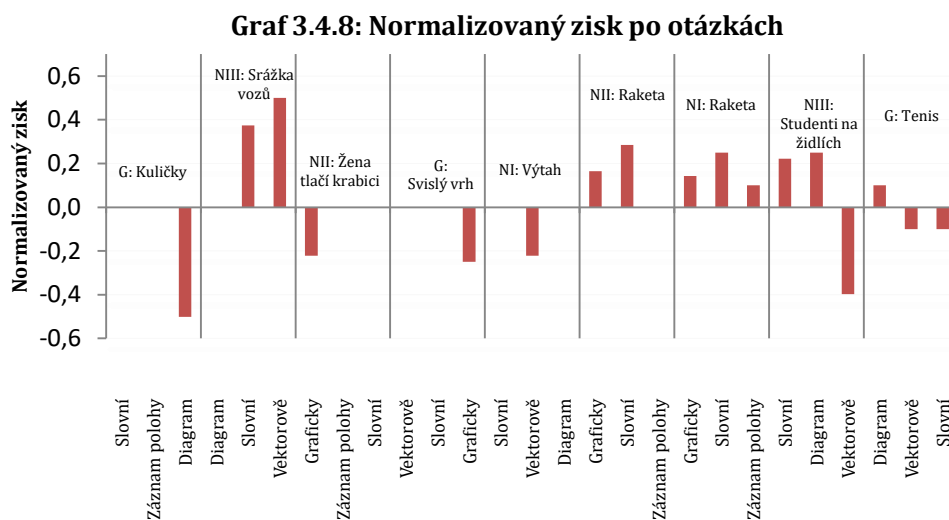
Úlohy vyžadující aplikaci prvního Newtonova zákona byly již diskutovány výše. Nejčastějším řešením úlohy o výtahu jedoucím rovnoměrně přímočaře byla odpověď odpovídající představě, že výslednice sil působících na pohybující se objekt má stejný směr jako rychlost, tedy že síla táhnoucí výtah vzhůru je větší než tíhová síla působící na výtah. Ve výběru tohoto řešení navíc byli studenti v post-testu ještě více jednotní, než v pre-testu. Oproti tomu v úloze o raketě, na kterou nepůsobí vnější síly, došlo k výraznému posunu v úvahách žáků. Nepřekvapí, že v pre-testu bylo nejčastěji volenou možností plynulé snižování rychlosti rakety poté, co ustane tah motorů. V post-testu však již výrazně převažovaly správné odpovědi.

Řešení úlohy o tenisovém míčku volili žáci přibližně stejně v obou testech. Převládá představa „uložení síly“ do míčku, ačkoliv interakce s tenisovou raketou již ustala.

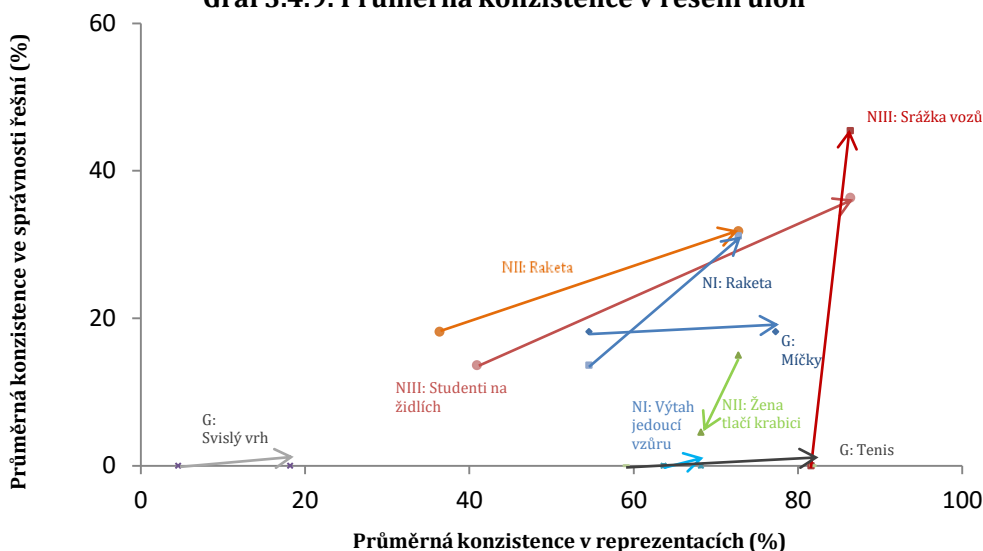


Při čtení výsledků z grafu 3.4.7 je třeba pamatovat na nízký počet žáků, jejichž výsledky byly zpracovány. Velké odchylky v průměrné úspěšnosti u jednotlivých otázek znamenají pouze malý rozdíl co do skutečného počtu správných odpovědí. Oproti očekávání odpověděla i na nejjednodušší otázky, tj. ty spojené se třetím Newtonovým zákonem, správně v post-testu jen přibližně polovina žáků. Překvapivě vysoký podíl správných odpovědí mají otázky k úloze o raketě pohybující se zrychleným pohybem. Z výsledků nelze vyčíst pravidelnost v preferenci některých reprezentací.

V grafu 3.4.8 jsou vidět normalizované zisky po otázkách, které často dosahují záporných hodnot, avšak jen u některých reprezentací a nemůžeme z nich vyčíst žádnou výraznou změnu v uvažování žáků. Podívejme se tedy rovnou i na to, jak se měnila konzistence odpovědí u jednotlivých úloh, abychom si mohli vytvořit bližší představu, zda došlo k upevnění miskoncepce.

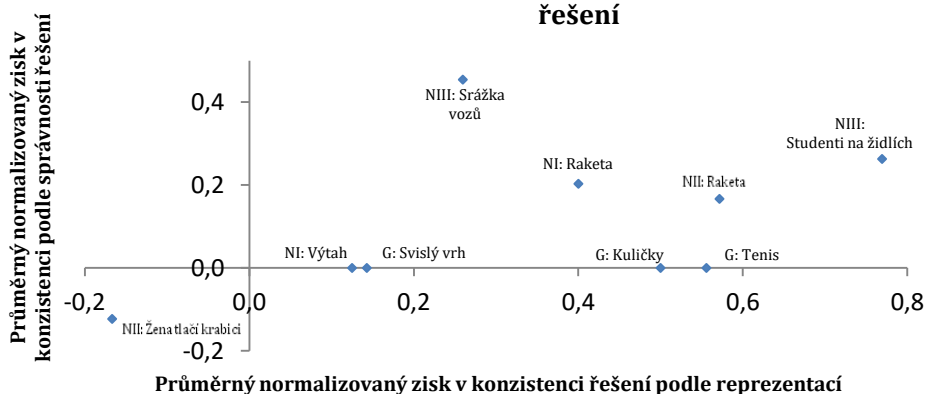


**Graf 3.4.9: Průměrná konzistence v řešení úloh**



Z posledního grafu je již lépe vidět, že ačkoliv u většiny úloh nedošlo k nárůstu podílu správných řešení v post-testu oproti pre-testu, došlo u pěti úloh k výraznému zvýšení výskytu konzistentních řešení, můžeme tedy usoudit, že došlo ke strukturalizaci představ žáků o zákonech mechaniky. Pokud však jde o konzistentně správná řešení, byl až na jednu úlohu (srážka vozů) zjištěn velmi nízký dopad výuky, jak ukazují jednotlivé normalizované zisky v grafu níže.

**Graf 3.4.10: Průměrný normalizovaný zisk v konzistenci řešení**





Tabulka 3.4.3: Relativní četnost odpovědí: pre-test						
Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	18,2	18,2	18,2	45,5		
2	36,4	9,1		54,5		
3	18,2	36,4	27,3	18,2		
4 i)	72,7	18,2			9,1	
4 ii)	18,2	45,5		27,3		9,1
4 iii)			81,8			18,2
5	54,5				45,5	
6	9,1	45,5		45,5		
7			18,2	36,4	45,5	
8		45,5	9,1	27,3	18,2	
9	18,2	9,1	72,7			
10		36,4	9,1	36,4	18,2	
11	54,5	18,2			27,3	
12	27,3	27,3	9,1	18,2	18,2	
13	9,1	27,3	63,6			
14	9,1	18,2	45,5	9,1	18,2	
15		45,5	9,1	36,4	9,1	
16	9,1		36,4	27,3	27,3	
17	45,5	27,3	9,1		18,2	
18	9,1	81,8	9,1			
19	45,5	9,1	18,2	18,2	9,1	
20	9,1		72,7	9,1	9,1	
21		27,3	18,2	18,2	36,4	
22	9,1	27,3	27,3	36,4		
23	27,3	18,2	9,1	45,5		
24	27,3	9,1	27,3	18,2	18,2	
25	9,1	45,5	18,2	9,1	18,2	
26	54,5	9,1		27,3	9,1	
27	9,1	27,3	9,1	18,2	36,4	

Tabulka 3.4.4: Relativní četnost odpovědí: post-test						
Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	27,3		18,2	36,4	18,2	
2	36,4			63,6		
3		27,3	27,3	45,5		
4 i)	###					
4 ii)		54,5		36,4	0,0	9,1
4 iii)			###			
5	45,5				54,5	
6	27,3	18,2		54,5		
7			18,2	45,5	36,4	
8		36,4		27,3	36,4	
9	9,1	18,2	72,7			
10		18,2		63,6	18,2	
11	45,5				54,5	
12	18,2	36,4	9,1	18,2	18,2	
13	9,1	27,3	63,6			
14			81,8	9,1	9,1	
15		27,3		54,5	18,2	
16	45,5		9,1		45,5	
17	18,2	45,5			36,4	
18		90,9	9,1			
19	18,2	54,5		18,2	9,1	
20	54,5	9,1	36,4			
21		36,4	18,2		45,5	
22	18,2	9,1	36,4	36,4		
23		45,5	9,1	45,5		
24	36,4		27,3	36,4		
25	18,2	27,3	18,2	9,1	27,3	
26	36,4		45,5	18,2		
27	9,1	9,1			81,8	

### 3.4.4 Diskuze výsledků třídy 1B

V úloze o padajících kuličkách bylo zjištěno rozšíření a posílení představy, že doba jejich pádu z malé výšky výrazně závisí na jejich hmotnosti. Oproti tomu v další úloze o

gravitaci (svislý vrh) nebylo zjištěno upevnění miskoncepcí, protože došlo jen k nízkému nárůstu konzistence odpovědí, navíc až na dvě výjimky u jedné z reprezentací nevyplnili žáci k této úloze v post-testu žádné správné odpovědi.

Nejčastěji volenou odpovědí u úlohy o tenisovém míčku ve větru byla varianta, že na míček po celou dobu, kdy letí po své trajektorii, působí všechny tři síly zmíněné v zadání, tedy odporová síla prostředí, gravitační síla a síla úderu tenisovou raketou.

U úlohy o srážce vozů došlo k mírnému zlepšení konzistence odpovědí, přibližně polovina respondentů však uvádí, že kamion bude na osobní vůz při srážce působit větší silou než opačně. Vysokého nárůstu konzistence odpovědí si můžeme všimnout u úlohy o studentech na židlích. Stojí za zmínku, že tři žáci uvedli jako odpověď, že těžší student bude působit na lehčího silou, lehčí na těžšího však nikoliv.

Úlohu o raketě pohybující se zrychleným pohybem vyřešila správně přibližně polovina studentů. Další časté odpovědi odpovídaly představě, že rychlost bude růst jen do určitého okamžiku a pak bude konstantní, případně že dojde ke skokovému zdvojnásobení rychlosti rakety. Druhá úloha o druhém Newtonově zákonu týkající se strkání krabice byla pro žáky obtížnější, dokonce došlo k velmi mírnému snížení konzistence odpovědí. Zjištěné miskoncepce však odpovídají řešením úlohy o raketě.

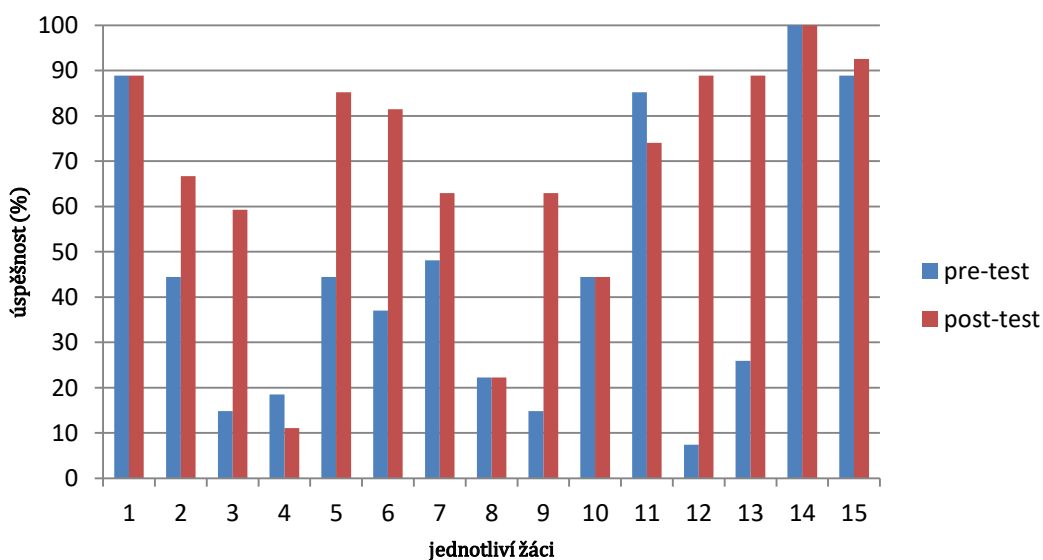
U úloh o prvním Newtonově zákonu byl zaznamenán jen mírný nárůst konzistence odpovědí. Na otázky týkající se rovnoměrného pohybu výtahu žáci odpovídali v souladu s představou, že síla lana táhnoucího výtah je větší, než tíhová síla působící na výtah. Úloha o raketě již měla větší podíl správných řešení. Nejčastěji volenou chybnou odpovědí bylo, že rychlost rakety začne okamžitě po vypnutí motoru plynule klesat.

## 4. Výsledky průzkumu provedeného na MFF UK

### 4.1. Výsledky studentů oboru Fyzika zaměřená na vzdělávání

Pre-test byl na MFF UK zadán studentům oboru Fyzika zaměřená na vzdělávání na prvním cvičení z mechaniky na začátku akademického roku 2018/2019. Na rozdíl od žáků, jejichž výsledky byly vyhodnocovány v předchozí kapitole, respondenti již v době absolvování pre-testu prošli školní výukou fyziky na střední škole. Post-test byl zadán po necelých dvou měsících studia fyziky na vysoké škole. Ke zpracování byly vybrány výsledky 15 studentů.

Graf 4.1.1: Úspěšnost jednotlivých studentů (pre-test a post-test)



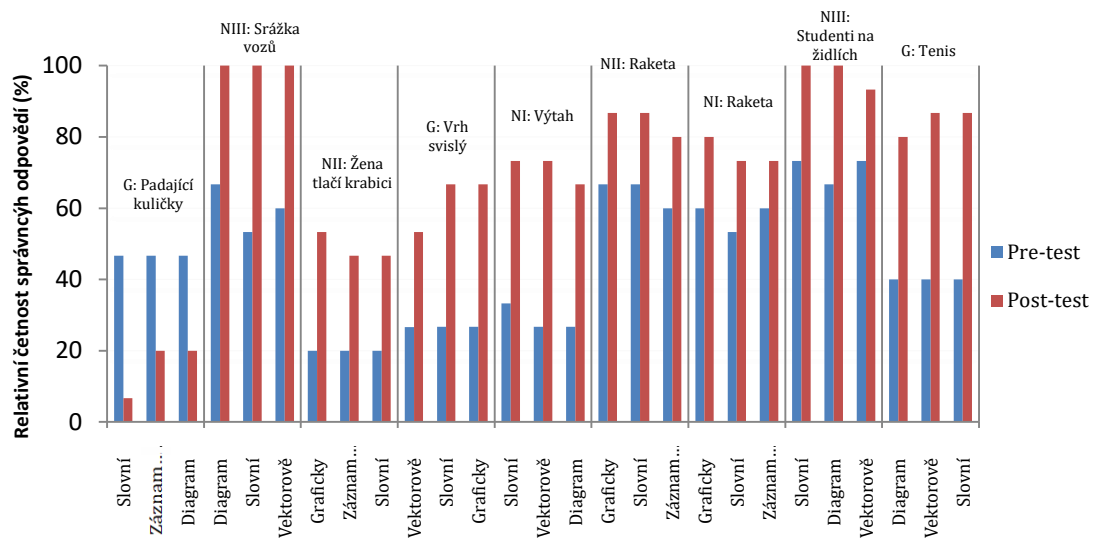
Průměrná úspěšnost studentů v pre-testu byla 46 %. Pouze čtyři studenti přesáhli poloviční podíl správných odpovědí, pět student mělo dokonce v testu velmi nízkou úspěšnost a v testu zodpověděli správně méně než třetinu otázek. V post-testu byla průměrná úspěšnost 69 %, přičemž 8 z 15 studentů vyřešilo správně tři čtvrtiny úloh nebo více. Průměrný normalizovaný zisk byl 0,36, jde tedy o hodnotu indikující mírný dopad výuky na uvažování žáků. U pěti studentů byl pak zjištěn vysoký dopad výuky. V následujících odstavcích se zaměříme na výsledky zobrazené v grafech 4.1.2 a 4.1.3 na následující straně.

Již v pre-testu byl v porovnání se žáky středních škol podíl správných řešení podstatně vyšší u všech otázek. Překvapivě úspěšnější ve srovnání s ostatními úlohami byli studenti v řešení úlohy o volném pádu kovových kuliček, kde úspěšnost byla větší

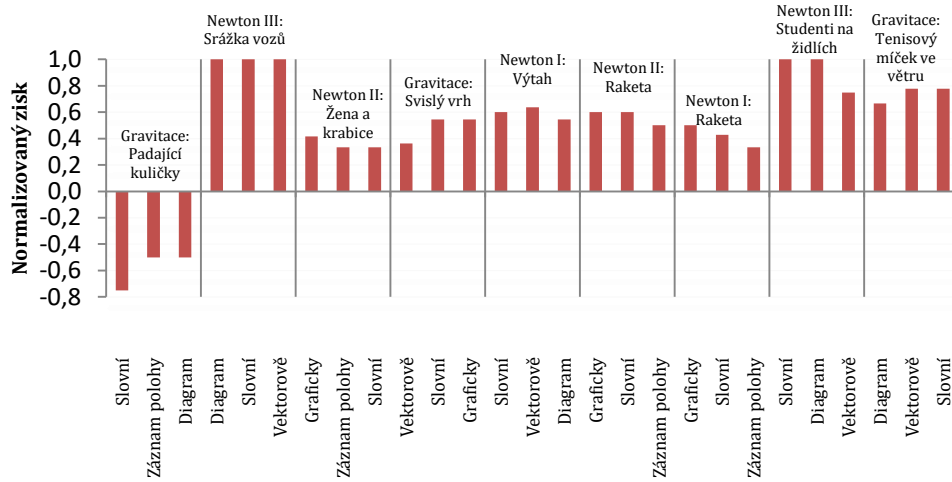
než 40 %. Dále čtyři studenti správně vyřešili úlohu o svislém vrhu. Stejný počet studentů vyřešil správně obtížnou úlohu týkající se prvního Newtonova zákona o výtahu jedoucím vzhůru. V úloze o raketě, na kterou nepůsobí žádné síly, byli již respondenti úspěšnější, podíl správných řešení byl více než poloviční. Stejně tak byla daleko častěji správně vyřešena jednodušší úloha týkající se druhého Newtonova zákona o raketě, na kterou působí konstantní síla oproti úloze o ženě tlačící krabici. Úlohy o třetím Newtonově zákonu byly dle očekávání pro žáky nejjednodušší.

V post-testu již v úlohách o třetím Newtonově zákonu byla úspěšnost téměř stoprocentní. Zejména úlohy o svislém vrhu a ženě tlačící krabici se však stále ukazovaly jako obtížné. Velmi zajímavé je podstatné snížení počtu správných odpovědí v úloze o padajících kuličkách. Výsledek ovlivnil experiment s tenisovými míčky výrazně odlišné hmotnosti puštěnými z Nuselského mostu, který studenti viděli v průběhu výuky. V této situaci byl rozdíl v dopadu míčku již značný. Studenti to pak vztáhli i na situaci v testové úloze, kdy byly podmínky ovšem odlišné. Lze však s jistotou dojít k závěru, že absolvování dvou měsíců cvičení a seminářů z mechaniky mělo na uvažování žáků nezanedbatelný vliv.

**Graf 4.1.2: Průměrná úspěšnost žáků po otázkách**



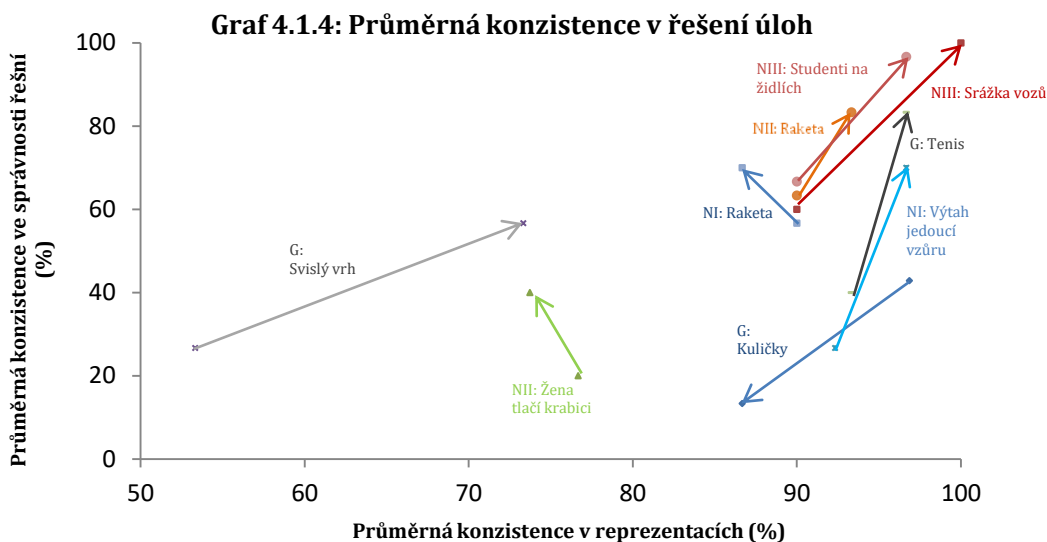
**Graf 4.1.3: Normalizovaný zisk po otázkách**



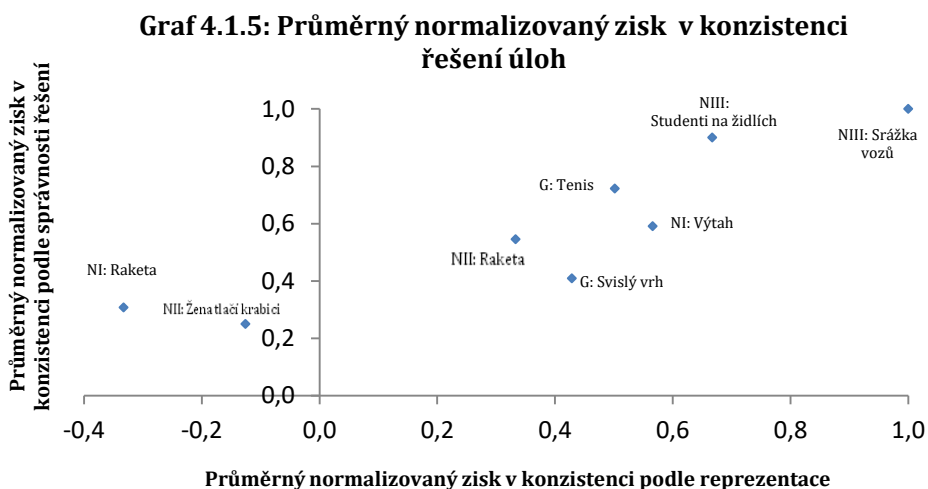
Tabulka 4.1.1: Relativní četnost odpovědí: pre-test						
Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	20,0		46,7	33,3		
2	66,7			33,3		
3	20,0	40,0		33,3	6,7	
4 i)	73,3		26,7			
4 ii)		40,0	26,7	33,3		
4 iii)			86,7			13,3
5	53,3	33,3		6,7	6,7	
6	6,7	26,7		66,7		
7				60,0	40,0	
8				26,7	73,3	
9	20,0	40,0	40,0			
10		20,0		33,3	46,7	
11	46,7				53,3	
12	20,0	33,3	20,0	20,0	6,7	
13	13,3	20,0	40,0	26,7		
14		26,7	60,0		13,3	
15		26,7		66,7	6,7	
16	6,7	6,7	33,3		53,3	
17	26,7	66,7			6,7	
18	40,0	60,0				
19	46,7	20,0		33,3		
20	60,0		40,0			
21		53,3	20,0	6,7	20,0	
22	33,3	26,7	6,7	33,3		
23		13,3	26,7	60,0		
24	20,0		60,0	20,0		
25	60,0	20,0	6,7		13,3	
26	73,3		26,7			
27			40,0		60,0	

Tabulka 4.1.2: Relativní četnost odpovědí: post-test						
Číslo otázky	Varianta odpovědi					
	A	B	C	D	E	F
1	40,0		6,7	53,3		
2	100					
3	53,3	20,0	6,7	20,0		
4 i)	40,0		60,0			
4 ii)		40,0	53,3	6,7		
4 iii)			66,7			33,3
5	26,7	73,3				
6		13,3		86,7		
7	13,3		6,7	80,0		
8					100	
9		80,0	20,0			
10		26,7	6,7	46,7	20,0	
11					100	
12	26,7	13,3	13,3	46,7		
13		13,3	20,0	66,7		
14		73,3	26,7			
15		13,3		86,7		
16	6,7		6,7	13,3	73,3	
17		100				
18	86,7	13,3				
19	20,0	40,0	6,7	33,3		
20	100					
21		20,0	46,7	6,7	26,7	
22	13,3	66,7	13,3	6,7		
23		6,7	66,7	26,7		
24	6,7		80,0	13,3		
25	73,3	6,7	6,7	13,3		
26	93,3		6,7			
27			86,7		13,3	

V tabulkách 4.1.1 a 4.1.2 jsou uvedeny relativní četnosti jednotlivých odpovědí, správná odpověď je podbarvena zeleně, nejčastější chybná odpověď žlutě.



V grafu 4.1.4 vidíme na první pohled nápadné snížení konzistence jak podle reprezentací, tak podle vědecké správnosti u úlohy o padajících kuličkách, které jsme diskutovali již v minulých odstavcích. Až na úlohu o svislém vrhu a o ženě tlačící krabici byly všechny relativní průměrné konzistence podle reprezentací vysoké, a to jak v pre-testu, tak v post-testu.



Normalizovaný zisk pro úlohu o padajících kuličkách není v grafu 4.1.5 uveden, protože průměrný normalizovaný zisk v konzistenci podle reprezentace dosáhl hodnoty -3,25, jeho zahrnutí do grafu by tedy značně snížilo přehlednost dalších dat. Příslušný průměrný normalizovaný zisk ve vědecké konzistenci byl -0,52.

#### 4.2. Diskuze výsledků studentů oboru Fyzika zaměřená na vzdělávání

Výsledky úlohy o padajících kuličkách již byly částečně okomentovány v odstavci věnovaném interpretaci dat z grafu 4.1.2. Z tabulky 4.1.2 je však vidět, že třetina

studentů i v post-testu uvedla jako odpověď, že doba pádu těžší kuličky bude poloviční než u lehčí kuličky, což oproti odpovědi, že příslušná doba pádu bude jen podstatně rozdílná, nelze interpretovat jako správnou odpověď, nýbrž jako přetrvávající miskoncepci.

V úloze o srážce vozů a o studentech na židlích byla úspěšnost až na jednu odpověď stoprocentní. V pre-testu přibližně čtvrtina studentů volila možnost, že těžší objekt bude na lehčí působit větší silou.

Úloha o ženě tlačící krabici byla pro studenty i v době absolvování post-testu obtížná. Velmi častou odpovědí bylo, že dojde ke skokovému zvýšení rychlosti krabice, jakmile dojde ke zdvojnásobení síly, kterou žena působí.

V úloze o výtahu jedoucím vzhůru v post-test stále přibližně čtvrtina studentů volila odpověď, že síla působící vzhůru je větší, než tíhová síla působící na výtah. V pre-testu to byla přibližně polovina studentů. Úspěšnost v řešení úlohy o raketě, na kterou nepůsobí síly, byla v post-testu srovnatelná s úspěšností v úloze o výtahu. Dva studenti uvedli, že rychlost rakety bude po vypnutí motorů plynule klesat. V pre-testu tuto možnost volila třetina studentů.

V úloze o raketě, na kterou působí síla motoru, byla v post-testu úspěšnost velmi vysoká. V pre-testu byla kromě správné odpovědi prakticky jedinou volenou variantou ta, že rychlost raket bude chvíli růst a za stálého působení nenulové síly se nakonec ustálí, odpověděla tak čtvrtina studentů.

V pre-testu byla v úloze o míčku odraženém tenisovou raketou nejčastější odpověď ta, že na míček bude působit síla úderu tenisovou raketou, ačkoliv se míček rakety již nedotýká. V post-testu bylo znatelné potlačení této představy, kdy se jí již drželi jen dva studenti.



## 5. Porovnání výsledků s finským průzkumem, diskuze

### 5.1. Porovnání výsledků s finským průzkumem

Vzhledem k charakteru školy, na které byl ve Finsku test R-FCI v rámci průzkumu [1] zadán, byly k porovnání vybrány výsledky z pražských gymnázií. Na finských středních školách test vyplnilo 168 žáků, na pražských gymnáziích celkem 70 žáků. Všichni respondenti studovali v prvním ročníku, v době absolvování pre-testu tedy měli povědomí o formálním pojetí dynamiky z výuky na druhém stupni základní školy. Porovnána bude konzistence v řešení jednotlivých úloh, a to jak podle reprezentací, tak podle správnosti. V tabulce 5.1.1 jsou uvedeny výsledky českých středoškoláků, v tab. 5.1.2 výsledky finský středoškoláků. Popisky T1-T30 odpovídají pořadě popiskům v tabulce 5.1.1.

**Tabulka 5.1.1: Výsledky žáků českých gymnázií**

	Konzistence podle reprezentace		Konzistence ve správnosti řešení	
	pre-test (%)	post-test (%)	pre-test (%)	post-test (%)
G: Padající kuličky	75	79	12	31
NIII: Srážka vozů	79	86	13	67
G: Vrh svislý	26	33	0	6
NI: Výtah jedoucí vzhůru	71	84	0	16
NII: Raketa	50	49	9	19
NI: Raketa	66	74	19	44
NII: Žena tlačí krabici	41	52	0	3
NIII: Studenti na židlích	74	85	9	66
G: Míček ve větru	76	81	6	16
<b>Celkem</b>	<b>62</b>	<b>69</b>	<b>8</b>	<b>30</b>

**Tabulka 5.1.2: Výsledky žáků finských středních škol [1]**

TABLE X. Students' ( $n=168$ ) percentage of average points for representational and scientific consistency in themes.

Theme	Representational consistency		Scientific consistency	
	Pretest (%)	Post-test (%)	Pretest (%)	Post-test (%)
T1	71	82	34	49
T4	82	92	24	89
T13	27	60	0	41
T17	69	87	5	71
T22	67	81	23	37
T24	74	87	48	68
T26	45	65	3	8
T28	83	96	26	93
T30	86	84	2	60
All	67	81	18	57

Z porovnání údajů v tabulkách je vidět výrazně menší úspěšnost českých žáků ve všech úlohách co do vědecké správnosti, a to v pre-testu i v post-testu. Čeští i finští žáci byli v pre-testu málo úspěšní v řešení složitějších úloh testu (svislý vrh, výtah jedoucí vzhůru, žena tlačící krabici, tenisový míček ve větru), v post-testu však byli již finští žáci ve všech úlohách kromě úlohy o ženě tlačící krabici výrazně úspěšnější, zatímco u českých žáků lze pozorovat jen velmi tud zlepšení. Celková průměrná konzistence za všechny úlohy podle reprezentací byla v pre-testu srovnatelná, post-testu však byla zjištěná konzistence u českých žáků daleko nižší než u finských (69 vs. 81 %). Pro představu, výsledek finských žáků odpovídá průměrnému normalizovanému zisku 0,42, zatímco u českých žáků průměrný normalizovaný zisk v konzistenci podle reprezentací dosáhl hodnoty 0,18. Ta značí jen nízký dopad výuky na uvažování žáků. Ještě více alarmující je porovnání průměrných normalizovaných zisků ve vědecké konzistenci (0,48 u finských žáků vs. 0,24 u českých žáků).

Pro úplnost uvádím data z tabulky 5.1.1 i pro studenty MFF UK a pro žáky střední průmyslové školy P.

**Tabulka 5.1.3: Výsledky studentů oboru Fyzika zaměřená na vzdělávání**

	Konzistence podle reprezentace		Konzistence ve správnosti řešení	
	pre-test (%)	post-test (%)	pre-test (%)	post-test (%)
G: Padající kuličky	97	87	43	13
NIII: Srážka vozů	90	100	60	100
G: Vrh svislý	53	73	27	57
NI: Výtah jedoucí vzhůru	92	97	27	70
NII: Raketa	90	93	63	83
NI: Raketa	90	87	57	70
NII: Žena tlačí krabici	77	74	20	40
NIII: Studenti na židlích	90	97	67	97
G: Míček ve větru	93	97	40	83
<b>Celkem</b>	<b>86</b>	<b>89</b>	<b>45</b>	<b>68</b>

**Tabulka 5.1.4: Výsledky žáků střední průmyslové školy P**

	Konzistence podle reprezentace		Konzistence ve správnosti řešení	
	pre-test (%)	post-test (%)	pre-test (%)	post-test (%)
G: Padající kuličky	70	85	7	7
NIII: Srážka vozů	83	87	13	46
G: Vrh svislý	54	48	0	7
NI: Výtah jedoucí vzhůru	31	50	0	0
NII: Raketa	85	91	0	13
NI: Raketa	61	78	30	48
NII: Žena tlačí krabici	70	96	33	57
NIII: Studenti na židlích	74	93	19	52
G: Míček ve větru	76	85	4	19
<b>Celkem</b>	<b>67</b>	<b>79</b>	<b>12</b>	<b>28</b>

## 5.2. Diskuze častých miskoncepcí

V následující části jsou rozebrány nejčastější odpovědi sedmdesáti žáků pražských gymnázií u jednotlivých úloh a stručné shrnutí výsledků ostatních testovaných skupin středoškoláků.

- Gravitační působení: Padající kuličky

V pre-testu volilo správné odpovědi u této úlohy 13 - 17 % žáků v závislosti na reprezentaci, přičemž nejvíce správných odpovědí bylo při slovní reprezentaci úlohy, nejméně pak u otázky, kde byl použit tzv. „záznam pohybu“. 24 - 46 % žáků volilo možnost, že doba pádu těžší kuličky je výrazně kratší oproti době pádu lehčí kuličky, ne však nutně poloviční. Nejméně žáků tuto odpověď volilo ve slovní reprezentaci úlohy, nejvíce v reprezentaci pomocí grafu. Odpověď, že doba pádu je přesně poloviční pro těžší kuličku, volilo 29 % žáků ve slovní reprezentaci, v reprezentaci pomocí grafu pak dokonce 43 % žáků.

V post-testu správné odpovědi volilo přibližně 36 % žáků, a to nezávisle na reprezentaci úlohy. Tuto nezávislost úspěšnosti na reprezentaci můžeme přičíst tomu, že žáci si v průběhu středoškolské výuky zvykli pracovat s grafy. To potvrzuje i výrazné zvýšení zjištěné vědecké konzistence u této úlohy, jak je zaznamenáno v tabulce 5.1.1. Možnost, že doba pádu těžší kuličky bude přesně poloviční oproti době pádu lehčí kuličky, volil v post-testu přibližně stejný počet žáků, jako v pre-testu. Variantu, že doby pádu se budou výrazně lišit, zvolila ve slovní reprezentaci přibližně třetina žáků. V reprezentaci pomocí

grafu to byla méně než čtvrtina žáků. Je však zajímavé, že 14 % žáků volilo v poslední zmíněné reprezentaci možnost, že doba pádu bude kratší pro lehčí kuličku. To můžeme přičíst špatné orientaci těchto žáků v nabízených grafech, protože u ostatních reprezentací byl podíl žáků volících tuto možnost mnohem menší.

Jak ukazují výsledky post-testu, tato úloha byla pro žáky i po absolvování několika měsíců výuky dynamiky velmi obtížná.

- Třetí Newtonův zákon: Srážka vozů

V pre-testu volilo správnou odpověď 16 % žáků v reprezentaci pomocí vektorů, 13 % ve slovní reprezentaci a 24 % v reprezentaci pomocí grafu. Nápadně nízkou úspěšnost ve slovní reprezentaci můžeme vysvětlit například tím, že správná odpověď je v souboru nabízených odpovědí zařazena až jako poslední, je tedy možné, že někteří žáci se až k této variantě „nepročetli“. Dle očekávání se nejčastěji uplatňovala při řešení představa, že těžší kamion bude na osobní vůz působit při srážce větší silou; tuto variantu volilo ve všech reprezentacích 60 % žáků nebo více.

V post-testu již u této úlohy volily správnou odpověď přibližně dvě třetiny respondentů, počet správných odpovědí závisel na reprezentaci úlohy velmi málo. Necelá třetina žáků pak uplatňovala představu, že těžší vůz bude na lehčí působit větší silou.

- Druhý Newtonův zákon: Žena tlačí krabici

V této úloze volilo v pre-testu správnou odpověď v reprezentaci pomocí grafu 16 % žáků, v ostatních reprezentacích to bylo méně než 10 % žáků. Volené odpovědi byly v této úloze narozdíl od většiny ostatních velmi různorodé. Přibližně polovina žáků volila možnost, že rychlost krabice bude při zdvojnásobení působící síly chvíli růst a poté se ustálí. Z takto získané odpovědi však není jasné, jaká úvaha stojí za touto volbou. Jednou z možností je aplikace představy, že velikost třecí síly mezi krabicí a povrchem, po kterém je tlačena, závisí na rychlosti krabice, případně že sílu, kterou působí žena, vyrovná při vyšší rychlosti odpor prostředí, tj. vzduchu. Druhá zmíněná představa není chybná, prakticky je však nepravděpodobné, že by žena dokázala krabici tlačit

dostatečnou silou nebo dostatečně dlouho na to, aby se odporové síly prostředí mohly výrazněji projevit.

Dále přibližně 30 % žáků uvádělo, že dojde při zdvojnásobení působící síly ke skokovému zdvojnásobení rychlosti krabice.

V post-testu nebyl zjištěn významnější nárůst počtu správných odpovědí ve kterékoliv z reprezentací. Navíc došlo k mírnému posílení představy, že při zvětšení působící síly dojde ke skokovému zvýšení rychlosti krabice, na úkor představy, že rychlost krabice se za stálého silového působení ženy po chvíli růstu ustálí. Tyto rozdíly jsou však oproti pre-testu v rámci jednotek procentních bodů.

- Gravitační působení (svislý vrh)

Tato úloha byla pro žáky z celého testu zdaleka nejobtížnější. Správně ji v pre-testu dokázalo vyřešit jen pět z celkového počtu sedmdesáti respondentů, a to pouze v reprezentaci pomocí grafů. Rovněž byli žáci v pre-testu při řešení otázek spojených s touto úlohou velmi málo konzistentní ve svém uvažování. V reprezentaci pomocí grafů nadpoloviční většina žáků uvedla, že na kuličku bude při pohybu směrem vzhůru působit stále se zmenšující síla v tomto směru a při pohybu směrem k zemi na ni bude působit rostoucí síla mířící dolů. Ve slovní reprezentaci pak polovina žáků volila možnost, že na kuličku bude působit síla hodů s vlastnostmi popsanými výše a síla mířící dolů bude konstantní a bude na kuličku působit po celou dobu, kdy sledujeme její trajektorii. Vzhledem k tomu, že v reprezentaci pomocí vektorů nelze ze zvolené odpovědi vysledovat časový vývoj sil, nedá se posoudit, zda žáci uplatnili při řešení stejné představy jako ve zbylých otázkách. Tato úloha je tak místo plošného testování vhodná spíše k rozhovoru se žáky.

V post-testu se již správná řešení objevovala ve všech reprezentacích, stále byl však jejich podíl vždy menší než 10 %. Obecně však volené odpovědi byly velmi odobné jako v pre-testu.

- První Newtonův zákon: Výtah jedoucí vzhůru

V pre-testu i v post-testu drtivá většina žáků uplatnila při řešení otázek příslušných úloze o výtahu představu, že výtah se pohybuje rovnoměrným pohybem vzhůru díky tomu, že na něj působí směrem vzhůru větší síla než

směrem dolů, tj. síla tahu lana je větší než tíhová síla působící na výtah. V pre-testu úlohu takto řešilo 70 % žáků ve slovní reprezentaci a více než 90 % žáků v reprezentaci vektory a diagramem, v post-testu stejné řešení zvolily přibližně tři čtvrtiny žáků ve všech reprezentacích. Dále je zajímavé, že ve slovní reprezentaci zvolilo v pre-testu 15 % respondentů odpověď, že na výtah v popsané situaci nepůsobí vůbec žádné síly; v ostatních reprezentacích tato odpověď nebyla zdaleka tak často volena. Ve slovní reprezentaci bylo totiž u příslušné odpovědi napsáno v závorce i „vysvětlení“, že výtah se pohybuje díky zkracování ocelového lana a ne kvůli tomu, že na něj působí lano silou směrem vzhůru. Právě to, že bylo u odpovědi napsáno i toto její rozvedení, mohlo zapříčinit, že ji žáci často volili jako zdánlivě správnou. Správné řešení zvolili v pre-testu jeden až čtyři žáci ze sedmdesáti, nejvyšší úspěšnosti bylo dosaženo ve slovní reprezentaci. V post-testu volila správnou odpověď přibližně pětina žáků.

- Druhý Newtonův zákon: Raketa

V pre-testu vybralo správnou odpověď 15 – 27 % žáků v závislosti na reprezentaci. Nejúspěšnější byli žáci při reprezentaci záznamem pohybu, nejméně úspěšní pak byli při slovní reprezentaci úlohy. Obecně byla řešení žáků podle reprezentací v této úloze velmi málo konzistentní. V reprezentaci pomocí grafu závislosti rychlosti rakety na čase odpovědělo přibližně 35 % žáků v souladu s představou, že rychlost rakety bude po zapnutí motorů nadále konstantní. Přibližně stejný počet žáků pak uplatnil představu, že rychlost rakety bude po zapnutí motorů chvíli růst a poté dojde za stálého silového působení na raketu k ustálení rychlosti.

Druhá zmíněná představa se uplatňovala při řešení úlohy v její slovní reprezentaci daleko častěji; v souladu s ní bylo uvedeno více než 60 % odpovědí. 19 % žáků uvedlo, že rychlost po zapnutí motorů bude konstantní.

V reprezentaci pomocí záznamu pohybu 37 % žáků uvedlo, že rychlost bude po zapnutí motorů konstantní, pětina pak, že rychlost rakety bude po zapnutí motorů plynule růst a po chvíli se ustálí.

I v post-testu byla úspěšnost žáků závislá na reprezentaci. Nejúspěšnější byli žáci při řešení ve slovní reprezentaci, správnou odpověď zvolilo více než 40 % respondentů, v reprezentaci pomocí záznamu pohybu byla třetina správných odpovědí. Nejméně úspěšní byli žáci při reprezentaci pomocí grafu, správnou

odpověď zvolila čtvrtina respondentů. Podíly různých odpovědí byly v post-testu oproti pre-testu velmi málo odlišné, jen ve slovní reprezentaci úlohy ubylo odpovědí odpovídajících představě, že dojde po chvíli růstu k ustálení rychlosti rakety za stálého silového působení motorů. Tuto odpověď volilo v post-testu 40 % žáků.

- První Newtonův zákon: Raketa

V pre-testu bylo u této úlohy uvedena přibližně čtvrtina správných odpovědí. Dvě třetiny žáků uvedly, že po vypnutí motorů rakety dojde ke snížení rychlosti rakety, a to buď okamžitě, nebo po chvíli, kdy bude rychlost rakety konstantní. V post-testu uvedla správnou odpověď polovina žáků ve slovní reprezentaci a v reprezentaci pomocí grafu. V reprezentaci záznamem pohybu uvedlo správnou odpověď 40 % žáků. 40 % žáků dále ve všech reprezentacích uvádělo, že rychlost rakety začne po vypnutí motorů rakety klesat.

- Třetí Newtonův zákon: Studenti na židlích

V pre-testu zvolilo správnou odpověď přibližně 15 % respondentů ve všech reprezentacích. Více než polovina žáků uvedla, že těžší student bude na lehčího působit při odstrkování větší silou. Čtvrtina žáků pak uvedla, že lehčí student na těžšího při odstrkování silou působit nebude, a to ve všech reprezentacích.

V post-testu uvedly správnou odpověď dvě třetiny žáků nebo více. Nejúspěšnější byli žáci při slovní reprezentaci úlohy, kde správnou odpověď zvolilo 79 % respondentů. Zbylí žáci se i v post-testu drželi představy, že těžší student bude na lehčího působit větší silou.

- Gravitační působení: Tenisový míček odražený raketou

V pre-testu se většina žáků přiklonila k představě, že na tenisový míček budou po odražení raketou působit všechny tři síly zmíněné v zadání, tedy i síla úderu tenisovou raketou. Příslušnou odpověď zvolily nejméně dvě třetiny žáků, v reprezentaci pomocí vektorů to bylo dokonce 80 %. Správnou odpověď volilo přibližně 10 % žáků.

V post-testu volila správnou odpověď přibližně pětina žáků. Počet žáků, kteří uvažovali působení všech v zadání nabízených sil, klesl oproti pre-testu zhruba o deset procentních bodů.

Zjištěné miskoncepce u žáků technického lycea odpovídaly miskonceptům zjištěným u žáků gymnázií, u většiny úloh však byli žáci lycea méně úspěšní. Výjimkou byla úloha o raketě vyžadující aplikaci druhého Newtonova zákona, kde v post-testu volila správnou odpověď více než polovina žáků ve všech reprezentacích. Ve složitější úloze spojené s touto problematikou, tedy v úloze o ženě tlačící krabici, byla však úspěšnost opět nízká a srovnatelná s úspěšností žáků gymnázií.

U žáků střední průmyslové školy pak bylo v post-testu dosaženo výsledků srovnatelných s žáky lycea a gymnázií pouze v úlohách spojených se třetím Newtonovým zákonem. Stejně tak byly odhalené miskoncepce analogické, je však zajímavé, že konzistence odpovědí byla v porovnání s ostatními skupinami vysoká, viz graf 3.1.9.

### **5.3. Názor některých vyučujících na R-FCI**

Tři vyučující testovaných tříd byli poté, co jejich žáci absolvovali post-test, podrobněji dotazováni, zda

- již slyšeli o testu FCI a zda ho někdy využili ve výuce
- vidí v testu R-FCI nedostatky, které by mohly studenty při řešení mást
- se často setkávají s miskoncepty u svých žáků a zda se je snaží aktivně detekovat
- učí své žáky pracovat s grafy a diagramy a zda je umí jejich žáci efektivně využívat

Vyučující tříd 1L a 1D z průmyslové školy P uvedl, že o testu FCI nikdy neslyšel. Zadání některých úloh testu R-FCI považoval za matoucí, a to zejména v případě, kdy žáci vyplňují pre-test. Konkrétně bylo předmětem kritiky zadání úlohy o padajících kuličkách, protože není v textu uvedeno, jak jsou kuličky velké, tj. chybí informace, která by pomohla vytvořit si představu o efektech odporových sil v dané situaci. Vyučující dále upozorňoval, že v zadání úlohy o ženě tlačící krabici nebylo výrazněji upozorněno na působení třecí síly mezi krabicí a povrchem, po kterém se krabice pohybuje. Právě implikaci „žena tlačí krabici konstantní vodorovnou silou, v důsledku toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí“ považoval za matoucí, a to zejména pro žáky, kteří v době absolvování pre-testu nebyli s dynamikou obeznámeni dostatečně



důkladně, a tak v dané situaci odporovou sílu vůbec neuvažovali a mohli nabýt dojmu, že krabice se skutečně pohybuje konstantní rychlostí v důsledku působení pouze jedné nenulové síly. S tímto názorem se ztotožnil rovněž vyučující z gymnázia S. Dále vyučující z průmyslové školy P uvedl, že se s miskoncepcemi u žáků občas setkává a že se snaží zejména kladením důrazu na vzájemná silová působení těles o jejich potlačení. V rámci výuky žáky vede k používání grafů a diagramů v situacích, kdy je tento přístup efektivní. Přesto je však čtení grafů pro žáky obtížné.

Vyučující z gymnázia S uvedl, že o testu FCI slyšel v rámci výuky didaktiky fyziky na vysoké škole, neměl však k němu přístup, a tak jej nemohl ve výuce použít. Význam testu R-FCI vidí v možnosti použít jej jako podklad pro diskuzi se žáky při výuce, nezdá mu však vhodný jako nástroj k hodnocení žáků. Vyučující dále uvádí, že miskoncepce odhaluje zejména u žáků čtyřletého gymnázia velmi často. Samotnou detekci miskoncepcí provádí vedením diskuze se žáky a ústním zkoušením. V souladu s vyučujícím ze školy P tvrdí, že práce s grafy je pro žáky velmi obtížná a že žáci neumí v grafech a tabulkách vyhledávat informace.

Vyučující z gymnázia N, třídy 1B, se s testem FCI před zadáním R-FCI nikdy nesetkal. R-FCI podle něj dobře vystihuje situace, které mohou být pro žáky obtížné, a při následné diskuzi volených odpovědí se žáky může pomoci s potlačením miskoncepcí. Prekoncepce a miskoncepce se snaží odhalovat tak, že nechává své žáky formulovat vlastní názory a pohled na danou situaci, přičemž při odhalení nekonzistentních nebo chybných představ uvádí protipříklady a představuje vědecky přesnější pojetí. Dále vyučující uvádí, že se snaží grafy ve výuce využívat k vysvětlení problematiky, a tak jsou jeho žáci na jejich používání zvyklí.

## Závěr

V rámci této bakalářské práce byl do češtiny přeložen test Representational Variant of Force Concept Inventory (R-FCI). Dále byl test zadán ve čtyřech třídách na pražských gymnáziích, ve dvou třídách na střední průmyslové škole a v rámci cvičení z mechaniky též studentům prvního ročníku oboru Fyzika zaměřená na vzdělávání. Pro každou skupinu respondentů byly výsledky zvlášť zpracovány a byly rozebrány nejčastější miskoncepce. Dále byly porovnány výsledky žáků pražských gymnázií s výsledky žáků finských středních škol [1]. Vytyčené cíle práce tedy byly splněny.

Téma diagnostiky prekonceptí a miskonceptí je z mého pohledu v procesu výuky fyziky velmi důležité. Již od prvního ročníku jsem si u sebe i svých spolužáků, kteří během přednášek z fyziky neměli problém s chápáním nových pojmů či s formulací pohybových rovnic popisujících rozličné situace, všiml převládajících miskonceptí, které by teoreticky měly být překonány absolvováním výuky dynamiky již na střední škole. Právě cvičící fyziky v prvním semestru prvního ročníku oboru Fyzika zaměřená na vzdělávání na MFF UK a vedoucí této práce, RNDr. Dana Mandíková, CSc., aplikovala během povinné výuky i volitelných seminářů mnoho nástrojů určených k diagnóze žákovských miskonceptí a vzhledem k zaměření studentů tyto nástroje rovněž v rámci výuky představovala. Právě to vzbudilo můj zájem o žákovské prekoncepce a miskoncepce a ovlivnilo to mé směřování při výběru bakalářské práce.

Jak je vidět ze závěrečné diskuze, některé odpovědi získané od respondentů, kteří vyplnili test R-FCI, může být obtížné interpretovat. Zejména jde o odpovědi k úlohám týkajícím se druhého Newtonova zákona a gravitačního působení, kde bylo uvažování žáků často málo konzistentní a volené odpovědi rozličné. Aby tedy byl plně využit potenciál R-FCI, bylo by vhodné se studenty vést rozhovor o situacích v něm rozebíraných. Způsobem zpracování výsledků popsaným v této práci sice lze odhalit přítomnost miskonceptí, jejich konkrétní podoba však může stále zůstat zadavateli testu skryta. Proto by bylo vhodné dále využít R-FCI jako podklad pro diskuzi se žáky a studenty o obtížných tématech newtonovské mechaniky, abychom mohli nahlédnout pod pomyslnou pokličku žákovských miskonceptí a rozkrýt systém, který tvoří. Toto využití R-FCI testu tak může být podkladem pro další zkoumání.

## Seznam použité literatury

- [1] Nieminen, P., Savinainen, A., Viiri, J.: Force Concept Inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 6(2), 020109, 2010
- [2] Hestens, D., Wells, M., Swackhamer, G.: Force concept inventory. *The Physics Teacher* 30, 1992, s. 141 – 151
- [3] Richard R. Hake: Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics* 66, 1998, s. 64 – 74
- [4] Čížková, D.: Prekoncepce studentů o síle a pohybu. Diplomová práce, MFF UK, 2009
- [5] Jakubská, I.: Strategie žáků při řešení úloh z mechaniky zkoumané metodou oční kamery. Diplomová práce, MFF UK, 2018
- [6] Hestens, D., Halloun, I.: Interpreting the Force Concept Inventory. *The Physics Teacher* 33, 1995, s. 502 – 506

## **Příloha A: Pokyny pro zadávajícího**

### **Varianta testu FCI s různými reprezentacemi**

Pasi Nieminen (University of Jyväskylä, Finland)

Antti Savinainen (University of Jyväskylä; Kuopio Lyseo High School, Finland)

Jouni Viiri (University of Jyväskylä, Finland)

### **Pokyny pro zadávajícího**

The Representational Variant of the Force Concept Inventory<sup>1</sup> (R-FCI) je variantou testu FCI<sup>2</sup> s otázkami s výběrem odpovědí, který byl navržen k mapování znalostí a pochopení základů newtonovské mechaniky. Jeho primárním účelem je hodnocení efektivity výuky mechaniky na středních školách.

Tento soubor dokumentů obsahuje zadání, archy pro záznam odpovědí a seznam správných odpovědí k testu R-FCI. Je nutné, aby studenti vrátili po vyplnění testu všechny kopie zadání vyučujícímu. Během vyplňování odpovědí mohou studenti použít pouze tužku a papír, tedy nemají k dispozici učebnice, tabulky, ani poznámky. Před studenty tento test nenazývejte R-FCI, můžete si vymyslet vlastní název nebo jej ponechat bez názvu.

---

<sup>1</sup> Nieminen, P., Savinainen, A. and Viiri, J. (2010). Force Concept Inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 6(2), 020109.

<sup>2</sup> Halloun, I., Hake, R., Mosca, E. and Hestenes, D. (1995). *Force Concept Inventory (Revised 1995)*.

## Seznam správných odpovědí

Číslo otázky	Správná odpověď
1.	C
2.	A
3.	A
4. i)	C
4. ii)	C
4. iii)	C
5.	B
6.	D
7.	D
8.	E
9.	B
10.	E
11.	E
12.	D
13.	D
14.	B
15.	D
16.	E
17.	B
18.	A
19.	A
20.	A
21.	C
22.	B
23.	C
24.	C
25.	A
26.	A
27.	C

## Příloha B: Arch pro zaznamenání odpovědí

### Arch pro zaznamenání odpovědí

Datum: \_\_\_\_\_

Název školy: \_\_\_\_\_

Třída: \_\_\_\_\_

Jméno: \_\_\_\_\_

Číslo otázky	Odpověď
1.	
2.	
3.	
4. i)	
4. ii)	
4. iii)	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	
13.	
14.	
15.	
16.	
17.	
18.	
19.	
20.	
21.	
22.	
23.	
24.	
25.	
26.	
27.	

## **Příloha C: Zadání R-FCI testu v češtině**

# 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



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:

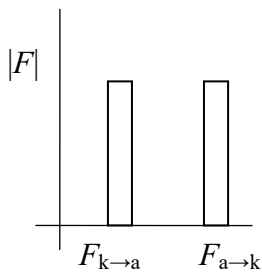
- (A) přibližně poloviční pro těžší kuličku než pro lehčí kuličku.
- (B) přibližně poloviční pro lehčí kuličku než pro těžší kuličku.
- (C) přibližně stejný pro obě kuličky.
- (D) výrazně kratší pro těžší kuličku, ale ne nutně poloviční.
- (E) výrazně kratší pro lehčí kuličku, ale ne nutně poloviční.

2. Velký kamion se srazí čelně s malým osobním autem.

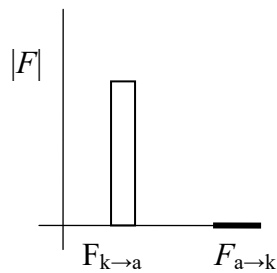
Označme sílu, kterou působí kamion na auto,  $F_{k \rightarrow a}$  a sílu, kterou působí auto na kamion,  $F_{a \rightarrow k}$ .

Který z následujících diagramů nejlépe popisuje velikost průměrných sil, které působí v průběhu srážky na kamion a osobní auto?

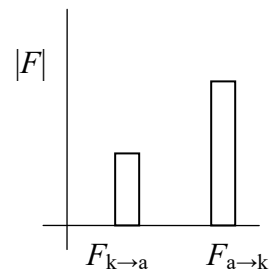
a)



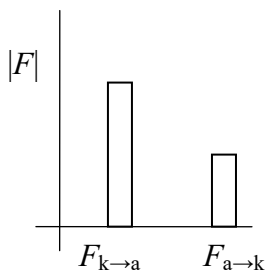
b)



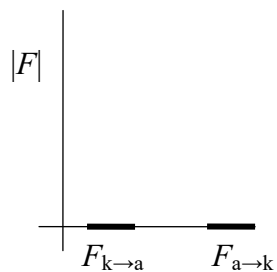
c)



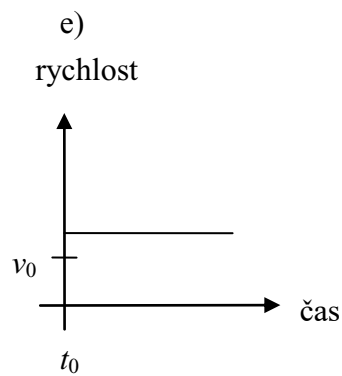
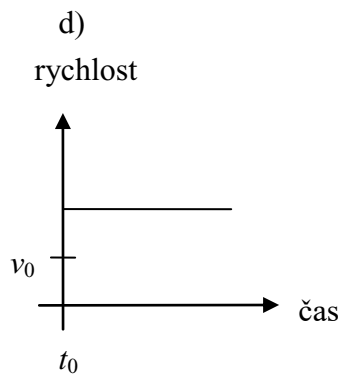
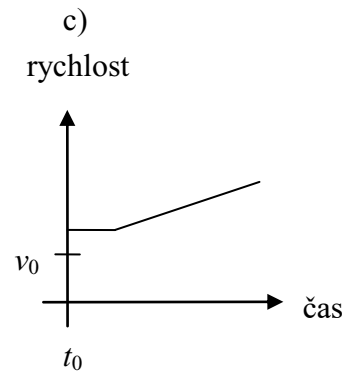
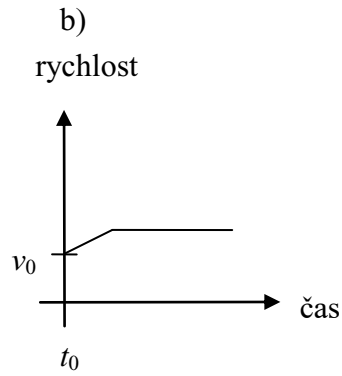
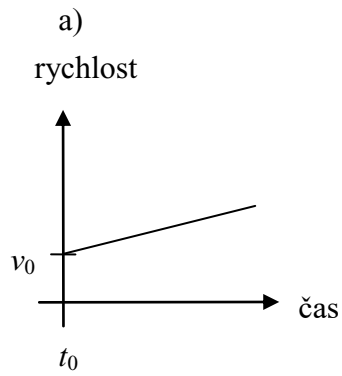
d)



e)

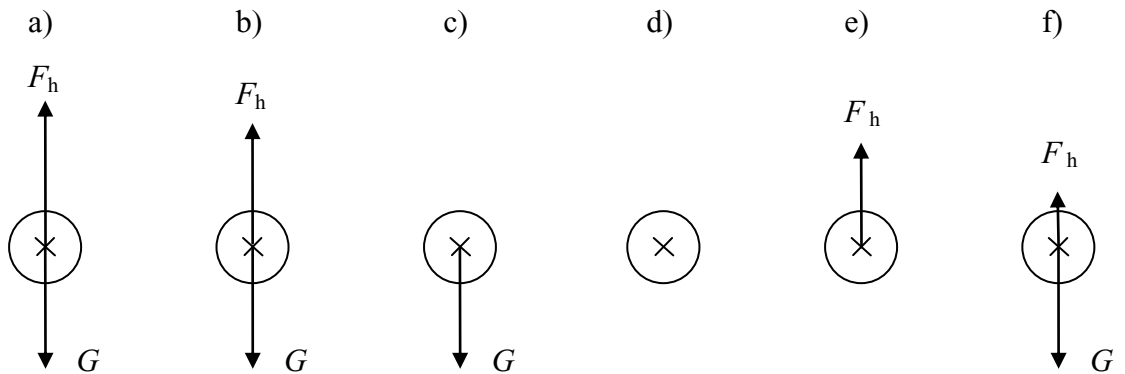


3. Žena tlačí velkou krabicí konstantní vodorovnou silou. V důsledku toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí  $v_0$  po vodorovné podlaze. V čase  $t_0$  žena zdvojnásobí tuto vodorovnou sílu, kterou na krabici působí, a ta se pohybuje dále po stejné podlaze. Který z následujících grafů nejlépe popisuje závislost rychlosti krabice na čase?



4. Chlapec vyhodí ocelovou kuličku svisle vzhůru. Odpor vzduchu zanedbejte. Která z možností a) – f) nejlépe popisuje síly působící na kuličku ve třech následujících situacích?

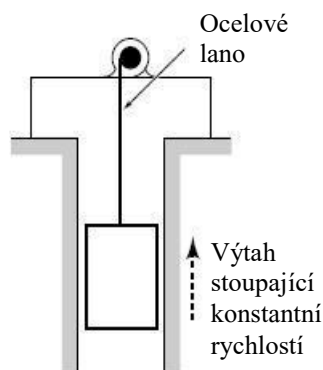
- Kulička opustila chlapcovu ruku a stoupá:
- Kulička dosáhla nejvyššího bodu:
- Kulička již klesá, ale ještě nedopadla na zem:



$G$ ... tíhová síla

$F_h$ ... síla „hodu“

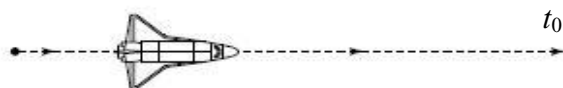
5. Výtah jede výtahovou šachtou konstantní rychlostí nahoru a je tažen ocelovým lanem, jak ukazuje obrázek. Tření (včetně odporu vzduchu) je zanedbatelné.



Co platí pro síly působící na výtah v této situaci?

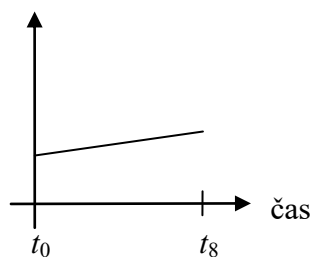
- Síla, kterou působí lano směrem vzhůru, je větší než tíhová síla mířící dolů.
- Síla, kterou působí lano směrem vzhůru, je stejná jako tíhová síla mířící dolů.
- Síla, kterou působí lano směrem vzhůru, je menší než tíhová síla mířící dolů.
- Síla, kterou působí lano směrem vzhůru, je větší než součet tíhové síly mířící dolů a síly, kterou působí vzduch směrem dolů.
- Žádná z uvedených možností. (Výtah se pohybuje nahoru díky zkracování ocelového lana a ne kvůli tomu, že na něj působí lano silou směrem vzhůru.)

6. Raketa se pohybuje ve vesmíru. Na raketu nepůsobí žádné vnější síly. V čase  $t_0$  se zapne motor rakety, který působí na raketu konstantní silou. Síla působí ve směru pohybu rakety. V čase  $t_8$  je motor rakety vypnut.

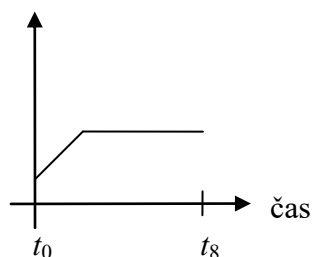


Který z následujících grafů nejlépe popisuje závislost rychlosti rakety na čase v časovém intervalu  $t_0 - t_8$ ?

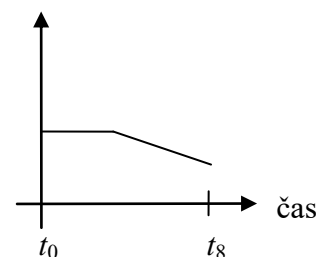
a)  
rychlost



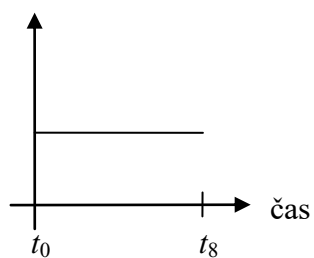
b)  
rychlost



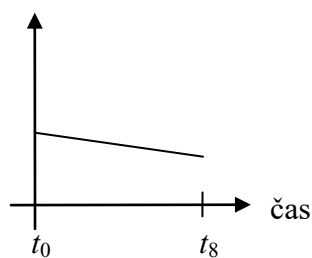
c)  
rychlost



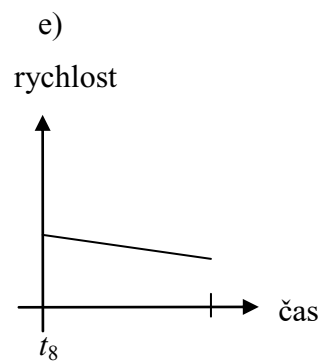
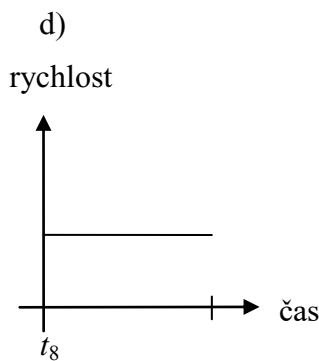
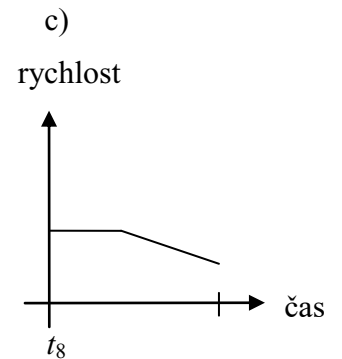
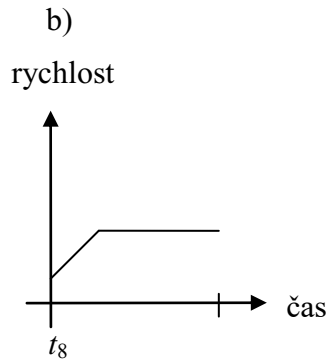
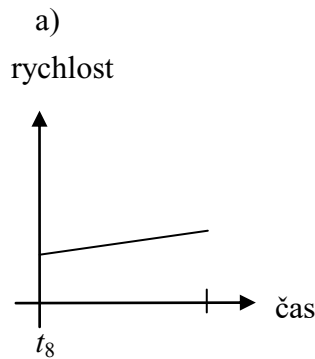
d)  
rychlost



e)  
rychlost

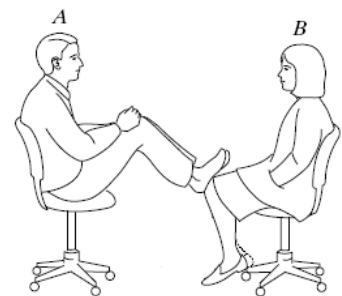


7. Uvažujte stejnou situaci, jako v předchozí otázce. Motor rakety je vypnut v čase  $t_8$ . Vyberte z následujících možností graf, který nejlépe popisuje závislost rychlosti rakety na čase od okamžiku  $t_8$  dále.



8. Na obrázku vpravo vidíte studenta A, který váží 75 kg a studentku B, která váží 57 kg. Studenti sedí proti sobě na stejných pojízdných židlích.

Student A se opře bosýma nohama o studentku B, jak vidíte na obrázku. Student A se prudce odstrčí, přičemž uvede obě židle do pohybu.



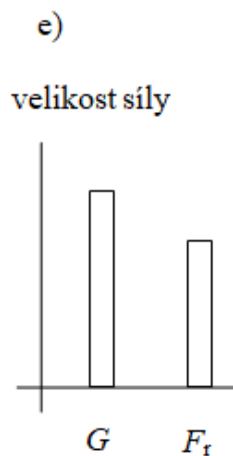
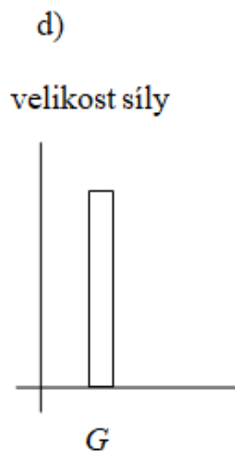
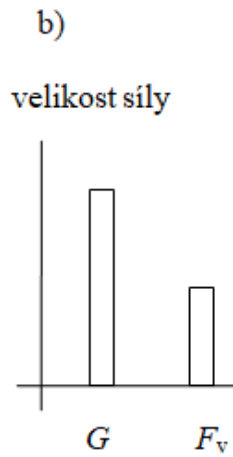
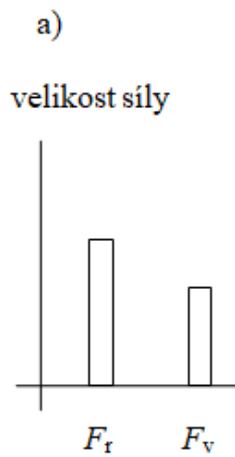
Dokud se studenti během odstrkování stále dotýkají,

- (A) nepůsobí na sebe vzájemně žádnými silami.
- (B) student A působí silou na studentku B, ale studentka 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.

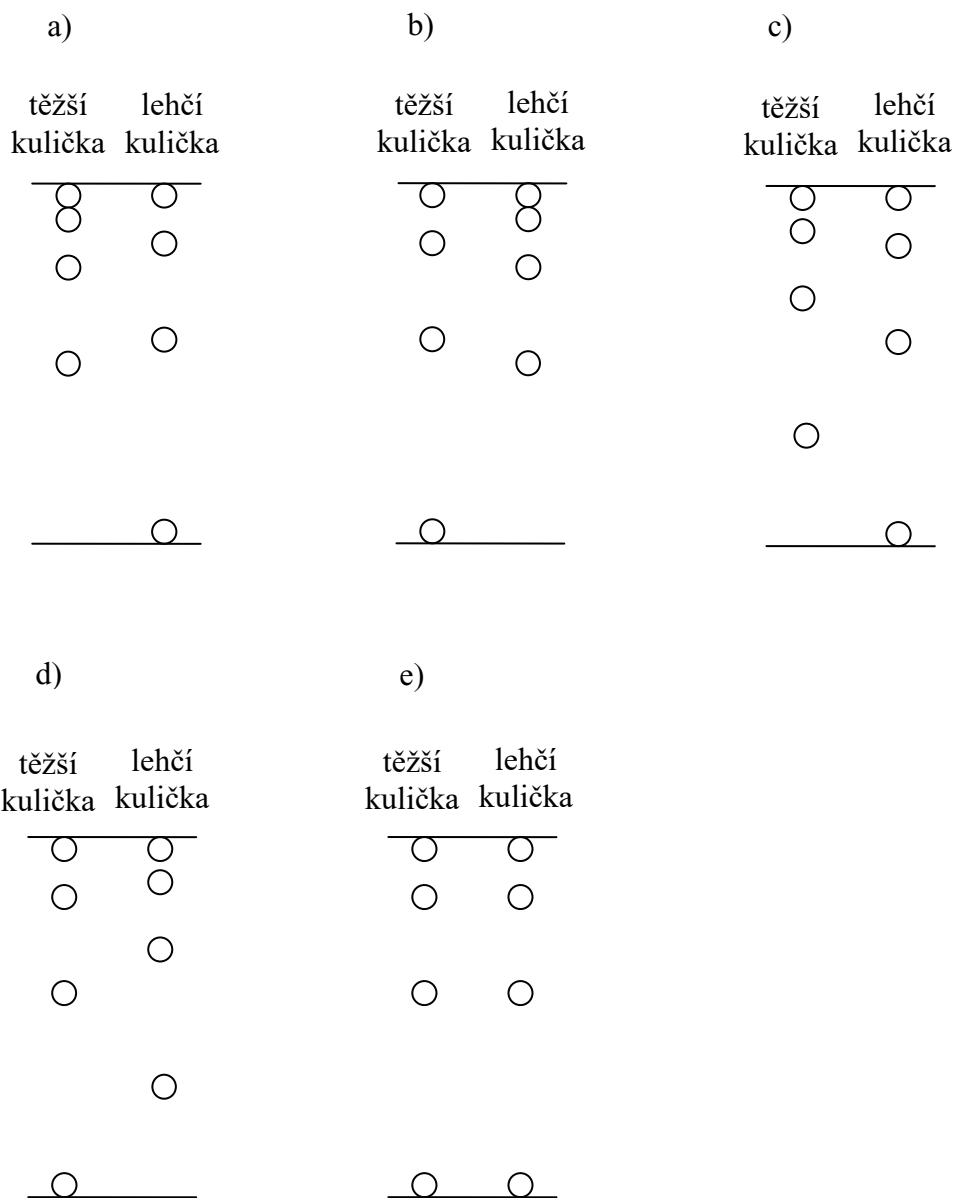
9. Přestože fouká silný vítr, podaří se tenistce trefit míček a přehrát jej přes síť na soupeřovu část hřiště. Vezměte v úvahu následující síly:

1.  $G$  ...tíhová síla
2.  $F_r$  ...síla úderu tenisovou raketou
3.  $F_v$  ...síla, kterou působí vzduch

Který z následujících diagramů nejlépe popisuje velikosti sil působících na míček poté, co ztratil kontakt s tenisovou raketou a zároveň ještě nedopadl na zem?

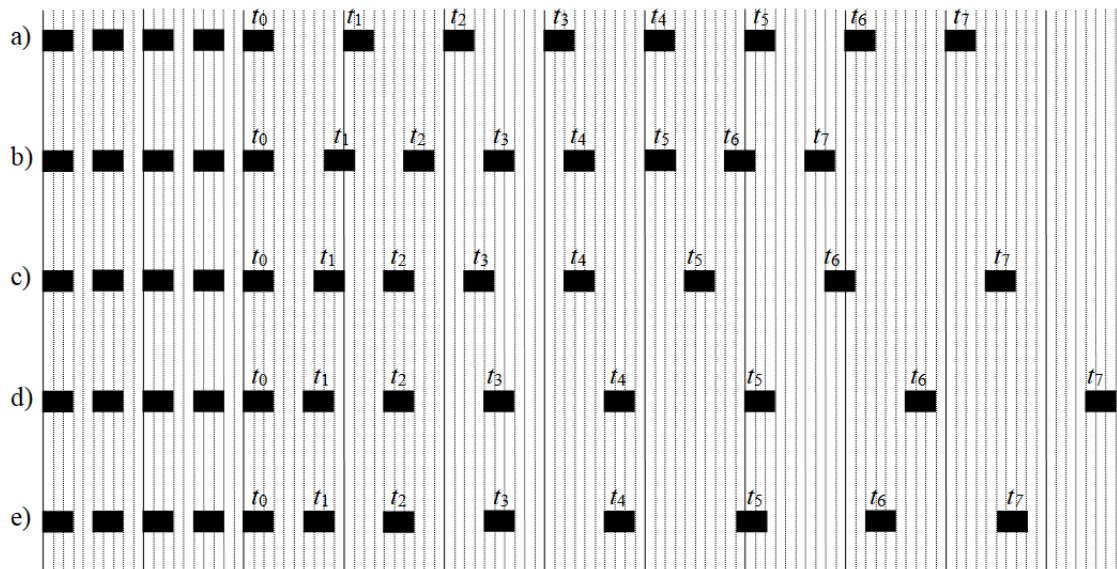


10. Máme dvě stejně velké kovové kuličky, jedna váží dvakrát více než druhá. Tyto kuličky pustíme současně ze střechy jednopodlažní budovy. Během pádu kuličky čtyřikrát vyfotografujeme (obě najednou), vždy po uplynutí stále stejného časového intervalu. Který z obrázků nejlépe popisuje, na jakých místech kuličky během pádu ze střechy budovy na zem zachytíme?



11. Velký kamion se srazí čelně 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.

12. Žena tlačí velkou krabici konstantní vodorovnou silou. V důsledku toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí  $v_0$  po vodorovné podlaze. V čase  $t_0$  žena zdvojnásobí tuto vodorovnou sílu, kterou na krabici působí, a ta se pohybuje dále po stejné podlaze. Krabici vždy po uplynutí stejného časového intervalu vyfotografujeme, fotografie pořídíme v časech  $t_0$  až  $t_7$ . Který z následujících obrázků zachycujících polohy krabice odpovídá tomu, jakou rychlostí se krabice pohybuje v časovém intervalu  $t_0 - t_7$ ?

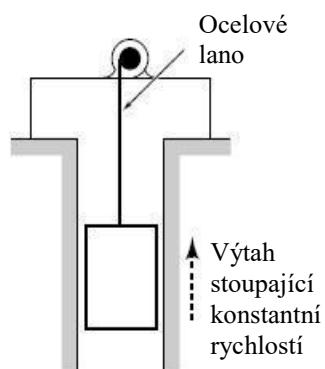


13. Chlapec vyhodí ocelovou kuličku svisle vzhůru. Uvažujte pohyb kuličky od chvíle, co opustila chlapcovu ruku, do doby, než dopadne na zem. Odpor vzduchu zanedbejte. Za těchto podmínek působí na kuličku tyto síly:

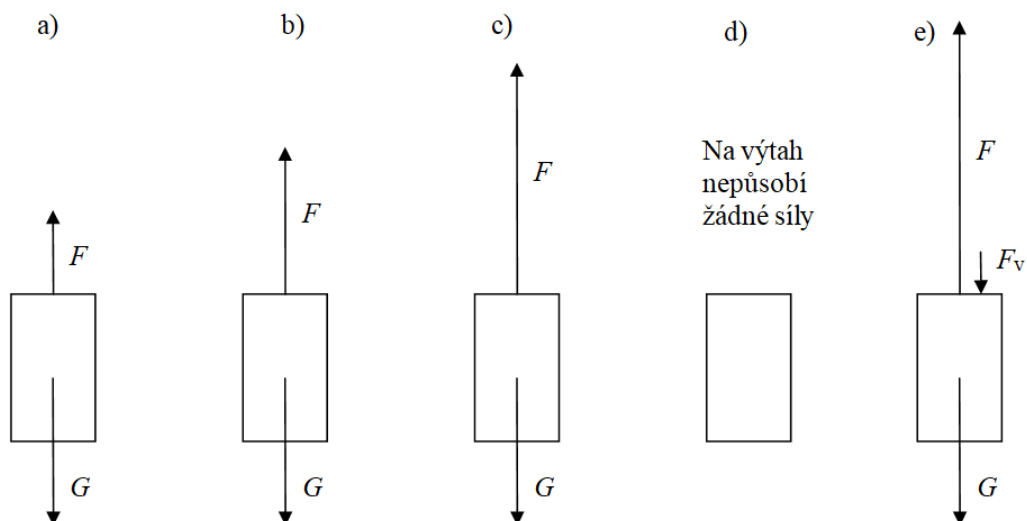
- (A) Tíhová síla působící směrem dolů a stále se zmenšující síla působící směrem nahoru.
- (B) Stále se zmenšující síla směrem nahoru, která na kuličku působí okamžiku, kdy opustila ruku chlapce, do doby, než dosáhne nejvyššího bodu své dráhy; na cestě dolů působí na kuličku stále rostoucí tíhová síla, protože se přibližuje k zemi.
- (C) Téměř konstantní tíhová 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 tíhová síla směrem dolů.
- (D) Působí jen téměř konstantní tíhová síla směrem dolů.
- (E) Žádná z výše popsaných možností. Kulička padá zpátky k zemi díky přirozené tendenci ležet v klidu na zemi.



14. Výtah jede výtahovou šachtou konstantní rychlostí nahoru a je tažen ocelovým lanem, jak ukazuje obrázek. Tření (včetně odporu vzduchu) je zanedbatelné.



Která z následujících možností nejlépe znázorňuje síly působící na výtah?



$F$ .... síla, kterou působí ocelové lano

$F_v$ .... odpor vzduchu

$G$ ..... tíhová síla

15. Raketa se pohybuje ve vesmíru. Na raketu nepůsobí žádné vnější síly. V čase  $t_0$  se zapne motor rakety, který působí na raketu konstantní silou. Síla působí ve směru pohybu rakety. V čase  $t_8$  je motor rakety vypnut.



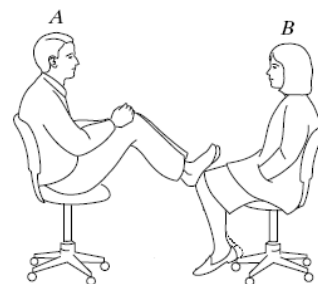
V časovém intervalu  $t_0 - t_8$  je rychlost rakety:

- (A) chvíli konstantní a pak klesá
- (B) chvíli roste a pak je konstantní
- (C) plynule klesající
- (D) plynule rostoucí
- (E) konstantní

16. Uvažujte stejnou situaci, jako v předchozí otázce. Motor rakety je vypnut v čase  $t_8$ . Poté je rychlost rakety:

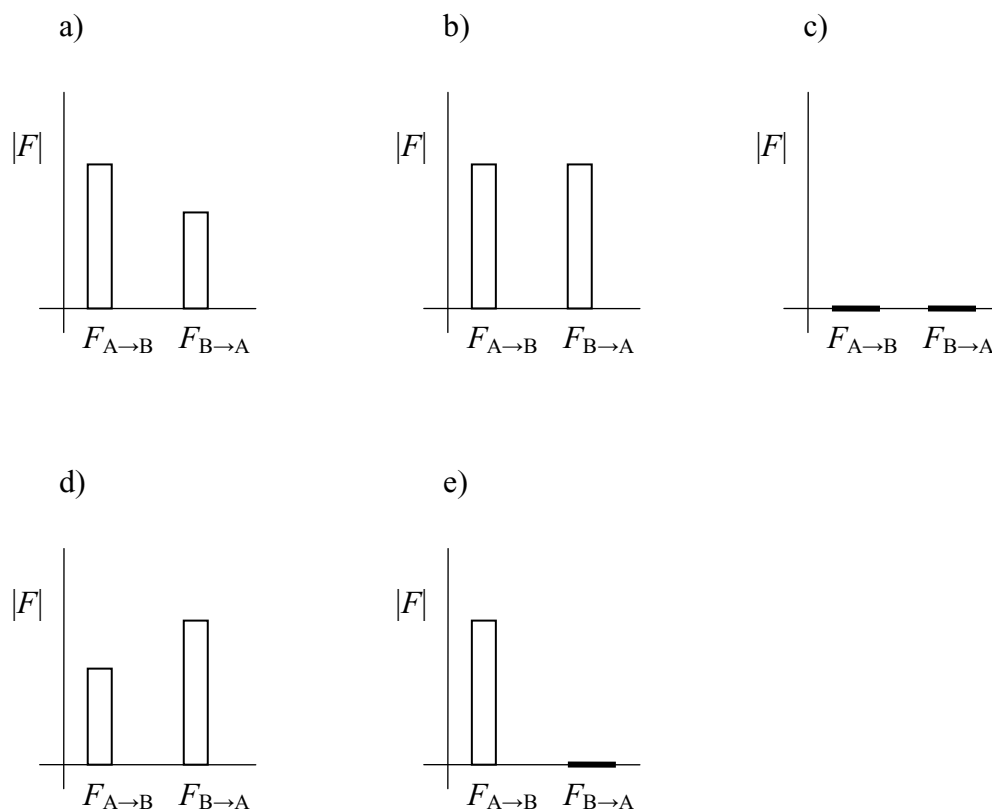
- (A) chvíli konstantní a pak klesá
- (B) chvíli roste a pak je konstantní
- (C) plynule klesající
- (D) plynule rostoucí
- (E) konstantní

17. Na obrázku vpravo vidíte studenta A, který váží 75 kg a studentku B, která váží 57 kg. Studenti sedí proti sobě na stejných pojízdných židlích.



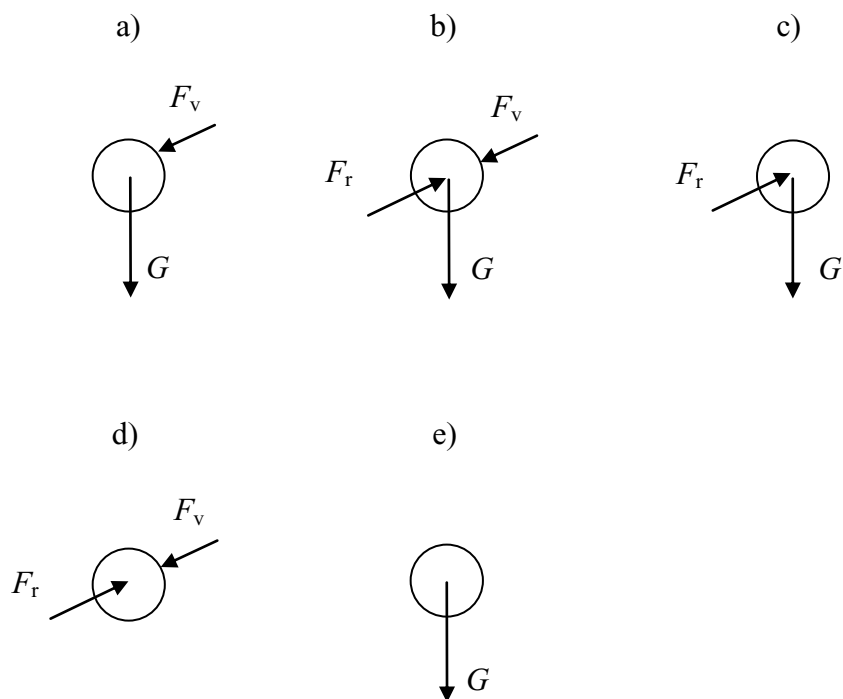
Student A se opře bosýma nohama o studentku B, jak vidíte na obrázku. Student A se prudce odstrčí, přičemž uvede obě židle do pohybu.

Označme sílu, kterou působí student A na studentku B,  $F_{A \rightarrow B}$  a sílu, kterou působí studentka B na studenta A,  $F_{B \rightarrow A}$ . Který z následujících diagramů nejlépe popisuje velikosti průměrných sil působících na studenty A, B během odražení?



18. Přestože fouká silný vítr, podaří se tenistce trefit míček a přehrát jej přes síť na soupeřovu část hřiště.

Která z následujících možností nejlépe znázorňuje síly působící na míček poté, co ztratil kontakt s tenisovou raketou a zároveň ještě nedopadl na zem?

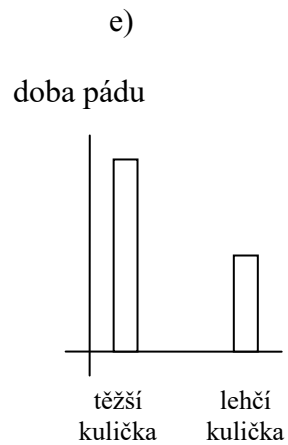
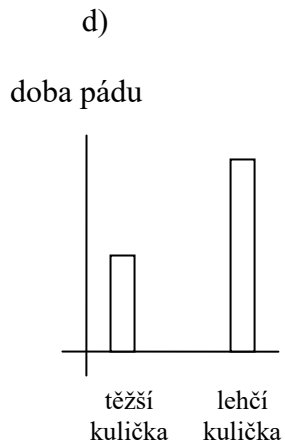
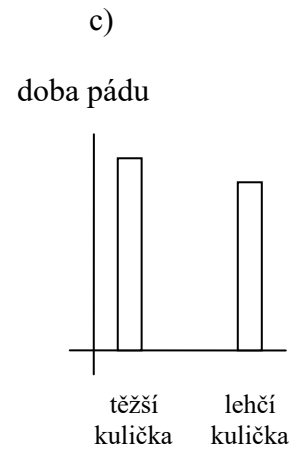
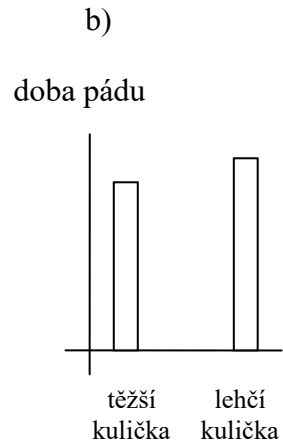
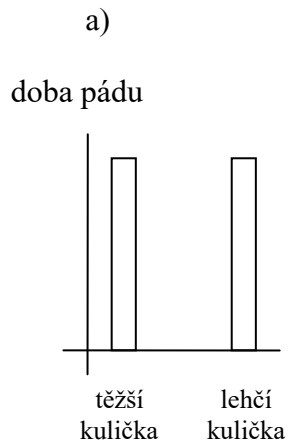


$G$  ... tíhová síla

$F_v$  ... síla, kterou působí vzduch

$F_r$  ... síla úderu tenisovou raketou

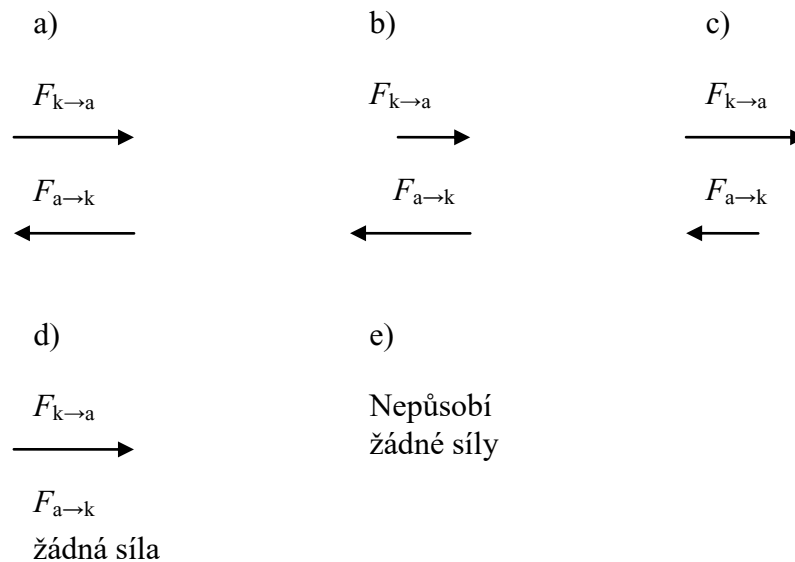
19. Máme dvě stejně velké kovové kuličky, jedna váží dvakrát více než druhá. Tyto kuličky pustíme současně ze střechy jednopodlažní budovy. Který z následujících diagramů nejlépe popisuje dobu pádu obou kuliček?



20. Velký kamion se srazí čelně s malým osobním autem.

Označme sílu, kterou působí kamion na auto,  $F_{k \rightarrow a}$  a sílu, kterou působí auto na kamion,  $F_{a \rightarrow k}$ .

Která z následujících možností nejlépe znázorňuje velikost a směr průměrných sil působících na kamion a auto v průběhu srážky?



21. Žena tlačí velkou krabici konstantní vodorovnou silou. V důsledku toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí  $v_0$  po vodorovné podlaze. V čase  $t_0$  žena zdvojnásobí tuto vodorovnou sílu, kterou na krabici působí, a ta se pohybuje dále po stejné podlaze. Krabice se poté pohybuje:

- (A) chvíli konstantní rychlostí větší než  $v_0$ , pak se bude rychlost zvyšovat
- (B) chvíli rostoucí rychlostí, pak už bude rychlost konstantní
- (C) plynule rostoucí rychlostí
- (D) konstantní rychlostí, která je větší než  $v_0$ , ale nemusí být dvojnásobná
- (E) konstantní rychlostí, která je dvojnásobná, než rychlost  $v_0$

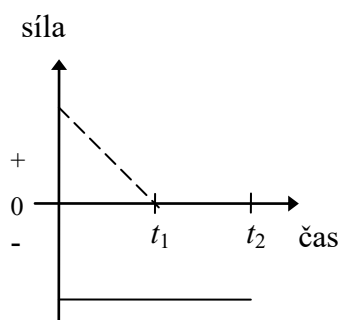
22. Chlapec vyhodí ocelovou kuličku svisle vzhůru. Odpor vzduchu zanedbejte. Uvažujte pohyb kuličky od chvíle, co opustila chlapcovu ruku, do doby, než dopadne na zem. V čase  $t_1$  se kulička po vyhození nachází v nejvyšším bodě, v čase  $t_2$  dopadne na zem. Který z grafů níže nejlépe popisuje závislost velikosti sil působících na kuličku na čase?

V grafech je zohledněna orientace sil: + míří svisle vzhůru; - míří svisle dolů.

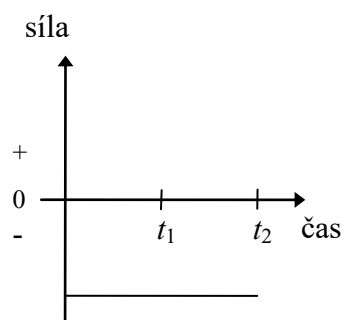
-----  $F_h$  ... síla „hodu“

—————  $G$  ... tíhová síla

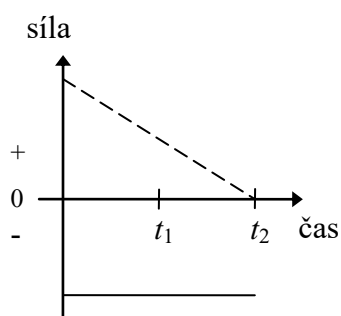
a)



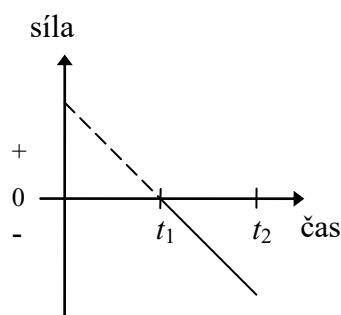
b)



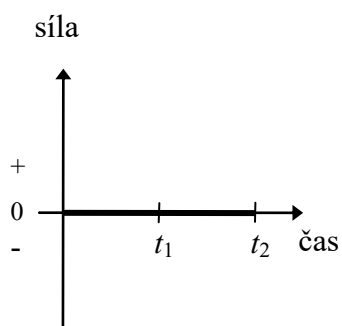
c)



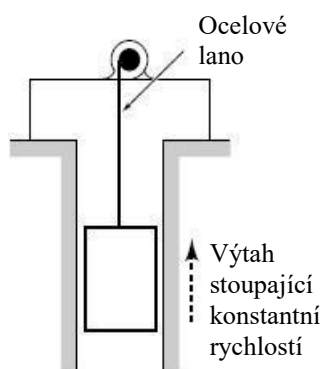
d)



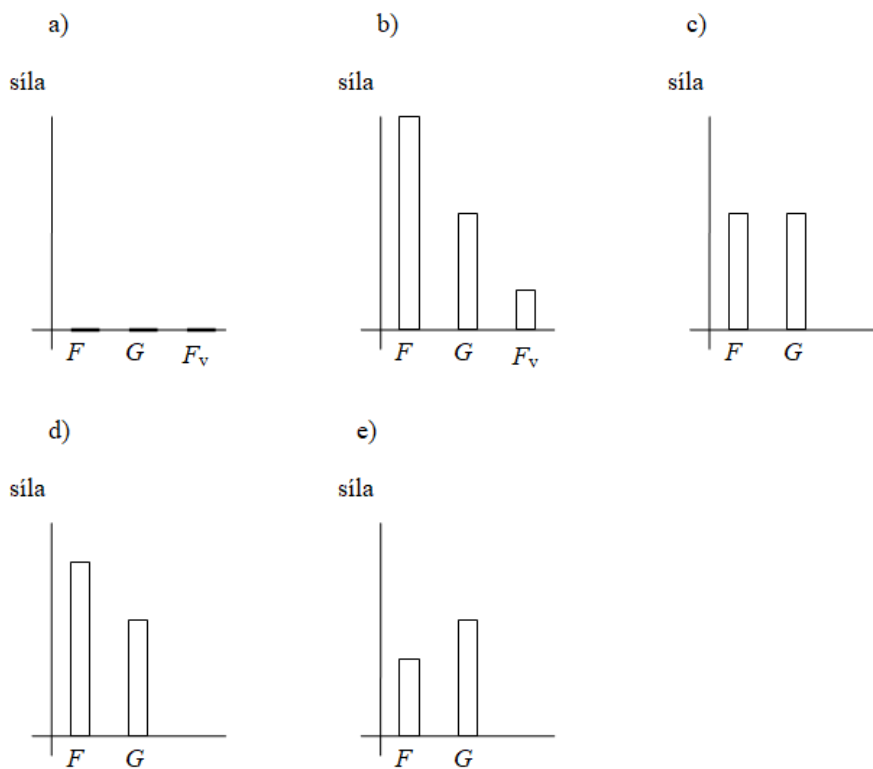
e)



23. Výtah jede výtahovou šachtou konstantní rychlostí nahoru a je tažen ocelovým lanem, jak ukazuje obrázek. Tření (včetně odporu vzduchu) je zanedbatelné.



Který z následujících diagramů nejlépe znázorňuje velikost sil působících na výtah?

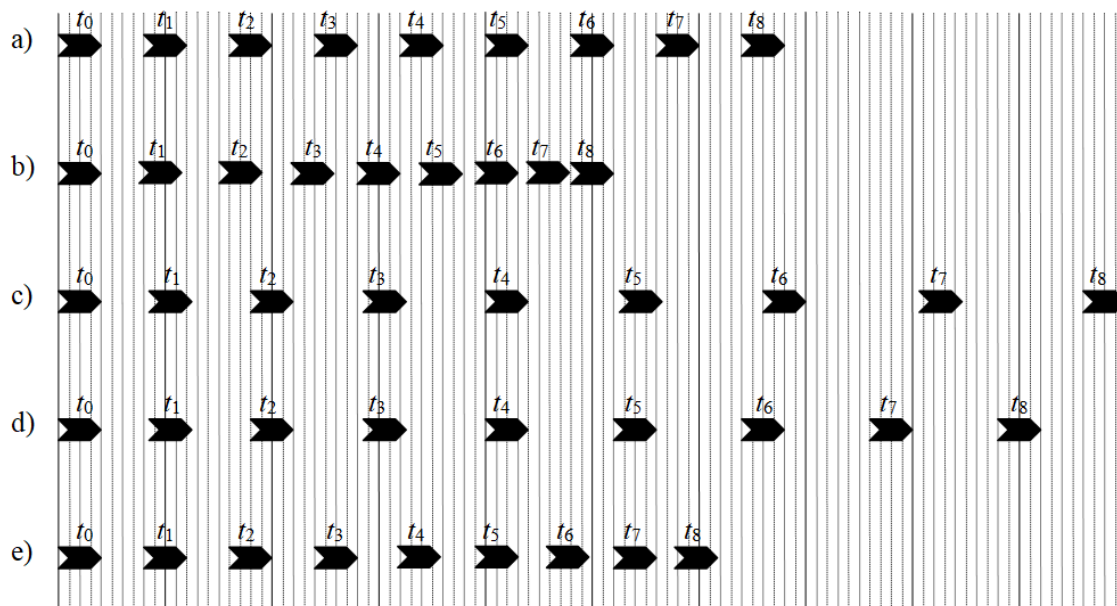


$F$  ... tah ocelového lana  
 $F_v$  ... odpor vzduchu  
 $G$  ... tíhová síla

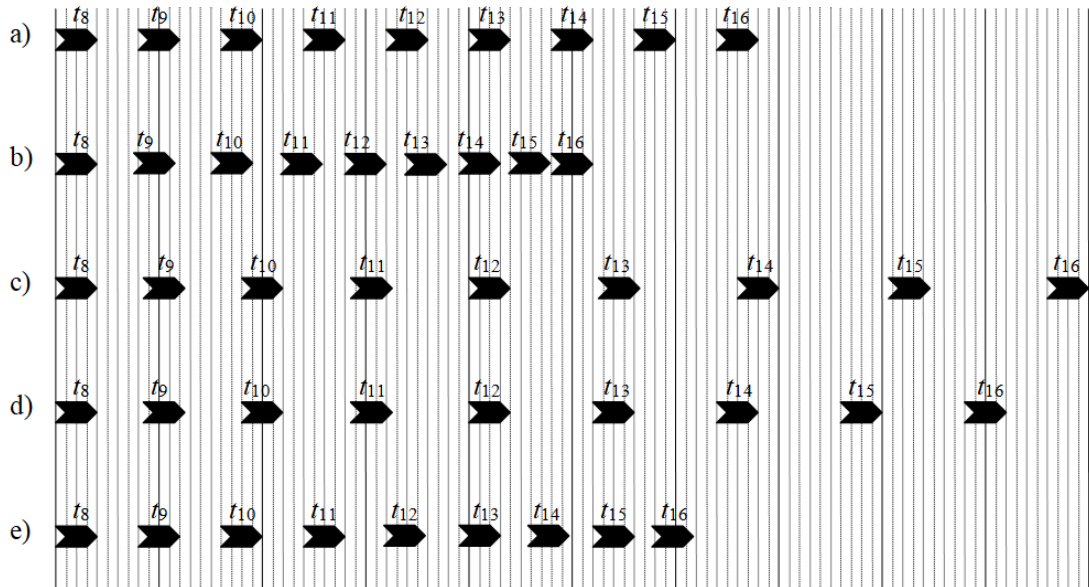


24. Raketa se pohybuje ve vesmíru. Na raketu nepůsobí žádné vnější síly. V čase  $t_0$  se zapne motor rakety, který působí na raketu konstantní silou. Síla působí ve směru pohybu rakety. V čase  $t_8$  je motor rakety vypnut.

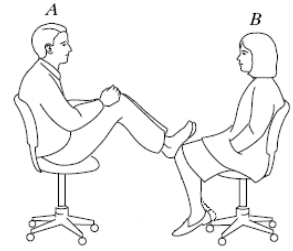
Po uplynutí vždy stejně dlouhých časových intervalů mezi okamžiky  $t_0, t_8$  raketu vyfotografujeme. Který z následujících obrázků zachycujících polohu rakety nejlépe odpovídá tomu, jakou rychlostí se raketa pohybuje v intervalu  $t_0 - t_8$ .



25. Uvažujte stejnou situaci, jako v předchozí otázce. Motor rakety je vypnut v čase  $t_8$ . Po uplynutí vždy stejně dlouhých časových intervalů mezi okamžiky  $t_8, t_{16}$  raketu vyfotografujeme. Který z následujících obrázků zachycujících polohu rakety nejlépe odpovídá tomu, jakou rychlostí se raketa pohybuje poté, co je motor vypnut, tj. od okamžiku  $t_8$ ?



26. Na obrázku vpravo vidíte studenta A, který váží 75 kg a studentku B, který váží 57 kg. Studenti sedí proti sobě na stejných pojízdných židlích.



Student A se opře bosýma nohama o studentku B, jak vidíte na obrázku. Student A se prudce odstrčí, přičemž uvede obě židle do pohybu.

Označme sílu, kterou působí student A na studentku B,  $F_{A \rightarrow B}$  a sílu, kterou působí studentka B na studenta A,  $F_{B \rightarrow A}$ . Která z následujících možností nejlépe popisuje velikost a směr průměrných sil působících na studenty A, B během odražení?

- a)  $F_{A \rightarrow B}$   $\longrightarrow$   
 $F_{B \rightarrow A}$   $\longleftarrow$
- b)  $F_{A \rightarrow B}$   $\longrightarrow$   
 $F_{B \rightarrow A}$   $\longleftarrow$
- c)  $F_{A \rightarrow B}$   $\longrightarrow$   
 $F_{B \rightarrow A}$   $\longleftarrow$
- d)  $F_{A \rightarrow B}$   $\longrightarrow$   
 $F_{B \rightarrow A}$   
 žádná síla
- e) Nepůsobí žádné síly

27. Přestože fouká silný vítr, podaří se tenistce trefit míček a přehrát jej přes síť na soupeřovu část hřiště.

Které z následujících sil působí na tenisový míček poté, co ztratil kontakt s tenisovou raketou a zároveň ještě nedopadl na zem?

- (A) pouze tíhová síla působící směrem dolů  
 (B) tíhová síla působící směrem dolů a „síla úderu“  
 (C) tíhová síla působící směrem dolů a síla působící v důsledku odporu vzduchu  
 (D) síla působící v důsledku odporu vzduchu a „síla úderu“  
 (E) tíhová síla působící směrem dolů, „síla úderu“ a síla působící v důsledku odporu vzduchu