

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Využití autorských nástrojů k tvorbě fyzikálních modelů a simulací

DISERTAČNÍ PRÁCE

Doktorský studijní program: Specializace v pedagogice

Studijní obor: Informační a komunikační technologie ve vzdělávání

Autor práce: Mgr. Jaroslav Koreš

Školitel: doc. RNDr. Josef Blažek, CSc.

2013

UNIVERSITY OF SOUTH BOHEMIA IN ČESKÉ BUDĚJOVICE
FACULTY OF PEDAGOGY

Use of authoring tools to create physical models and simulations

THESIS

Study programme: Specialization in Education

Field of study: Information and Communication Technologies in Education

Author: Mgr. Jaroslav Koreš

Supervisor: doc. RNDr. Josef Blažek, CSc.

2013

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora:	Mgr. Jaroslav Koreš
Název disertační práce:	Využití autorských nástrojů k tvorbě fyzikálních modelů a simulací.
Název disertační práce anglicky:	Use of an authoring tools to create physical models and simulations.
Studijní program:	Specializace v pedagogice.
Studijní kombinace oborů:	Informační a komunikační technologie ve vzdělávání.
Školitel:	doc. RNDr. Josef Blažek, CSc.
Rok obhajoby:	2013

Klíčová slova v češtině: Algodoo, autorský nástroj, didaktické znalosti obsahu, experiment, fyzika, ICT, konstruktivismus, Yenka.

Klíčová slova v angličtině: Algodoo, authoring tool, constructivism, experiment, pedagogical content knowledge, physics, ICT, Yenka.

ABSTRAKT

Práce se zabývá možnostmi využití autorských nástrojů ve výuce fyziky, zejména při vytváření fyzikálních modelů a simulací, a jejich přínosem pro jednotlivé oblasti výuky.

Využívání autorských nástrojů je v práci úzce diskutováno v souvislosti s didaktickými teoriemi konstruktivismu a didaktickými znalostmi obsahu. Konkrétní obsah těchto teorií a důvody jejich propojení se sledovaným tématem jsou uvedeny v teoretické části práce. Zde je také zmapován současný stav vývoje ICT nástrojů s přihlédnutím k jejich možnému uplatnění při výuce fyziky. Jsou uvedeny některé vybrané autorské nástroje i s příklady jejich využití.

V stěžejní experimentální části práce jsou nejdříve formulovány výzkumné otázky a příslušné výzkumné hypotézy. Ty budou pak v rámci výzkumu testovány. Výzkumná otázka zněla: „Vede využití autorských nástrojů k prokazatelnému zlepšení výsledků žáků v oblasti pochopení a aplikace učiva?“. Důvod této formulace a příslušné hypotézy jsou v práci uvedeny. Na základě výzkumných hypotéz byl zvolen výzkumný přístup a použita metoda – v tomto případě (didaktický) experiment.

Do výzkumu byly zapojeny různé školy a učitelé. Obsahem testování vlivu autorských nástrojů byly i různé oblasti fyzikálního vzdělávání. Jednotlivé experimenty a jejich výsledky jsou popisovány v samostatných kapitolách. Součástí každého popisu je i didaktický rozbor vybrané simulace a zdůvodnění smyslu využití autorského nástroje v daném případě. U každého experimentu jsou uvedeny zjištěné hodnoty statistické pravděpodobnosti potvrzující/vyvracející testované hypotézy.

V závěru práce je provedeno celkové zhodnocení experimentů a na tomto základě jsou doporučeny způsoby implementace autorských nástrojů do výuky. Některé další návrhy na využití autorských nástrojů, jdoucí za rámec experimentu, vycházejí z autorovy osobní zkušenosti a výukové praxe. Je doporučeno věnovat opomíjené problematice autorských nástrojů ve výuce větší pozornost v dalším didaktickém výzkumu.

ABSTRACT

This thesis deals about the use of authoring tools in physics, especially in creating physical models and simulations, and their contribution to different areas of teaching. The use of authoring tools is in the thesis closely discussed in connection with the teaching theories of constructivism and pedagogical content knowledge . The specific content of these theories and the reasons for their links to reference topics are listed in the theoretical part. Here is the survey of the current state of ICT tools with regard to their potential application in the teaching of physics. These are some examples of the selected authoring tools and examples of their use.

In the experimental part of the thesis are first formulated research questions and the research hypotheses. That will be tested in the research. The research question was: "Has the use of authoring tools significant improvement in pupils' understanding and application of the curriculum?". The reason for this formulation and relevant hypothesis are described in the paper. Based on the research hypotheses was chosen research approach and used method - in this case pedagogical experiment.

In the research were involved in various schools and teachers. The content of testing the effect of authoring tools were also different curriculum in physical education. Individual experiments and their results are described in separate chapters. In each description is a didactic analysis and justification of the selected used simulation made by authoring tool.

For each experiment, the values are given statistical probability of confirming/rejecting the hypothesis.

In conclusion, the overall evaluation experiments and on this basis are recommended ways to implement authoring tools into teaching. There were described some other suggestions to use authoring tools, going beyond the experiment, based on the author's personal experience and teaching practice. It is recommended to dedicate neglected issue of authoring tools in teaching more attention in other pedagogical research.

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat své rodině za trpělivost o pomoc při vzniku této práce. Dále bych chtěl poděkovat svému školiteli za čas a rady, kterými přispěl ke vzniku této práce. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat všem, kteří mě svými radami a povzbuzením podporovali během psaní této práce.

Prohlašuji, že svoji disertační práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce fakultou, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 22. 10. 2013

.....

Jaroslav Koreš

OBSAH

OBSAH	7
SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM TABULEK	12
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	14
SEZNAM PŘÍLOH.....	15
ÚVOD	16
1 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY	18
1.1 Využití ICT ve fyzice.....	18
1.2 Technologické aspekty.....	19
1.2.1 Defínice pojmů	19
1.2.2 SW využitelný při výuce fyziky	21
1.2.3 Současná situace v oblasti autorských nástrojů.....	22
1.2.4 Simulační autorské nástroje.....	23
1.2.5 Přístupy k tvorbě fyzikálních simulací.....	24
1.2.6 Java, Java Script	25
1.2.7 Easy Java Simulations	26
1.2.8 Physlet Builder [36].....	28
1.2.9 Molecular Workbench.....	28
1.2.10 Flash	29
1.2.11 Phun / Algodoo.....	30
1.2.12 Yenka.....	32
1.2.13 Interactive Physics.....	33
1.2.14 SIMQUEST	33
1.2.15 Další elektronické nástroje vhodné pro výuku fyziky	34
1.3 Didaktické aspekty práce	34
1.3.1 Vymezení pojmů	35
1.3.2 Cíle výuky	35
1.3.3 Konstruktivismus.....	37
1.3.4 Didaktické znalosti obsahu.....	42
1.3.5 Didaktické aspekty využívání fyzikálních simulací při výuce	46
1.3.6 Souvislost konstruktivismu, DZO a simulací.....	48
1.4 ICT z pohledu pedagoga	49

1.4.1 Hotové simulace nebo autorské nástroje	51
1.5 ICT z pohledu žáka	52
1.6 Současná situace v oblasti využívání autorských nástrojů.....	53
2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	54
3 NÁVRH VÝZKUMU	56
3.1 Volba typu výzkumu, výzkumné metody	56
3.2 Validita a reliabilita.....	58
3.3 Experiment.....	59
3.4 Sběr dat	62
3.5 Statistické vyhodnocení výzkumu	62
3.6 Etika výzkumu	65
3.7 Didaktický test	66
4 NÁVRH EXPERIMENTU	69
4.1 Předvýzkumy a přípravná fáze.....	69
4.1.1 Doba trvání experimentu.....	69
4.1.2 Výzkumný vzorek	69
4.1.3 Zapojení žáků	70
4.1.4 Využití autorské nástroje	70
4.1.5 Testování	71
4.1.6 Oblasti využití autorských nástrojů.....	72
4.1.7 Výsledky předvýzkumů.....	73
4.2 Návrh experimentů.....	73
4.2.1 Sběr dat.....	74
4.2.2 Statistické vyhodnocení.....	76
5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	78
5.1 Experiment v tematické oblasti mechanické kmitání a vlnění.....	78
5.1.1 Způsob provedení experimentu	78
5.1.2 Charakteristika zkoumaného vzorku	78
5.1.3 Didaktický pohled na vytvořené simulace	80
5.1.4 Vytvořené simulace a jejich využití	82
5.1.5 Vyhodnocení kvaziexperimentu ‚mechanické kmitání‘	84
5.2 Kvaziexperiment ‚mechanické vlnění‘	88
5.2.1 Vyhodnocení kvaziexperimentu ‚mechanické vlnění‘	88
5.2.2 Celkové vyhodnocení experimentu mechanické kmitání a vlnění.....	90
5.2.3 Vyhodnocení dotazníkového šetření	92

5.2.4 Závěry z experimentu	94
5.3 Experiment Newtonovy zákony	95
5.3.1 Charakteristika výzkumu	95
5.3.2 Charakteristika zkoumaného vzorku	97
5.3.3 Sběr dat	98
5.3.4 Statistické vyhodnocení	98
5.3.5 Didaktický pohled na vytvořené simulace	99
5.3.6 Výsledky experimentu Newtonovy zákony	101
5.3.7 Celkové vyhodnocení experimentu Newtonovy zákony	104
5.4 Dílčí experiment Newtonovy zákony	106
5.4.1 Charakteristika výzkumu	106
5.5 Závěry z experimentů	108
6 DALŠÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ AUTORSKÝCH NÁSTROJŮ	111
6.1 Využívání autorských nástrojů ve výuce fyziky	111
6.2 Autorské nástroje při přípravě budoucích učitelů	111
6.3 Další aktivity	112
6.3.1 Využití autorských nástrojů při výuce laboratorních prací	113
6.3.2 Využití autorských nástrojů při tvorbě problémových úloh	115
6.3.3 Využití autorských nástrojů při řešení úloh fyzikální olympiády	116
6.3.4 Využití autorských nástrojů v e-learningu	117
6.3.5 Další náměty k využití autorských nástrojů ve výuce	117
7 ZÁVĚR	120
POUŽITÁ LITERATURA	123
PUBLIKAČNÍ AKTIVITY	134
PŘÍLOHY	137

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 DZO dle Veala [110].....	45
Obrázek 2 Ukázka simulace kyvadla v nástroji Algodoo.....	81
Obrázek 3 Graf výsledků experimentu ‚mechanické kmitání‘	87
Obrázek 4 Graf výsledků experimentu ‚mechanické vlnění‘	90
Obrázek 5 Grafické znázornění celkových výsledků experimentů mech. kmitání a vlnění..	91
Obrázek 6 Ukázka simulace k výuce zákona setrvačnosti.....	100
Obrázek 7 Přírůstky bodů zapojených škol v experimentu Newtonovy zákony	105
Obrázek 8 Celkové přírůstky bodů za všech dílčích experimentů Newtonovy zákony	106
Obrázek 9 Přírůstky bodů všech skupin v experimentu Newtonovy zákony	108
Obrázek 10 Výsledky žáků při řešení úloh z tématu gravitační pole	114
Obrázek 11 Problémová úloha typu black-box v Algodoo.....	115
Obrázek 12 Zadání praktické úlohy FO.....	116
Obrázek 13 Grafické řešení úlohy z kinematiky – pohyb dvou těles	118
Obrázek 14 Ukázka animace – závod koulí.....	137
Obrázek 15 Ukázka simulace – závod koulí, Algodoo.....	137
Obrázek 16 Simulace k Bloomově taxonomii – znalost.....	138
Obrázek 17 Simulace k Bloomově taxonomii – porozumění.....	138
Obrázek 18 Simulace k Bloomově taxonomii – aplikace.....	139
Obrázek 19 Simulace k Bloomově taxonomii – analýza.....	139
Obrázek 20 Simulace k Bloomově taxonomii – syntéza	140
Obrázek 21 Simulace k Bloomově taxonomii – hodnocení	140
Obrázek 22 Nerovnoramenné váhy	141
Obrázek 23 Nerovnoramenné váhy reprezentované pomocí vah rovnoramenných	142
Obrázek 24 Simulace rezonance.....	145
Obrázek 25 Simulace rezonance – vozítko.....	145
Obrázek 26 Simulace Lissajousovy obrazce	146
Obrázek 27 Simulace oscilátory	147
Obrázek 28 Interference rovinných vln	148
Obrázek 29 Interference kulových vln.....	148
Obrázek 30 Simulace ohybu vlnění	149
Obrázek 31 Simulace Dopplerova jevu	150
Obrázek 32 Graf výsledků žáků v závislosti na jejich klasifikaci	169
Obrázek 33 Graf výsledků žáků v jednotlivých typech úloh v závislosti na jejich přístupu k výuce fyziky.....	169

Obrázek 34 Simulace k 1. NZ – GJVJ, skupina B.....	171
Obrázek 35 Simulace k 1. NZ – GJVJ, skupina A	171
Obrázek 36 Simulace k 1. NZ – Gymnázium Jihlava.....	172
Obrázek 37 Simulace k 1. NZ – SOŠ Č. Budějovice	172
Obrázek 38 Simulace k 3. NZ – GJVJ, skupina C.....	173
Obrázek 39 Simulace k 3. NZ – Gymnázium Jihlava.....	173
Obrázek 40 Simulace k 3. NZ – SOŠ Č. Budějovice	174
Obrázek 41 Schéma dle zadání Fyzikální olympiády.....	199
Obrázek 42 Simulace k problémové úloze z tématu gravitační pole bez odporu vzduchu .	200
Obrázek 43 Simulace k problémové úloze z tématu gravitační pole s odporem vzduchu ..	200
Obrázek 44 Simulace kladkostroje	201

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Rozdíl mezi konstruktivistickým a transmisivním přístupem ke vzdělávání	41
Tabulka 2 Výsledky žáků v oblasti matematické kyvadlo	85
Tabulka 3 Výsledky experimentu ‚mechanické kmitání‘	86
Tabulka 4 Výsledky žáků v oblasti ohyb vlnění	88
Tabulka 5 Výsledky experimentu ‚mechanické vlnění‘	89
Tabulka 6 Souhrnné výsledky experimentů mechanické kmitání a mechanické vlnění	90
Tabulka 7 Výsledky pretestů Newtonovy zákony	101
Tabulka 8 Výsledky experimentu Newtonovy zákony GJVJ	102
Tabulka 9 Výsledky experimentu Newtonovy zákony Gymnázium Jihlava	103
Tabulka 10 Výsledky experimentu Newtonovy zákony SOŠ ČB	103
Tabulka 11 Porovnání výsledků zapojených skupin v jednotlivých typech úloh	104
Tabulka 12 Výsledky dílčího experimentu Newtonovy zákony	107
Tabulka 13 Výsledky experimentální skupiny v pretestu	151
Tabulka 14 Výsledky experimentální skupiny v posttestu	152
Tabulka 15 Výsledky kontrolní skupiny v pretestu	153
Tabulka 16 Výsledky kontrolní skupiny v posttestu	154
Tabulka 17 Přírůstky bodů jednotlivců v experimentální skupině	155
Tabulka 18 Přírůstky bodů jednotlivců v kontrolní skupině	156
Tabulka 19 Výsledky experimentální a kontrolní skupiny v jednotlivých typech úloh	157
Tabulka 20 Výsledky statistického testování – kvaziexperiment mechanické kmitání	158
Tabulka 21 Výsledky experimentální skupiny v pretestu	159
Tabulka 22 Výsledky experimentální skupiny v posttestu	160
Tabulka 23 Výsledky kontrolní skupiny v pretestu	161
Tabulka 24 Výsledky kontrolní skupiny v posttestu	162
Tabulka 25 Přírůstky bodů jednotlivců v experimentální skupině	163
Tabulka 26 Přírůstky bodů jednotlivců v kontrolní skupině	164
Tabulka 27 Výsledky experimentální a kontrolní skupiny v jednotlivých typech úloh	165
Tabulka 28 Výsledky statistického testování – kvaziexperiment mechanické vlnění	166
Tabulka 29 Výsledky jednotlivců v pretestu – GJVJ, skupina B	175
Tabulka 30 Výsledky jednotlivců v posttestu – GJVJ, skupina B	176
Tabulka 31 Výsledky jednotlivců v pretestu – GJVJ, skupina C	177
Tabulka 32 Výsledky jednotlivců v posttestu – GJVJ, skupina C	178
Tabulka 33 Výsledky experimentu GJVJ	179

Tabulka 34 Výsledky statistického testování – GJVJ.....	180
Tabulka 35 Výsledky jednotlivců v pretestu – Gymnázium Jihlava, skupina G.....	181
Tabulka 36 Výsledky jednotlivců v posttestu – Gymnázium Jihlava, skupina G.....	182
Tabulka 37 Výsledky jednotlivců v pretestu – Gymnázium Jihlava, skupina S.....	183
Tabulka 38 Výsledky jednotlivců v posttestu – Gymnázium Jihlava, skupina S.....	184
Tabulka 39 Výsledky experimentu Gymnázium Jihlava.....	185
Tabulka 40 Výsledky statistického testování – Gymnázium Jihlava.....	186
Tabulka 41 Výsledky jednotlivců v pretestu – SOŠ Č. Budějovice, skupina 1.....	187
Tabulka 42 Výsledky jednotlivců v posttestu – SOŠ Č. Budějovice, skupina 1.....	188
Tabulka 43 Výsledky jednotlivců v pretestu – SOŠ Č. Budějovice, skupina 2.....	189
Tabulka 44 Výsledky jednotlivců v posttestu – SOŠ Č. Budějovice, skupina 2.....	190
Tabulka 45 Výsledky experimentu SOŠ Č. Budějovice.....	191
Tabulka 46 Výsledky statistického testování – SOŠ Č. Budějovice.....	192
Tabulka 47 Výsledky jednotlivců v pretestu – GJVJ, skupina A.....	193
Tabulka 48 Výsledky jednotlivců v posttestu – GJVJ, skupina A.....	194
Tabulka 49 Výsledky jednotlivců v pretestu – GJVJ, skupina T.....	195
Tabulka 50 Výsledky jednotlivců v posttestu – GJVJ, skupina T.....	196
Tabulka 51 Výsledky experimentu GJVJ – skupiny A, T.....	197
Tabulka 52 Výsledky statistického testování – doplňkový experiment GJVJ.....	198

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- CD – kompaktní disk
- CMS – redakční systém (angl. content management systém)
- DVD – digital versatile disc
- DZ – didaktické znalosti
- DZO – didaktické znalosti obsahu
- EJS – Easy Java Simulations
- ES – effect size, velikost účinku
- EU – Evropská unie
- FO – Fyzikální olympiáda
- GJVJ – Gymnázium J. V. Jirsíka
- GYMJI – Gymnázium Jihlava
- HTML – HyperText Markup Language
- HW – hardware
- ICT – Information and Communication Technologies
- INTeL – Integrovaný e-learning
- LMS – Learning Management System
- MS – Microsoft®
- MW – Molecular workbench
- NZ – Newtonův zákon
- OZ – oborové znalosti
- PCK – Pedagogical content knowledge
- PF JČU – Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity
- PHP – Hypertext Preprocessor
- PISA – Programme for International Student Assessment
- PM – Perpetuum mobile
- SOŠ ČB – Střední odborná škola mechanizační a veterinární Č. Budějovice
- SŠ – střední škola
- SW – software
- TIMSS – Trends in International Mathematics and Science Study
- TPCK – Technological Pedagogical Content Knowledge
- XML – Extensible Markup Language
- ZŠ – základní škola

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Závod koulí

Příloha B Ukázky simulací, naplňujících různé stupně Bloomovy taxonomie

Příloha C Nenulová hmotnost

Příloha D Test k experimentu mechanické kmitání s vyznačením typu úloh.

Příloha E Test k experimentu mechanické vlnění s vyznačením typu úloh.

Příloha F Simulace k tématu rezonance

Příloha G Simulace k tématu Lissajousovy obrazce

Příloha H Simulace oscilátorů

Příloha I Simulace k tématu interference

Příloha J Simulace k tématu ohyb

Příloha K Simulace Dopplerova jevu

Příloha L Výsledky experimentu mechanické kmitání

Příloha M Výsledky experimentu mechanické vlnění

Příloha N Zadání dotazníku s ukázkou vyplnění

Příloha O Vyhodnocení dotazníku

Příloha P Výsledky experimentu mech. kmitání a vlnění dle rozdělení žáků

Příloha Q Test k experimentu Newtonovy zákony s vyznačením typu úloh

Příloha R Simulace k 1. Newtonovu zákonu

Příloha S Simulace k 3. Newtonovu zákonu

Příloha T Výsledky experimentu Newtonovy zákony

Příloha U Výsledky doplňkového experimentu Newtonovy zákony

Příloha V Řešení úlohy fyzikální olympiády

Příloha W Simulace k problémové úloze z tématu gravitační pole

Příloha X Simulace kladkostroje

ÚVOD

Výuka v oblasti přírodovědných předmětů v současnosti prochází krizí, žáci se od těchto předmětů odklánějí a zajímají se více o předměty společenskovední. Aktuální informace podává průzkum agentury LMC [1] – ze vzorku téměř 2500 středoškoláků (žáků 4. ročníků středních škol) se na přírodovědné obory chtělo přihlásit pouhých 8 %. Přírodovědné obory se tak na vysokých školách potýkají s nebyvalým nezájmem absolventů středních škol. Navíc se výsledky žáků a studentů v těchto předmětech oproti předchozím létům zhoršují [2]. Z analýzy výzkumu PISA [3] vyplývá, že žáci mají sice znalosti o přírodě, avšak nedokáží je využít – mají problém s vytvářením hypotéz, experimentováním či interpretací dat. Jak uvádí Mandíková [2], ve výzkumu TIMSS 2007 dělalo našim žákům největší problém využití znalostí, v oblasti jejich prokázání jsou výsledky mnohem lepší.

Tento trend je potřeba změnit, a to jak „shora“, tedy na základě celostátní koncepce české uvozovky vzdělání, tak i „zdola“ – rolí učitelů přímo ve vyučovacím procesu. Politickou snahu o změnu reprezentuje např. zpráva EU „A Renewed Pedagogy for the Future of Europe“ [4], mapující stav v přírodovědných předmětech, nebo vyhlášení různých grantových programů, zaměřených na podporu vzdělávání.

Moderní technologie nabízejí učitelům a školám široké spektrum nástrojů k zefektivnění procesu učení, aktivizaci žáků i nástrojů pro práci s talentovanými žáky. Jedním z možných řešení neuspokojivé situace v oblasti přírodovědného vzdělávání je vhodné využívání ICT (Information and Communication Technologies). Je však třeba zdůraznit, že ICT jsou pouhým nástrojem, nepromyšlené a formální využití ICT automaticky nevede ke zlepšení, někdy je tomu právě naopak. Bez důkladné analýzy možností nových technologií a bez stanovení cílů a cest k nim je využívání ICT mrháním časem učitelů i žáků i plýtváním finančními prostředky – samotné technologie a schopnost ovládat je nestačí. Z nedávné doby nalezneme mnoho příkladů projektů, které byly sice finančně zabezpečeny, ale nesplnily očekávání [5].

Kvalita vyučovacího procesu je určována zejména pedagogem. Nejde jen o znalosti, ale i o schopnost vysvětlit učivo, zaujmout žáky, vést je k samostatnému myšlení. Moderní technologie nabízejí pedagogům široké spektrum nástrojů k zefektivnění procesu učení, aktivizaci žáků i pro práci s talentovanými žáky, nelze ale na ně přenést zodpovědnost za průběh a výsledky vzdělávání, ty závisejí pouze na učiteli [6]. Ten by měl nové situace, které souvisejí s uváděním ICT do výuky, dobře zvládat.

Jednou z možností využití ICT jsou autorské nástroje. Jak uvádí Murray [7], autorské nástroje především zjednodušují publikování. Téměř každý dnes může vytvářet a publikovat vlastní texty. Jako příklad lze uvést např. HTML editor nebo prezentační software, s jehož pomocí dokáže uživatel i bez hlubších znalostí vytvořit a publikovat přehledný studijní text. Jelikož spektrum autorských nástrojů je velmi široké, je tato práce zaměřena zejména na **autorské nástroje pro tvorbu fyzikálních modelů a simulací**. Ačkoli autorské nástroje jsou hojně využívány právě ve vzdělávání [7], specifických nástrojů pro fyziku není mnoho. Přitom fyzika je tou oblastí, kde názorná vizualizace často velice abstraktních fyzikálních pojmů a zákonů může významně napomoci k jejich pochopení a propojení s reálnými ději. Při využití vhodných autorských nástrojů lze navíc modely snadno měnit a reagovat tím např. na dotazy žáků. Stejně tak lze těmito prostředky připravit problémové úlohy nebo vést žáky k hledání souvislostí a samostatnému zkoumání.

Práce se zabývá vybranými způsoby seberealizace pedagoga i žáků ve výuce prostřednictvím ICT. Jednou z mnoha výhod ICT je možnost individualizace výuky (jednodušší přístup k žákům, vytvoření vlastních výukových materiálů). Právě tato možnost seberealizace žáků i pedagogů je při výuce jedním z faktorů, určujícím kvalitu vzdělávání [8].

Práce si neklade za cíl návrh a ověření nové didaktické teorie či ověření současných teorií. Cílem práce je zjistit, zda je využívání autorských nástrojů při výuce přínosné. Proto v práci budeme vycházet z ověřených didaktických teorií – konkrétně teorie konstruktivismu [9] a didaktické znalosti obsahu [10]. Důvodem volby konstruktivismu byl jeho přínos v přírodovědném vzdělávání [11], didaktické znalosti obsahu souvisejí s individualitou učitele. Obě teorie budou v práci podrobněji rozebrány.

I když je práce zaměřena na aplikaci ICT ve výuce fyziky, jsou získané poznatky aplikovatelné i na jiné obory. Práci s autorskými nástroji je vhodné zavádět již do přípravy budoucích učitelů, protože díky nim budou učitelé schopni lépe realizovat vlastní ideje. V současnosti se však autorskými nástroji na odborné pedagogické úrovni v ČR nikdo nezabývá a ani práce se specifickými autorskými nástroji není součástí přípravy pedagogů.

1 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

V této kapitole předvedeme aktuální možnosti využití ICT ve výuce a zavedeme klíčové pojmy, používané v této práci. Z možných aplikací ICT se zaměříme na využívání fyzikálních simulací a to jak na jejich didaktické, tak i technologické aspekty. Z rešerší literatury vyplývá, že v oblasti přírodovědného vzdělávání je vhodné k výuce přistupovat konstruktivisticky, proto bude konstruktivismus jedním z teoretických východisek. Práce s ICT umožňuje učitelům realizovat vlastní představy o reprezentaci učiva a toto učivo transformovat do podoby, přístupné žákům, proto považujeme využívání informačních technologií za součást didaktických znalostí obsahu učitele.

Protože obsahem práce je využívání simulací při výuce fyziky, budou v práci prezentovány aktuální způsoby tvorby výukových simulací, tedy Java a Flash. Dále budou popsány autorské nástroje, které umožňují vytváření takových simulací. Z těchto nástrojů budou v práci dále využívány programy Algodo a Yenka. Nakonec zmíníme další možnosti využití ICT při výuce fyziky.

1.1 Využití ICT ve fyzice

Fyzika dlouhodobě patří mezi nejméně oblíbené předměty. Častým argumentem žáků je, že fyzika je příliš obtížná a navíc nepraktická. Největší překážkou pro žáky je především její matematický aparát a to je také zřejmě hlavní důvod její neoblíbenosti [12].

Přiblížit žákům fyziku ještě jinak než prostřednictvím rovnic můžeme pomocí experimentů, ať už frontálních, myšlenkových nebo žákovských. K tomu je však zapotřebí patřičné vybavení, což je na mnohých školách problém. Pomůcky není možné zapůjčovat žákům domů k individuálnímu studiu. Některé klíčové experimenty nelze v rámci nedostatečného školního vybavení realizovat (např. u pokusů předpokládajících zanedbatelné odporové síly či vyžadujících eliminaci vlivu gravitace), nebo nejsou k dispozici drahé přístroje, které by umožnily registrovat výsledky kvantitativně.

Právě tyto problémy můžeme částečně obejít s pomocí nástrojů, které nám poskytují informační technologie. Možnosti ICT v této oblasti sahají od nejjednodušších statických textů a obrázků k interaktivním simulacím, napsaných např. v jazyce Java nebo Adobe Flash. Učitel se může spokojit s již vytvořenými simulacemi [13], nebo si vytvářet simulace vlastní. Ve druhém případě potřebuje ovšem alespoň základní znalosti programování v příslušném programovacím jazyce. S potížemi při ovládnutí počítačových aplikací je třeba počítat nejen u učitelů, ale především u žáků.

Jinou vhodnou oblastí využití ICT je zpřístupnění učiva pro domácí přípravu, tedy publikovat teorii, rozšiřující učivo či simulace elektronicky. Nejrozšířenějším způsobem jsou WWW stránky, v menší míře se setkáme i s multimediálními CD/DVD [14-16].

Moderní technologie jsou tak vhodným nástrojem k aktivnějšímu zapojení žáků. Jejich využívání rozbíjí ovšem klasický model výuky – učitel vykládá a student (v lepším případě) poslouchá/zapisuje. Adaptabilními kurzy lze žákovi umožnit vybrat si vlastní cestu studia, prostřednictvím hypertextu lze realizovat mezipředmětové vazby i vazby v rámci předmětu. S technologiemi webu 2.0 [17] lze zapojit žáky přímo do tvorby vzdělávacího obsahu, umožnit jim snadné publikování a předvedení vlastních myšlenek.

Jak je z výše uvedeného zřejmé, možností uplatnění ICT ve výuce fyziky je mnoho. Práce se zaměřuje na oblast využívání autorských nástrojů k tvorbě modelů a simulací.

1.2 Technologické aspekty

Vzhledem k tomu, že tato práce kombinuje pedagogické vědy s využíváním ICT, rozdělíme analýzu současného stavu na část věnovanou ICT a na část rozebírající didaktická východiska práce. Výsledky práce se týkají průniku obou částí, takovéto rozdělení však bude přehlednější.

V části zaměřené na oblast ICT budou popsány současné možnosti tvorby výukových fyzikálních simulací prostřednictvím vybraných autorských nástrojů. Výčet autorských nástrojů samozřejmě nemůže být úplný. Výběr omezujeme na ty, které jsou často uváděny v odborné literatuře zaměřené na fyzikální simulace ve výuce, nebo které jsou rozšířené mezi učiteli.

Termín fyzikální simulace je v dalším textu brán v úzkém kontextu výukových simulací, ne v jeho celé šíři.

1.2.1 Definice pojmů

Před vlastním shrnutím aktuálního stavu poznání je důležité upřesnit používané termíny:

Autorský nástroj

Jde o program nebo soubor integrovaných programů, umožňující vytvářet především elektronické výukové kurzy, ale i ostatní elektronické výukové materiály. Forma těchto kurzů zpravidla nebývá pouze textová, kvalitní autorský nástroj umožňuje

vkładat multimédia. Obsluha nástroje je často jednoduchá, takže práci s takovými nástroji zvládne i méně zkušený uživatel. Jelikož takový kurz může dnes vytvářet téměř kdokoli, zvyšuje se počet výukových objektů, ale jejich kvalita bývá obvykle různá. Kvalita totiž více než s použitým nástrojem souvisí s obsahem [7,14,15,16]. Jednou z výhod využití autorských nástrojů je výrazná úspora času pedagoga při přípravě. V [7] se udává, že poměr doby tvorby simulace přímým programováním a jejího využití při výuce je 300:1, tedy simulaci, kterou při výuce využijeme jednu minutu, budeme vytvářet v průměru 300 minut. S využitím autorských nástrojů se potřebná doba, strávená tvorbou, zkrátí až 30krát! V jiné studii [18], zabývající se automatickými e-learningovými systémy, autoři uvádějí, že poměr doby, potřebné na vytvoření učebního materiálu a jeho využití, se při práci s autorskými nástroji snížila z poměru 200:1 na 25:1.

Další výhodou je využití oblíbených funkcí Copy/Paste a Undo. Snadno tak vytvoříme libovolné množství identických objektů a kdykoliv můžeme vrátit provedené změny.

T. Murray [7] definuje cíle autorských nástrojů takto:

- snížení náročnosti (časové, finanční, technologické),
- snížení požadavků na znalosti a dovednosti tvůrce materiálů – umožnění vytváření kurzů co nejširšímu spektru uživatelů,
- podpora pedagogů – zjednodušení tvorby vlastních výukových materiálů, umožnění seberealizace tvůrců,
- zjednodušení designu – grafické prostředí, nápověda,
- zrychlení vytváření experimentálních didaktických materiálů, z toho vyplývá i zjednodušení ověřování nových didaktických teorií.

Fyzikální model

Představuje redukci reálných objektů na objekty ideální, fyzikálním modelem je např. tuhé těleso či ideální plyn. Pomocí modelů vystihujeme pro daný děj podstatné stránky, od nepodstatných abstrahujeme. Počítačové modelování vyžaduje [19]:

- popis a analýzu problému,
- výběr proměnných, popisujících model a jeho chování,
- SW implementaci tohoto modelu,
- vyzkoušení implementace a analýzu výsledků,
- upřesnění modelu a jeho zobecnění,
- zobrazení výsledků.

Všechny tyto kroky můžeme buď realizovat sami v nějakém programovacím jazyku, nebo použít už hotové programy (knihovny), které už obsahují několik vyřešených kroků. Autorské nástroje už mají všechny výše zmíněné kroky implementovány.

Fyzikální simulace

Je aplikace modelu v různých podmínkách a s různými počátečními stavy, s cílem pochopit chování modelu a souvislosti tohoto chování s počátečními podmínkami [19]. Simulace je tedy (zjednodušené) zobrazení vybraného děje, přičemž běh simulace můžeme ovlivňovat změnou vybraných parametrů. Pomocí simulace tak můžeme aktivně vytvářet vlastní myšlenkové modely, popisující zkoumaný jev. Čím úplnější model při tvorbě simulace využijeme, tím realističtější budou jeho výstupy.

Fyzikální animace

Jedná se o pouhé grafické znázornění daného jevu. Animace [20] není založena na žádném fyzikálním modelu, její běh nelze ovlivnit – nelze zadávat či měnit vstupní parametry. Animace jsou využitelné spíše k dokreslení tématu, nelze na nich demonstrovat, jak se bude průběh děje měnit se změnou podmínek, nelze na nich stavět problémové úlohy. Příkladem může být animovaný GIF nebo animace v prezentaci.

1.2.2 SW využitelný při výuce fyziky

Stejně jako v jiných předmětech je i ve fyzice velké množství programů, využitelných při výuce i k samostudiu: od různých testů a kvízů přes hry až k animacím a encyklopediím. Většinu softwaru však není možné upravovat, realizovat své nápady. I když tyto programy mohou být pro výuku přínosem, nelze je využít jinak, než jim určil autor. Některé nástroje jsou na výborné úrovni (příkladem z oblasti fyziky jsou elektronické hvězdárny [21,22]) a mohou tak být užitečným doplňkem výuky.

Velmi zajímavou, i když dosud technicky a finančně náročnou oblastí je virtuální realita [23,24]. Do výuky fyziky též zasahují i v současnosti populární tablety, zejména iPad, a to nejen jako alternativy ke klasickým učebnicím, ale i jako nástroje pro práci s jednoduchými simulacemi [25]. Oblast autorských nástrojů je oproti ostatním prostředkům ICT relativně chudá, navíc nástrojů zaměřených přímo na fyziku je velmi málo [7]. S úspěchem lze využít obecné autorské systémy, které jsou určené k publikování nezávisle na tématu. Bez animací a simulací bychom však vytvořili jen elektronickou alternativu papírové učebnice, bez plného využití potenciálu elektronických médií. Přitom propojení textu s animací nebo simulací dává výuce novou dimenzi, výuku ztraktivňuje a zefektivňuje.

1.2.3 Současná situace v oblasti autorských nástrojů

Publikační autorské nástroje jsou nástroje, které umožňují publikovat výukové kurzy. Oblast publikačních nástrojů úzce souvisí s e-learningem. Právě autorské nástroje stírají rozdíly v ovládní ICT technologií a zpřístupňují tak učitelům tvorbu e-learningových kurzů. Moderní technologie sice zjednodušují tvorbu kurzů, avšak, jak již bylo řečeno, kvalitu kurzu přímo neovlivňují – kvalita kurzu je dána jeho tvůrcem. Sebelepší nástroj nemůže sám o sobě garantovat úspěšný a pro žáky přínosný kurz.

Publikační autorské nástroje můžeme mimo jiné rozdělit na on-line a off-line.

On-line

Nástroj, který je použitelný, ale i administrovatelný a modifikovatelný on-line. To znamená, že se jakékoliv změny v publikovaném obsahu ihned projeví.

Velké množství výukových webů používá k publikování CMS (content management system) [26]. Řada open source CMS má širokou uživatelskou podporu, českou lokalizaci a lze je rozšířit doinstalováním podpůrných modulů.

Pokud jsou tyto aplikace vyvíjeny přímo pro tvorbu výukových kurzů, nazývají se LMS (Learning management system). V současnosti je nejrozšířenějším LMS Moodle [27,28].

Výhodou on-line publikací je jejich dostupnost – ke kurzu se dostaneme odevšad, kde je připojení k internetu, a vesměs není nutné žádné zvláštní programové vybavení. Uživatelé mohou začít kurz používat téměř okamžitě, bez zvláštní přípravy a bez asistence odborné podpory. Vyšší nároky jsou kladeny pouze na správce systému.

Také vyučující může kurz kdykoliv a odkudkoliv změnit, bez nároků na programové vybavení počítače. K práci v těchto programech nepotřebuje tvůrce obsahu vesměs žádné speciální znalosti (HTML, PHP, Java, Flash), i když jsou samozřejmě výhodou. Další výhodou je nezávislost na operačním systému – takovéto kurzy fungují stejně na Linuxu, MacOS i ve Windows.

Do této skupiny bychom mohli zařadit též online kancelářské aplikace (například Google Docs)

Off-line

Tvorba výukových materiálů, a v některých případech i jejich předvedení, neprobíhá on-line. Jde například o ActivInspire, Powerpoint, Zoner Context, Athelas, Authorware, Smart Notebook. Soubory, vytvořené v těchto nástrojích, jsou přenášeny na paměťových médiích, e-mailem nebo stažením z internetu, a často tak nelze realizovat přímou zpětnou vazbu, nebo její uzavření není jisté (např. žák nemusí odeslat e-mail).

Výhodou je snadnější obsluha a multimediálnost. Chceme-li však do tvorby obsahu zapojit i studenty, nejsou tyto nástroje vhodné. Navíc u CMS není žáky třeba proškolit v jeho využívání a žáci nemusejí nic do svého počítače instalovat.

Většina těchto programů není zdarma. Navíc vzniká problém s verzemi – verze, jakou má uživatel v počítači, nemusí být aktuální. Pokud se o aktualizaci nebude uživatel zajímat, pak autor nemůže zajistit kompatibilitu.

1.2.4 Simulační autorské nástroje

V této oblasti sice existují různé výzkumy o vlivu simulací na výuku [29,30,31], ale prací, konkrétně zaměřených na samotné autorské nástroje, je velmi málo. V celosvětovém měřítku existují výzkumy o využití autorských nástrojů [32,33,34], ale nejčastěji se jedná o výzkumy realizované autory těchto nástrojů. V těchto výzkumech jsou rozebírány zejména vlastnosti popisovaných nástrojů a konkrétní realizace, didaktický rozměr ale chybí. Pokud je mi známo, v České republice se tímto tématem v současnosti (2013) nezabývá nikdo.

Je to možná způsobeno tím, že nejen v našem školství učitelé považují za cíl výuky předání svých znalostí žákům a nezajímají se o hledání vhodných způsobů, jak dosáhnout toho, aby žáci učivo lépe pochopili. Pro mnoho pedagogů je tak mnohem jednodušší používat již hotové simulace (anebo vůbec žádné simulace nepoužívat), než se učit vytvářet své vlastní. Navíc široká nabídka Java apletů a Flash animací pokrývá celé učivo a často bývají uspořádány v různých rozcestnících. Přitom právě učitel pozná, zda se mu podařilo látku žákům vysvětlit a také by měl dokázat zvolit co nejvhodnější postupy a nástroje k naplnění příslušných cílů výuky. To se však z různých důvodů neděje – ať už kvůli časovému vytížení učitele, nedostatečnému vzdělání v oblasti ICT a didaktiky či kvůli nízké motivaci.

Ani vzdělávání budoucích učitelů nereflektuje možnosti využití autorských nástrojů k tvorbě vlastních simulací.

Nedomníváme se, že by tato situace souvisela s financováním škol – vybavení, umožňující pracovat s autorskými nástroji (počítač, dataprojektor) má dnes už každá škola.

1.2.5 Přístupy k tvorbě fyzikálních simulací

Počítačové simulování [35] ve fyzice je velmi významnou oblastí využití ICT. K vytvoření simulací můžeme zvolit dva základní přístupy:

- samostatně je naprogramovat ve vhodném programovacím jazyku,
- využít k simulaci již připravený nástroj (prostředí).

Oba přístupy mají svá pozitiva i negativa. Vlastní programování vyžaduje schopnost programovat a matematicky formulovat problém, což bývá nejen pro žáky nepřekonatelnou překážkou. Na druhé straně využívání již připraveného nástroje nás omezuje na konkrétní oblast. Přitom modely, implementované do vybraného nástroje nemusí přesně korespondovat s modelovanou fyzikální realitou.

K vytvoření simulací je potřeba mít v počítači příslušný SW – až na výjimky [36,37] nelze simulace vytvářet on-line. To je způsobeno zejména náročností použitých programů – čím komplexnější nástroj, tím více fyzikálních modelů popisujících realitu (kap. 1.2.1) musí simulační program obsahovat. Navíc musí on-line simulační SW pracovat v internetovém prohlížeči a musí tak být napsat ve vhodném programovacím jazyce, zpravidla v jazyce Java.

I simulační nástroje lze rozdělit na publikovatelné na webu a off-line (kap. 1.2.3).

Příkladem off-line simulace je prezentace, např. v MS Powerpoint, nebo program psaný např. v programu MATLAB. On-line lze publikovat simulace vytvořené v jazyce Java a programu Flash, nově i v HTML5.

Prezentace může sloužit jako animace, ovšem bez jakéhokoliv předdefinovaného fyzikálního prostředí. Vše (body pohybu, rychlost animace, časování) je zadáváno manuálně, časy či vzdálenosti neodpovídají realitě, těžko se bude simulovat např. zrychlení. Ačkoli prezentace mohou sloužit jen okrajově jako doplněk k tématu, jsou ve výuce velmi oblíbené [38].

Dále lze použít některý z tabulkových procesorů, např. MS Excel [39], ovšem pokud ovládáme příslušný programovací jazyk, u tabulkového procesoru Excel konkrétně Visual Basic for Application. Tabulkový procesor umožňuje i tvorbu grafů. Pokud je budeme chtít zobrazit přímo na webu, můžeme pomocí programů na zachytávání

obrazovky (screenshot) vytvořit (video)soubor a ten publikovat. Nebude však již možné měnit parametry zobrazované entity.

Co se týká on-line simulací, na webu se v současné době setkáme pouze se simulacemi, psanými v programovacích jazycích Java a Flash. S nástupem tabletů a chytrých telefonů došlo k snížení zastoupení Adobe Flash ve webdesignu i u on-line videa, jeho nástupcem by měla být další verze jazyka HTML – HTML5 [40].

Výhodou zmiňovaných on-line simulačních nástrojů je snadnost vložení do webové stránky, možnost přesně matematicky definovat průběh simulace a také měnit její parametry. Nevýhodou však je, že při tvorbě vlastní animace musíme formulovat problém v jazyku matematických rovnic a také jej v příslušném programovacím jazyce realizovat. Při tvorbě Java simulací (appletů) můžeme použít autorský nástroj Easy Java Simulations (EJS) či Physlet Builder, při tvorbě Flash simulací (flashletů) musíme mít zakoupený program Adobe Flash.

Simulace fyzikálních dějů mají velký význam i při tvorbě her. Pro jejich tvorbu je dostupná řada knihoven, simulujících fyzikální prostředí. Fyzikální děje lze názorně programovat i ve 3D grafice s knihovnou OpenGL [41]. V případě tvorby her se dostáváme již mimo rámec výuky fyziky. Dále se budeme věnovat pouze nástrojům, využitelným při výuce fyziky.

1.2.6 Java, Java Script

V současnosti jsou ve výuce využívány zejména simulace (applety), vytvořené v programovacím jazyce Java. Výhodou tohoto přístupu je zejména cena (jazyk Java je dostupný pod licencí GPLv2, autorské nástroje jsou pro něj zdarma), všeobecná rozšířenost (technologie Java je dlouhodobě spojena s internetem a tak každý počítač obsahuje prostředí k běhu Java programů, nebo lze toto prostředí snadno doinstalovat). Jazyk Java je také multiplatformní – lze jej spustit na jakémkoliv operačním systému. To je důležité zejména při využití autorských nástrojů. Nástroje využívající jazyk Java nejsou oproti Adobe Flash omezeny jen na MS Windows. Z výše uvedeného vyplývá i další výhoda, potřebný software je přenosný (portable), a lze jej volně přenášet a využívat bez instalace.

Java je objektově orientovaný programovací jazyk, vyvíjený společností Sun Microsystems, která v roce 2009 přešla pod společnost Oracle [42]. I když byl tento jazyk uveden už v roce 1995, je právě díky spojení s internetem stále velmi rozšířený, navíc proniká i do dalších odvětví. Za zmínku stojí zejména oblast mobilních telefonů – Java

applety jsou spustitelné i ve standardním mobilním telefonu. To umožňuje rozšíření oblasti elektronického vzdělávání i do atraktivní a rychle se vyvíjející oblasti chytrých telefonů.

Pro doplnění uvádíme přehled vhodných webů s fyzikálními applety, vytvářenými v jazyce Java:

- Fendt [43] – velké množství animací, často odkazované.
- Surrendath [44] – málo odkazovaný web, obsahující simulace z méně rozšířených témat.
- Hwang [45] – velké množství přehledně uspořádaných appletů, které jsou navíc volně ke stažení. Applety byly přeloženy do češtiny. Autor appletů další vývoj ukončil a začal využívat Easy Java Simulations.
- Phet [46,47] – z uvedených se jedná o nejnovější web s kvalitními simulacemi. Obsah webu lze stáhnout pro offline použití. Využívá technologii Java Web Start.

Java je programovací jazyk, takže - i když s využitím editorů je tvorba appletů snazší - jde stále o tradiční programování. Z toho vyplývají požadavky na tvůrce simulací: znalost programovacího jazyka, znalost objektově orientovaného programování, a také schopnost matematicky formulovat problém (nejčastěji pomocí diferenciálních rovnic). Vzhledem k tomu, že obvykle je druhou aprobační učitelů fyziky buď matematika, nebo informatika (u ZŠ také technická výchova), nemají obvykle všechny potřebné dovednosti (buď chybí znalosti z matematiky či programování). Jako ideální by se v tomto případě jevila kombinace fyzika-informatika-matematika.

Tyto problémy s kvalifikací částečně stírají volně dostupné autorské nástroje, zejména: Easy Java Simulations, Physlet Builder či Molecular Workbench (MW). Díky nim je tvorba simulací zjednodušena o programovací stránku, stačí jen vložit rovnice, popisující vzájemné vztahy mezi veličinami, a způsob vypsání výsledků na obrazovku. Navíc lze čerpat z knihoven již hotových simulací, které jsou nejčastěji dostupné zdarma. Výhodou je též lepší grafika a možnost vložení multimédií.

1.2.7 Easy Java Simulations

Autor této nadstavby na Javu – Francisco Esquembre – vytvořil autorský nástroj, umožňující tvorbu simulací i těm, kteří nemají zkušenosti s programováním [48]. Uživatelé se tak mohou zaměřit přímo na tvorbu vlastních simulací a nemusejí se potýkat s programováním. Po velkém rozmachu Java simulací došlo po přelomu století k útlumu

tvorby přímo v jazyku Java. Současné Java simulace jsou vytvářeny zejména v tomto novém autorském nástroji.

Simulaci lze doprovodit popisem ve formátu HTML a lze ji snadno umístit na WWW stránky. Pomocí EJS je tak možné vytvářet kompletní on-line výukový obsah [49]. Hotovou simulaci lze vyexportovat jako Java animaci, nebo jen prostě uložit ve formátu XML. Takto uloženou simulaci lze kdykoliv opět otevřít a upravit. To je výhodné jak pro editaci vlastních simulací, tak i pro poučení se z jiných, již hotových simulací. XML soubory hotových modelů jsou vesměs volně dostupné.

Podle [19] je výhodou EJS rychlejší a jednodušší:

- vývoj a testování vlastních nápadů či algoritmů,
- snadné vytvoření uživatelského prostředí bez nutnosti programování,
- vytváření vlastních modelů, k jejichž pochopení není potřeba znalost programování,
- povzbuzení studentů k tvorbě vlastních simulací,
- rychlá tvorba simulací a jejich snadná publikace ve formě appletů nebo samostatných programů,
- propojení simulací a výukového obsahu vytváření komplexních učebních textů.

EJS je součástí projektu „Open source physics“ [50], který propojuje různé oblasti využití ICT ve výuce. Na webu projektu jsou simulace i kompletní výukové objekty volně ke stažení.

I když oproti tradičnímu programování v Javě je tento přístup mnohem jednodušší, stále přetrvává problém s matematickou formulací modelu. Rovnice modelu jsou obvykle v diferenciálním tvaru, což je překážkou zejména pro studenty. Naopak výhodou je snadná možnost vkládání obrázků, videa i zvuku.

Nástroj EJS není využit jen pro tvorbu obvyklých simulací, ale např. i při ovládání vzdálené laboratoře [51]. Příkladem využití EJS je také vytváření „nekorektních“ simulací [52], tj. simulací, které obsahují určité chyby či nepřesnosti. Takový přístup ověřuje, zda studenti dané téma chápou a zda jsou schopni aplikovat znalosti i vlastní myšlenkové modely. Pouhé memorování k vyřešení takových úloh totiž nestačí. Odhalení chyby je pro studenty jakousi odměnou za pochopení tématu. Takové úlohy lze vytvářet i v jiných autorských nástrojích.

1.2.8 Physlet Builder [36]

Je předchůdcem EJS, uvádíme jej zde pro úplnost. Jde o webovou stránku, v jejímž prostředí lze definovat jednoduché objekty a zadávat matematické vztahy, popisující jejich pohyb.

Toto velmi jednoduché prostředí umožňuje vytvořit animaci pohybu i zájemcům, neznalým programování. Pracovat lze v oblasti mechanického pohybu, elektrického a magnetického pole a optiky. Profesor Fu-Kwun Hwang z Tchajwanské univerzity vytvořil na knihovnu [53], napsanou v jazyce Java, grafické rozhraní, umožňující programovat fyzikální jevy. V porovnání s moderními nástroji je dnes tento nástroj zejména po grafické stránce již podprůměrný, ovšem před jedenácti lety (2002) to byla jedna z mála možností, jak publikovat výukový text s fyzikální simulací.

1.2.9 Molecular Workbench

Jde o další autorský nástroj, založený na jazyce Java. Jak z názvu vyplývá, je především zaměřen na simulace související s vnitřní stavbou látek, ale pokrývá i některé oblasti z chemie, biologie a techniky. Z výše uvedených předmětů je na webu programu dostupné velké množství hotových simulací.

Práce v prostředí Molecular Workbench [54] je podobná práci v grafickém editoru. V nástroji lze relativně jednoduše vytvářet různé simulace i komplexní elektronické výukové materiály, obsahující hypertext a simulace současně. Zejména v oblasti termodynamiky není žádný srovnatelný nástroj – Molecular Workbench totiž obsahuje statistické modelovací funkce, určené k simulacím vnitřní struktury látky, kdežto do ostatních méně specializovaných nástrojů by bylo nutné tyto statistické nástroje implementovat.

Vhodnost využití tohoto nástroje při výuce vnitřní stavby látek dokumentuje výzkum [55]. Studenti chemie z pedagogické fakulty Bowling Green State University, kteří s tímto nástrojem byli seznámeni, dosáhli výborných výsledků při vytváření vlastních simulací. Vyučující dostali od 2 tříd studentů chemie celkem 150 simulací, které měly potvrdit či vyvrátit platnost zákonů o ideálním plynu. Autoři výzkumu vyzdvihují to, že simulace se neopakovaly – studenti hledali vlastní, i velmi neobvyklé cesty. Navíc studenti v době tvorby simulací ještě nebyli seznámeni s matematickým aparátem, popisujícím statisticky ideální plyn. Právě možnost vytvářet simulace, aniž by k tomu byly zapotřebí

specifické matematické postupy či znalost programování, umožnila studentům snadnou realizaci vlastních idejí.

Hotové simulace v prostředí Molecular Workbench lze snadno i s doprovodným textem vložit na web nebo vytvořit výukové CD/DVD. K jejich spuštění je zapotřebí mít na počítači nainstalováno prostředí Java, Java Web Start (zdarma) a libovolný internetový prohlížeč.

1.2.10 Flash

Adobe (dříve Macromedia) Flash je vektorový grafický editor, umožňující tvorbu multimediálních animací a programování pomocí nástroje Action script. Flash animace a simulace [56,57] nejsou sice oproti Java appletům tak rozšířené, ale graficky jsou mnohem povedenější, což je při výuce důležité. Jak bylo zmíněno výše, popularita Adobe Flash klesá, avšak v oblasti fyzikálních simulací zatím není jazyk HTML5 výrazně využíván. Výhodou souborů, vytvořených v Adobe Flash je malá velikost výsledných souborů a tedy rychlé načítání, vzhled, multimediálnost a interaktivita. Zásadní nevýhodou je cena – Flash je vcelku drahý software, nejspíše i kvůli tomu, že (až na MS Azure) je jediným podobným nástrojem.

Při tvorbě v tomto nástroji lze využít integrovaný programovací jazyk ActionScript a tzv. Motion-tween pro automatickou tvorbu animací. Můžeme tak snadno vytvářet animace nebo programovat simulace.

Tvorba animací je velmi jednoduchá, tvůrce si musí hlavně zvyknout na vektorovou reprezentaci grafiky. Pak stačí nastavit počáteční a konečnou polohu objektu, kolik snímků bude animace obsahovat a případně i cestu pohybu objektu z počátku do konce. Do animace lze jednoduše vložit i multimediální prvky (zvuky, video) a tlačítka na jejich ovládání.

Takto lze vytvářet komplexní kurzy integrovaného e-learningu (INTEL) [8] a výuková CD (u nás nejznámější CD společnosti Pachner [58]).

S využitím jazyka ActionScript může autor místo jednoduché animace vytvářet simulace, vkládat do nich interaktivní prvky a měnit parametry.

Nevýhodou pro pedagogy (ale i ostatní zájemce o fyziku) je to, že nelze jednoduše poznat, zda se jedná o reálnou animaci (simulaci) – jestli tedy pozorovaný děj odpovídá realitě, nebo je jen zjednodušeným modelem, který neodpovídá fyzikálním zákonům. Tato

nevýhoda se projeví zejména, pokud je simulace využívána někým, bez potřebných fyzikálních znalostí – pak může docházet k nechtěným miskoncepcím (chybným představám, z angl. misconception). Konkrétní příklad je uveden v příloze A. Další nevýhodou je nemožnost zobrazení zdrojového kódu (vyjma speciálních programů). Nejde samozřejmě o „vykrádání“ cizí práce, ale o důležitou možnost sebevzdělávání v oblasti tvorby simulací a také o kontrolu správnosti. Také nelze takové soubory lokalizovat do různých jazyků.

Stejně jako u Java appletů je zapotřebí mít v počítači doinstalovaný doplněk (Flashplayer), který umožňuje přehrání animací. Tento přehrávač je obsažen v drtivé většině počítačů, a pokud není, lze jej snadno doinstalovat. I když to běžnému uživateli nemusí připadat důležité, zranitelnosti tohoto přehrávače (ale i Java prostředí) mohou sloužit (a často také slouží) k zavirování počítače.

Pro ilustraci uvádíme některé weby, využívající Flash pro znázornění fyzikálních jevů:

- Physics Flash Animations [59] – starší a často odkazovaný web. Obsahuje velké množství animací i simulací ze všech částí fyziky,
- Physics Flashlets [60] – méně obsáhlý, ale kvalitní web; obsahuje např. povedené vysvětlení Michelsonova-Morleyho experimentu,
- Vladimír Vaščák [61] – sbírka simulací českého autora, obsahuje i přeložené simulace a animace z výše uvedených webů.

1.2.11 Phun / Algodoo

Phun [62,63] byl vyvinut v roce 2007 Emilem Ernerfeldtem při psaní diplomové práce na Katedře výpočetní techniky na Umea University.

Přestože – nebo právě proto – že Phun byl navržen jako hra – „fyzikální pískoviště“, může být zároveň i výborným nástrojem k tvorbě didaktických modelů a simulací. Program modeluje fyzikální prostředí, do kterého lze vkládat různé objekty. Práce je intuitivní, prostředí přehledné a hlavně není potřeba ovládat žádný programovací jazyk. Ke změně vlastností objektů i k popisu jejich vzájemného působení není nutná znalost matematického aparátu.

Program Algodoo byl komerčním nástupcem programu Phun, ovšem od dubna 2013 je i Algodoo nabízen zdarma. Hlavní rozdíl oproti nástroji Phun spočívá v práci s „lasery“, tím se mění zdroje světla. Každému tělesu tak lze nově přiřadit vedle

mechanických vlastností i vlastnosti optické. Autoři též zapracovali na vzhledu těles, přidali řadu drobných pokročilých funkcí a zdokonalili fyzikální prostředí. Didakticky nejvýznamnější změnou je možnost zobrazení grafů vybraných fyzikálních veličin.

Práce v obou programech se podobá práci v grafickém editoru – vytváření modelů a simulací sestává hlavně z kreslení a propojování různých objektů. Při práci můžeme využívat následující objekty (v závorce jsou uvedeny nastavitelné vlastnosti, kurziva vyznačuje dostupnost jen v Algodoo):

- kružnice, obdélník, polygon (hmotnost, hustota, tření, pružnost, přitažlivost, *index lomu, intenzita gravitačního pole, textový popis*),
- pružina (tuhost, tlumení),
- řetěz (hustota),
- rovina (tření, pružnost, přitažlivost),
- čep (připojení motoru, rychlost otáček, moment síly),
- popisovač (barva, doba zobrazení),
- *laser* (rychlost světla, délka paprsku).

Hotová simulace se pak chová podle zadaných parametrů jednotlivých objektů.

Problémem může být rozdíl mezi výkladem daného jevu učitelem a jeho realizací v nástroji Phun/Algodoo – některé modely, implementované do toho nástroje neodpovídají přesně ideálním fyzikálním modelům, se kterými se běžně pracuje při výuce. Např. ideální páka, vyučovaná ve fyzice, má nulovou hmotnost, stejně jako provaz u kladkostroje. Tělesa s nulovou hmotností však v programu Algodoo vytvořit nelze.

Právě tyto dva programy jsou dle našeho názoru nejvíce vhodné k tvorbě simulací ve výuce fyziky – jsou snadno dostupné a jednoduše ovladatelné, a to jak pro pedagogy, tak i pro studenty. Snadno tak umožňují realizovat vlastní představy o vhodné simulaci na konkrétní téma.

Prozatím velkou nevýhodou je nemožnost vložení simulace do internetové stránky, k jejímu spuštění je potřeba mít programy Phun/Algodoo nainstalované. Je však možné vložit videozáznam simulace. V tomto případě je však zapotřebí další software a běh simulace pak samozřejmě nelze ovlivňovat.

I když je Phun/Algodoo prostředím primárně určeným pro tvorbu mechanických a optických modelů, lze v něm simulovat i jiné než mechanické a optické děje. Uvedme

např. modely ideálního plynu, difúze nebo mechanickou analogii k elektrickému proudu a napětí [64].

Jako zajímavost lze uvést, že Phun/Algodoo je jako jediný ze všech popisovaných nástrojů uživateli vnímán především jako hra – ke dni 1. 10. 2013 bylo na diskusním fóru programu [65] z více než 72 000 příspěvků celkem jen 260 příspěvků věnováno vzdělávání. Jde o naplnění ideje zpřístupnit žákům fyziku formou hry. Podobným, velmi známým programem je hra Crayon Physics [66].

1.2.12 Yenka

Yenka [67,68,69,70] je integrací nástrojů společnosti Crocodile Clips. Tato společnost vydala elektronickou obdobu klasických demonstračních pomůcek, takže učitelé mohou místo předvádění demonstračních měření realizovat tato měření v elektronické podobě. Jedná se tedy o jakousi virtuální laboratoř z různých oblastí přírodních věd.

Oblastí využití nástroje Yenka je vedle fyziky také chemie, další nástroje jsou zaměřeny na matematiku, technologie či programování – nástroj je nazván obecně Yenka Science.

Tento nástroj je ryze komerční, autoři na svém webu nabízejí velké množství již hotových simulací.

Práce v prostředí je jednoduchá a vcelku intuitivní. Oproti simulacím v Java a Adobe Flash není potřeba cokoli programovat, výhodou oproti Phun/Algodoo je širší oblast simulovaných jevů. Yenka umožňuje vytvářet modely nejen z mechaniky (jako Phun), ale také z optiky (stejně jako Algodoo), elektřiny a magnetismu nebo kmitání a vlnění. Hotovou simulaci nelze vložit na web, k jejímu spuštění je potřeba mít software Yenka nainstalován. Pro potřeby výuky fyziky na základní i střední škole je tento software více než dostačující – pracuje totiž s modely, které odpovídají osnovám. Hotové simulace lze doprovodit i textem.

Tento simulační software představuje pracovní plochu, na niž můžeme vkládat různé přístroje nebo tělesa a vzájemně je propojovat. Jako příklad lze uvést sestavení elektrického obvodu z jednotlivých součástí a následné měření napětí a proudu, nebo simulace Huygensova principu či dvojštěrbínový experiment. Např. v počítači vytvoříme model nádoby s vodou a vložíme do ní zdroj vlnění a poté děj předvedeme žákům.

V programu lze např. připravit i neúplné elektrické obvody a nechat studenty, aby je dotvořili.

Největší nevýhodou je komerční licence – i když je pro domácí využívání zdarma, školní licence na 1 počítač je 270 € (rok 2013), pro celou školu je cena 900 €. Další nevýhodou je nutnost mít nástroj Yenka nainstalován na každém počítači.

1.2.13 Interactive Physics

Jde o další nástroj, simulující fyzikální prostředí. Oproti Algodoo je prostředí strohé, ovládání složitější, především však byla cena programu oproti Algodoo (v době, kdy nebyl nástroj Algodoo zdarma) třikrát vyšší. Na tomto programu se negativně projevil jeho původ – to, že byl navržen jako simulační software, jej už od počátku dělá nepřehlednějším, než je Algodoo, který byl primárně navržen jako hra. Prostředí je méně přehledné, změna parametrů těles i prostředí je oproti Algodoo složitější. Interactive Physics nabízí stejné funkce jako Algodoo, ale hůře dostupné nebo zbytečně komplikované. To by mělo vliv zejména na práci žáků, složité prostředí ztěžuje orientaci.

Interactive Physics [71] umožňuje zobrazovat některé grafy. To však programy Yenka a Algodoo nabízejí také a za výrazně nižší cenu (v případě nástroje Algodoo dokonce zdarma).

Na tomto softwaru je vidět, jak za posledních cca 13 let postoupil vývoj edukačních programů. Interactive Physics byl ve své době jedním z mála takovýchto nástrojů [72,73], ovšem v současné době jeho vývoj stagnuje.

1.2.14 SIMQUEST

Podobný osud jako Interactive Physics má i další autorský software: SIMQUEST. Jeho autoři van Joolingen a de Jong si při jeho tvorbě stanovili tyto cíle [74]:

- nabídnout zájemcům prostředí, ve kterém by učení se probíhalo formou zkoumání běhu simulací,
- zjednodušit vyučujícím tvorbu vlastních simulací.

Tvorbu simulací autoři rozdělili na několik kroků: výběr objektu z knihovny objektů, přiřazení atributů, jeho inicializaci a následné využití v simulaci.

Autoři program již 6 let neaktualizovali, množství hotových simulací i nápověda jsou oproti výše uvedeným nástrojům nedostatečné.

1.2.15 Další elektronické nástroje vhodné pro výuku fyziky

Nedílnou součástí fyzikálního vzdělávání jsou praktické důsledky a aplikace probírané teorie. Ve výuce fyziky je velice žádoucí propojit teorii s reálnými a myšlenkovými experimenty. K tomu můžeme využít různé druhy elektronických nástrojů. Jejich kombinací a vzájemným propojením vzniká integrovaný e-learning (INTel) [8]. Současné využívání několika různých způsobů předávání informací zefektivňuje učební proces.

Zde je přehled využitelných nástrojů:

- Audio – různé zvuky, dokreslující vyučovanou látku (např. rázy, vznik zvuku).
- Video – mocný zdroj, lze vložit jak vlastní videa, tak i videa vytvořená jinými (YouTube). Lze předvést jak záznamy experimentů, často ve výuce z různých důvodů nerealizovatelných, tak i tzv. motivační videa [75], zdánlivě s fyzikou nesouvisející. Dále lze provádět videoanalýzu natočených jevů [76].
- Data z přímého měření. Pokud laboratorní vybavení umožňuje připojení k počítači, lze zachytit nejen samotný experiment, ale i jeho výsledky, a ty dále zpracovávat [77].
- Vzdálené experimenty. Díky rozšíření internetu mohou žáci provádět reálné experimenty ve vzdálených laboratořích. Měření probíhá v okně internetového prohlížeče, z něhož lze zpravidla měnit parametry experimentu a pozorovat streamované video s experimentem. Naměřené hodnoty se zapisují do tabulky a lze je pak dále využívat [78].
- Počítačové animace a simulace [13].

1.3 Didaktické aspekty práce

Jak bylo zmíněno, autorské nástroje umožňují uživatelům jednoduše vytvářet různé učební materiály. Forma, vzhled a pestrost těchto materiálů závisí na použitém nástroji, avšak obsah je dán tvůrcem. Záleží tedy jak na znalostech kurikula předmětu, tak na didaktických dovednostech tvůrce. Při tvorbě výukových materiálů je důležité, aby tvůrce věděl, co chce sdělit (obsah), jak to chce sdělit (didaktické znalosti) a čeho chce sdělením dosáhnout (cíle výuky).

V této části práce se zaměříme na oblasti, související s didaktickými a pedagogickými teoriemi, aplikovanými ve výzkumné části.

1.3.1 Vymezení pojmů

Didaktika

Pedagogický slovník [79] označuje didaktiku jako teorii vyučování. Toto vymezení je však vzhledem k složitosti vyučovacího procesu velmi široké a obecné, proto se různí autoři snaží tento pojem blíže specifikovat.

Analýzou pojmu didaktika se mimo jiných zabýval Janík, který na základě různých pramenů definuje didaktiku „... jako základní pedagogickou disciplínu, která usiluje o vědeckou reflexi, analýzu a objasnění procesů vyučování a učení ve všech stupních a formách vzdělávání a na tomto základě přispívá k jejich zkvalitňování.“ [80].

Didaktika se dělí na didaktiku obecnou a na oborové didaktiky. Obecná didaktika se zabývá teoriemi o vzdělávání nezávisle na konkrétním vzdělávacím oboru či věku vzdělávaných, didaktiky oborové se věnují otázkám vzdělávání v různých oborech či věkových skupinách.

Psychodidaktika

S rozvíjejícími se znalostmi v psychologii a didaktice a také v kybernetice [81] dochází k propojování poznatků z těchto oborů. Disciplína, zabývající se aplikací těchto znalostí na vyučování, se nazývá psychodidaktika.

Dle pedagogického slovníku [79] je psychodidaktika „nová interdisciplinární teorie propojující přístupy a poznatky obecné didaktiky, psychologie učení, kognitivní psychologie vědění a další... Její podstatou je poznání, že vzdělávací procesy (nejen ve škol. prostředí) je nutno vysvětlovat též z psychologických zřetelů. K tomu byly vytvořeny četné koncepce psychodidaktiky, jejichž autory jsou zvl. H. Aebli, B. S. Bloom, N. F. Talyzinová aj.“.

Snahou psychodidaktiky je tedy komplexnější pohled na vzdělávání s využitím poznatků zejména z psychologie.

1.3.2 Cíle výuky

Základem vyučovacího procesu je stanovení cílů a vyhodnocení jejich naplnění. Cíle vzdělávání rozdělujeme do třech skupin [82]:

- Kognitivní (poznávací cíle) – zahrnují oblast vědomostí. Protože při vzdělávání tyto cíle převládají, nazýváme je také vzdělávací cíle.
- Afektivní cíle – oblast pocitů, hodnot, sociálně komunikativní dovednosti. Nazýváme je výchovné cíle.
- Psychomotorické cíle – motorické zručnosti. Nazýváme je výcvikové cíle.

Vzdělávací cíle můžeme dále dělit na dílčí cíle. Pokud je sestavíme hierarchicky, získáme taxonomii vzdělávacích cílů, z nichž nejužívanější je Bloomova taxonomie. Ta se skládá z celkem šesti níže uvedených kategorií [83].

- **Znalost**

Žák na této úrovni zná nebo si opětovně vybaví konkrétní pojmy, termíny zákony či teorie. Jedná se o reprodukování znalostí z paměti.

- **Porozumění**

Na této úrovni žák chápe význam znalostí, dokáže je svými slovy vysvětlit.

- **Aplikace**

Žák je schopen zobecnit znalosti, ne pouze je jinak formulovat, ale i vysvětlit určité téma, uvést příklady využití, nebo znalosti použít k řešení úloh. Teprve v průběhu aplikace znalostí zjistíme, zda jsme téma opravdu pochopili.

- **Analýza**

Žák je schopen rozdělit problém na jednotlivé části, odhalit jejich vzájemné souvislosti.

- **Syntéza**

Propojuje různé znalosti v celky, hledá či předpovídá souvislosti mezi tématy.

- **Hodnocení**

Posouzení informací dle zvolených kritérií. Např. posouzení pravdivosti informace, vhodnosti reprezentace pojmu.

V příloze B budou předvedeny konkrétní aplikace autorských nástrojů na uvedenou Bloomovu taxonomii a bude tak ukázáno, že ICT, konkrétně autorské nástroje, mohou mít potenciálně široké využití, pokrývající celou oblast vzdělávacích cílů. I když došlo k částečné revizi Bloomovy taxonomie [84,85], bude demonstrováno využití autorských

nástrojů na výše uvedených vzdělávacích cílech. Za zmínku stojí, že postupem taxonomií se zvyšuje motivace žáků.

Doplňme ještě, že alternativně lze výukové cíle definovat pomocí Niemiřkovy taxonomie:

- **Zapamatování poznatků:** – obdoba znalosti v Bloomově taxonomii.
- **Porozumění poznatkům:** – obdoba porozumění v Bloomově taxonomii.
- **Používání vědomostí v typových situacích:** – aplikace znalostí v obvyklých situacích.
- **Používání vědomostí v problémových situacích:** – aplikace znalostí v neobvyklých situacích.

Vyučovací proces není izolovaným procesem, ale probíhá v rámci společnosti. To znamená, že vzdělávání nelze oddělit od požadavků společnosti. Společnost má vliv jak na obsah vzdělávání, tak i na samotný proces vyučování. Z toho vyplývají měnící se požadavky na kvalitu vzdělávání. V současnosti se požadavky společnosti zaměřují na pochopení a aplikace znalostí (tedy na vyšší stupně Bloomovy i Niemiřkovy taxonomie). V této práci bude předvedeno, že ICT, konkrétně autorské nástroje, umožňují zjednodušit přípravu na dosažení těchto cílů a soustředit tak čas a energii žáků i pedagogů na jejich naplňování.

1.3.3 Konstruktivismus

Každý vyučovací obor má svá specifika, která se snaží postihnout příslušná oborová didaktika. Tato specifika však nesouvisí jen s obsahem předmětu, ale také se způsobem chápání, zapamatování a aplikace obsahu předmětu samotnými žáky. Psychodidaktický pohled na učení odkrývá způsoby učení se a také práci se znalostmi jednotlivých žáků.

Z různých výzkumů [86,87,88,89] vyplývá, že v rámci přírodovědného vzdělávání je efektivním způsobem výuky konstruktivistický přístup. To uvádí i Škoda ve své monografii Psychodidaktika [90]: „*Konstruktivismus je nepochybně jednou z významných teorií ovlivňujících zejména přírodovědné a matematické vzdělávání.*“. Smysl konstruktivistické výuky potvrzuje také publikace Mandíkové a Trny [91] nebo Janíka [80]: „... *v současnosti směřuje hlavní vývojová tendence k didaktice konstruktivistické*“.

Pedagogický slovník [79] definuje konstruktivismus takto: „*Jde o široký proud teorií ve vědách o chování a sociálních vědách, zdůrazňující jak aktivní úlohu subjektu a význam jeho vnitřních předpokladů v pedagogických a psychologických procesech, tak důležitost jeho interakce s prostředím a společností. V tomto smyslu je interakční teorií překonávající jednostrannost empirismu a nativismu.*“.

Při transmisivní výuce jsou žákům předávány „hotové“ znalosti a od žáků se očekává schopnost jejich co nejpřesnější reprodukce. Takový způsob výuky je pro žáky i učitele nejjednodušší, avšak v některých případech není efektivní.

Nevhodnost transmisivního pojetí vystihuje Vaculová [92] „*Ukazuje se, že systematicky získané znalosti jsou organizovány a strukturovány způsobem, který často neumožňuje vybavit si je v praktických aplikačních situacích; tyto znalosti pak zůstávají inertní a nelze jich využít při řešení problémů.*“.

Avšak při výuce lze postupovat konstruktivisticky – nepředávat hotové znalosti, ale umožnit žákům konstruovat vlastní myšlenkové modely učiva. Konstrukce modelů je individuální záležitostí a učitel v tomto případě pomáhá s vytvářením, verifikací a modifikací těchto konstruktů. Konstruktivistický postup se zaměřuje na aktivní činnost žáka [93]: „*Poznávání však nespočívá v tom, že žák nové poznatky přiřazuje ke svým dosavadním poznatkům, nýbrž že nové poznatky žák vytváří přetvářením svých poznávacích schémat. Učí se objevováním, odkrýváním nových vztahů mezi poznatky.*“.

Zaměření výuky na žáka vystihuje Hrbáčková [94]: „*Konstruktivismus tedy zdůrazňuje proces konstruování poznatků jedincem a jeho aktivní roli při této konstrukci poznání prostřednictvím vlastní činnosti, aktivity, ale také sdílením tohoto poznání s ostatními. Poukazuje na to, že nové skutečnosti interpretujeme ve světle předchozího porozumění vzniklého z dřívějších zkušeností. Tím se vytváří jakési schéma umožňující chápání a zařazení nových skutečností do předchozích struktur. Pokud se však nové poznatky nedostanou do styku s tímto vlastním, již vytvořeným pojetím, nedojde k potřebnému porozumění a žádoucímu procesu učení.*“.

To dokreslují výsledky českých žáků v mezinárodních studiích TIMSS a PISA [2], ve kterých je poukazováno na neschopnost žáků aplikovat znalosti na řešení problémů. Jako příklad lze uvést výzkum TIMSS z roku 1995, ve kterém byl u našich žáků největší rozdíl mezi výsledky v teoretické a experimentální části testu [95]. Z toho vyplývá také to, že žáci jsou sice schopni se fyziku formálně naučit, ale nejsou vedeni k tomu ji pochopit. Pak samozřejmě nemají zpětnou vazbu – sice stráví čas učením se, avšak bez žádného

přínosu pro jejich kompetence. Z publikace [96] vyplývá, že důraz při výuce je kladen na reprodukci předaných znalostí, ne na jejich aplikaci. Šetření PISA z roku 2009 [3] ukázalo další zhoršení žáků v přírodních vědách.

Pohledem žáků na fyziku se zabývali autoři výzkumu [97]. Z výsledků vybíráme zjištění, související s naším tématem:

- Důvodem, proč se žáci fyziku učí, je známka. Nejméně důležité je to, zda je fyzika baví.
- Nejvíce se žáci zajímají o dovednosti, prakticky využitelné v životě.
- Žáci by nejraději **sami** prováděli pokusy nebo pracovali s počítačem. Nejméně oblíbenou činností je počítání příkladů.

Vnímáním výuky žáky se zabýval i mezinárodní výzkum PISA 2006 [96], ve kterém pouze 22 % žáků odpovědělo, že učitel vyžaduje každou, nebo skoro každou, hodinu, aby aplikovali získané znalosti na problémy každodenního života. Oproti tomu 31 % žáků odpovědělo, že získané znalosti nemusejí (nebo téměř nemusejí) aplikovat.

Koncept konstruktivismu byl popsán J. Piagetem [9]. Ten za základ této teorie poznávání pokládá asimilaci a akomodaci. Každý jedinec se během svého vývoje setkává s novými informacemi. Některé nové poznatky může asimilovat – tedy začlenit mezi vlastní poznatky. Pokud se nové vjemy nepodaří zařadit do stávajícího systému, je potřeba systém modifikovat. Tento děj – změnu systému poznatků jedince vlivem vnějších podnětů, nazývá Piaget akomodace.

Východiska konstruktivismu lze zformulovat do deseti bodů: „

1. *Objektivní realita je nepoznatelná a naše představa světa je konstruovaná v rámci jazykového, společenského a kulturního kontextu.*
2. *Poznání je proces aktivního konstruování obrazu světa.*
3. *Do procesu konstruování světa jsou děti přirozeně vnitřně motivovány, tuto vnitřní motivaci je třeba podpořit a dát jí prostor.*
4. *Učení není výsledkem vyučování, ale toho, co udělá žák s novými informacemi, se kterými je seznámen.*
5. *Žádný student není ‚tabula rasa‘, každý má o libovolném tématu určitou rámcovou představu, které se říká prekoncepce, a který ovlivňuje ochotu přijímat nové poznatky.*

6. *Prekoncepce jsou opouštěny tehdy, pokud přestávají stačit potřebě srozumitelného vysvětlení světa.*
7. *Podstatou učení je proto zpochybňování prekonceptů a vybízení žáků k jejich náhradě novými koncepty.*
8. *Cílem učení není předávat znalosti chápané jako reprezentace objektivní reality, ale vést k aktivnímu přehodnocování svého způsobu porozumění světu.*
9. *V procesu poznávání hrají důležitou roli sociální interakce učících se objektů.*
10. *Pro učení jsou nezbytné úkoly vycházející z reálných životních situací. Látka se nerozpadá na jednotlivé dílky, ale je nazírána jako celek.“ [98].*

Cílem procesu poznání by měla být tvorba konceptů žáky a jejich následná verifikace. V procesu výuky by žáci měli být schopni nové poznatky asimilovat a poznat, pokud nový poznatek nezapadá do již vytvořené struktury znalostí. Pak by měli být schopni revidovat jak své znalosti, tak i nový poznatek, rozpoznat, kde je důvod nesouladu. Nakonec upravené nové i původní poznatky uložit a dále využívat.

Konstrukty, které si žáci při výuce vytvoří, mají trvalejší charakter než memorované učivo a jsou tak použitelné i na mnohem širší spektrum úloh [99].

Domníváme se, že právě na znalosti prekonceptů a obvyklých miskonceptů žáků je potřeba stavět přípravu na výuku – pokud učitel disponuje znalostmi o základních a nejrozšířenějších miskonceptech, může se na jejich akomodaci zaměřit při výuce. Autorské nástroje pak mohou učitelům umožnit vytvořit si vlastní relativně jednoduché prostředky, zaměřené na akomodaci konkrétního poznatku.

Výše uvedený Piagetův konstruktivismus je také nazýván kognitivním (individuálním) konstruktivismem – klade důraz na vliv jednotlivce na vlastní učení. Naopak koncept sociálního konstruktivismu [90,100] klade důraz na vliv okolí na jedincovo učení.

Rozdílné pojetí tradiční výuky a konstruktivistického přístupu lze popsat např. takovýmto schématem:

„V tradiční škole:

- **Žák** je ten, kdo nic **neví** a do školy přichází proto, aby se všemu naučil.
- **Učitel** je **garant pravdy**, který ví, a ve škole je proto, aby naučil všemu toho, kdo neví.
- Žákovo poznání se tvoří postupným kladením poznatků na sebe.
- Pro **tradiční pojetí výuky** v jeho vyhraněné podobě je příznačná **transmise**, tj. **předávání hotových, logicky utříděných informací**, přičemž se počítá s jejich ‚zrcadlovým‘ otiskem do mysli žáků (tedy s tím, že je žák přijímá tak, jak mu byly sděleny).

V konstruktivistické škole:

- **Žák ví**, a do školy přichází proto, aby přemýšlel nad tím, co ví, aby **rozvíjel své poznání**.
- **Učitel jako garant metody** zajišťuje, aby každý žák mohl dosáhnout co možná nejvyšší úrovně rozvoje.
- **Žákovo poznání** se tvoří jako **jeho subjektivní schémata**, poznávací struktury, které se v procesu učení mění a obohacují.
- **Konstruktivistický přístup** k výuce vychází z teze, že poznání je založeno na složitém konstrukčním procesu, ve kterém výběr a interpretace podnětů závisí na předchozí žákově zkušenosti a výsledky tohoto procesu jsou subjektivní. Jde totiž o interakci mezi dosavadním poznáním a novými podněty a právě v této interakci se utváří žákovo (individuální, jedinečné, subjektivní) pojetí učiva. Je to proto, že žákovy zkušenosti jsou součástí jeho poznávacích struktur a nejsou indiferentní vůči podnětům ze strany učitele.“ [101].

Rozdíly v obou pojetích výuky vystihuje tabulka 1:

Tabulka 1 Rozdíl mezi konstruktivistickým a transmisivním přístupem ke vzdělávání [102]

polaritní dipól	konstruktivistické vyučování	transmisivní vyučování
hodnota poznání	kvalita	kvantita
motivace	vnitřní	vnější
trvanlivost poznání	dlouhodobá	krátkodobá
vztah učitel-žák	partnerský	submisivní
klima	důvěry	strachu
nositel aktivity	žák	učitel
činnost žáka	tvořivá	imitativní
poznatek žáka	produktivní	reproduktivní
nosná otázka	CO? a PROČ?	JAK?

Konstruktivistickému pojetí výuky odpovídá aktivní využívání ICT. Důraz je kladen na vlastní cestu žáka vzdělávacím procesem. Žák konstruuje vlastní modely poznání, učitel vystupuje v roli rádce. Individualizace výuky prostřednictvím moderních technologií tedy umožňuje studentům realizovat vlastní myšlenkové konstrukce, prakticky je ověřit a eventuálně revidovat.

Autorské nástroje zjednodušují zejména přípravu (nejen konstruktivisticky zaměřené) výuky (viz smysl využití autorských nástrojů v kapitole 1.2.1): Učitel se může zaměřit hlavně na obsah, forma je dána použitým nástrojem. Autorské nástroje umožňují i změnu v zapojení studentů: od pasivní role pozorovatele, přes spolutvůrce simulace až k samostatnému vytváření vlastních simulací.

Žáci nemusejí nutně vytvářet sami simulace, místo toho může učitel simulaci snadno měnit právě podle požadavků žáků. Žáci tak mohou samostatně přemýšlet a pokládat otázky „Co kdyby se změnilo ...“, „Jde to udělat jinak?“. Stejně tak se mohou pokusit predikovat chování změněného systému. S pomocí moderních technologií se tak zvyšuje interaktivita, žák může lépe a efektivněji ovlivňovat výuku.

Tímto postupem se dostáváme na třetí stupeň Bloomovy taxonomie, na který se velká část žáků při transmisivní výuce vůbec nedostane. Tím, že se žáci aktivně podílejí na práci se simulacemi nebo je dokonce vytvářejí, vnímají lépe smysl učení se a zvyšuje se tak jejich vnitřní motivace.

Doplňme, že autorské nástroje nejsou vázány na konkrétní výukové metody. V této práci aplikujeme konstruktivistický přístup k využití autorských nástrojů z důvodu vhodnosti tohoto přístupu v oblasti přírodovědného vzdělávání.

1.3.4 Didaktické znalosti obsahu

Každý pedagog má více možností, jak výuku realizovat. Může volit různé metody, formy, či způsob reprezentace učiva. Podle výsledků výuky může své postupy i měnit. Čím širší paletu metod a forem bude mít, tím lépe bude schopen reagovat na potřeby výuky. Vše výše uvedené lze začlenit do oblasti didaktického vzdělání učitele (DZ – didaktické znalosti). Nutnou součástí pedagogových znalostí jsou také znalosti vyučovacího obsahu, neboli oborové znalosti (OZ).

Pedagog nutně potřebuje didaktické i oborové znalosti, proto vzdělávání pedagogů sestává jak z předmětů věnovaných znalostem obsahu, tak i z předmětů oborové didaktiky.

Přímo pro vyučovací proces je dle L. S. Shulmana [103] rozhodující průnik DZ a OZ – tzn. znalost příslušného obsahu a současně schopnost jej transformovat tak, aby jej žáci pochopili. Průnik OZ a DZ je znám jako **didaktická znalost obsahu** (DZO), v zahraniční literatuře je tento průnik označován jako **pedagogical content knowledge** (PCK). DZO souvisí i s osobností a zkušenostmi učitele. Z českých autorů se DZO věnuje Janík [104], který popisuje DZO takto: „*Shulman v těchto souvislostech hovoří o didaktických znalostech obsahu jako o slitině (amalgamu) obsahu a didaktiky. Didaktické znalosti obsahu vymezuje jako nejúčinnější analogie, ilustrace, příklady, vysvětlení, slovní demonstrace, způsoby znázorňování a formulování tématu, které je učiní srozumitelným pro jiné... Didaktické znalosti obsahu také zahrnují porozumění tomu, co činí učení se určitému tématu snadným či obtížným; koncepcím a prekonceptům, které si žáci různého věku a zázemí (background) s sebou přinášejí do výuky...*“.

Oproti oborové didaktice, jejíž náplní je jak způsob výuky, tak i kurikulum a způsob klasifikace, se tedy DZO zabývá pouze výukou samotnou.

Pojem DZO považujeme za zásadní v tom ohledu, že definuje jedinečnost povolání učitele a volby přístupu k výuce. Právě osobnost učitele (a tedy i jeho DZO) jsou zásadní pro vnímání předmětu. Např. v šetření [97] je osobnost učitele druhým nejdůležitějším aspektem pro oblíbenost předmětu fyzika (prvním aspektem byla s téměř stejnou četností zajímavost fyziky).

Smysl zkoumání DZO v oblasti fyzikálního vzdělávání potvrzuje např. Kansanen [105]: „*V pedagogické literatuře najdeme množství studií o konceptu pedagogical content knowledge. Naprostá většina z nich je z oblasti přírodních věd, zejména fyziky, chemie a také matematiky. Je možné, že struktura a podstata přírodních věd lépe umožňují výzkum konceptu pedagogical content knowledge, než je tomu v jiných oborech.*“.

I když OZ a DZ jsou dány zvenčí, např. kurikulem daného předmětu a didaktickým vzděláním pedagoga, je způsob výuky veskrze jedinečný. To je dáno cíli výuky, žáky, očekáváním učitele, motivací zúčastněných, ...

Z psychodidaktického hlediska mají DZO význam v oblasti psychologických znalostí učitele. Různí žáci mají vlastní způsoby učení se [106,107], učitelovým úkolem je tyto způsoby poznat, pochopit a přizpůsobit podle nich výuku. Nemá však smysl měnit způsoby učení se žáků. K tomu připomíná publikace [90]: „*Zjednodušeně můžeme říci, že způsob, kterým se sám učitel nejlépe učí, má tendenci považovat za nejvhodnější i pro své*

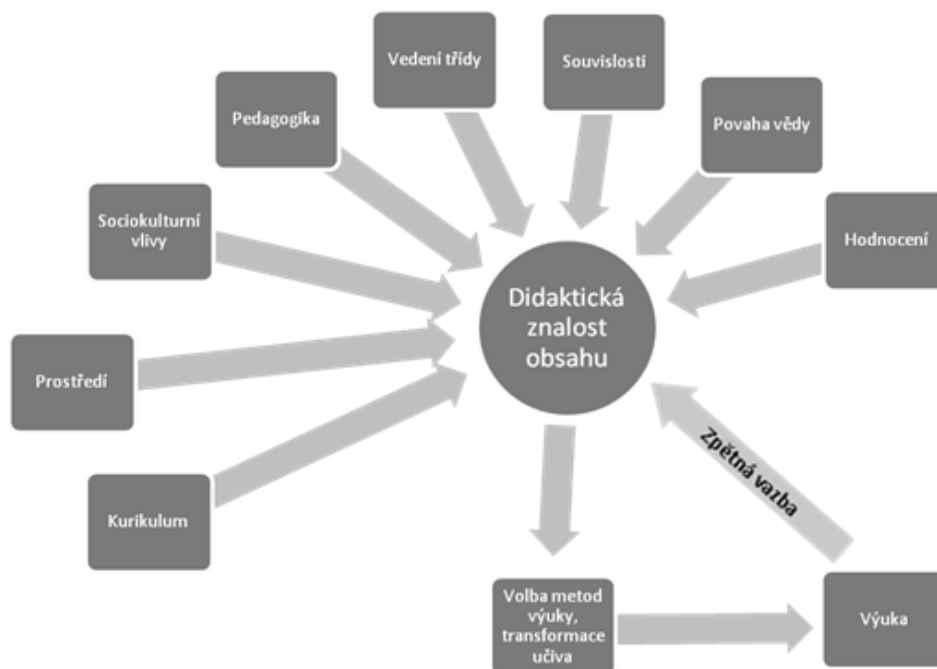
žáky. Měl by být však schopen v konkrétních pedagogických situacích modifikovat svůj vyučovací styl tak, aby byl vyhovující pro jeho žáky a aby byl základem efektivního vyučování.“. Z tohoto také vyplývá to, že učitel by měl být schopen měnit způsoby výuky podle aktuálních potřeb žáků a pokud žáci dané téma nepochopili, měl by použít jinou metodu, zaměřenou na jiný způsob chápání učiva žáky.

Učitel by tedy měl být schopen vybrat vhodný přístup k výuce, avšak ani samotný přístup k výuce nemusí být úspěšný – i u výše zmiňovaného konstruktivismu končí některé výzkumy, zabývající se zlepšením výsledků žáků, negativně [108]. Součástí DZO totiž nejsou jen samotné didaktické znalosti, ale také učitelovy zkušenosti. Ty zahrnují (byť i nevědomky) představu o efektivnosti jednotlivých vyučovacích metod při výuce, možnosti učitele ovlivnit výuku i zpětnou vazbu ze zjišťování znalostí a dovedností žáků. Nezanedbatelné jsou také znalosti o třídě a jednotlivých žácích, jejich možnostech a přístupu.

DZO jsou často zmiňovány v odborné literatuře, i když nejsou přímo konkrétně jmenovány: „*Zásadním faktorem ve vyučovacím procesu je učitel a jeho učební strategie. V průběhu edukačního procesu žák využívá kognitivní operace ke konstrukci poznání, ale je to učitel, kdo musí připravit podmínky pro aktivní účast žáků na tomto procesu. Musí například vzít v potaz předchozí individuální zkušenosti žáků, míru zodpovědnosti v jejich přístupu k učení, didaktickou transformaci a organizaci informací. Učitelé by si měli uvědomit, že aktivní účast je očekávána z obou stran a je pro efektivní vyučovací proces nezbytná.*“ [92].

To možná souvisí s tím, že obsah pojmu DZO nevystihuje žádné nové poznatky (viz definice pojmu DZO [105]), ale jen upozorňuje na konkrétní schopnosti, znalosti a dovednosti v reprezentaci učiva žákům. Také proto věnujeme tomuto pojmu v této práci pozornost – autorské nástroje umožňují transformovat obsah předmětu do formy, vhodné pro danou výukovou situaci.

Výše uvedené potvrzuje Driel, Verloop a DeVos [109]: „*I když jsou oborové znalosti různých vyučujících přírodovědných předmětů téměř stejné, jejich DZO se mohou výrazně lišit. Zkušení učitelé totiž používají při výuce různé metody a reprezentace učiva*“. Grafickou reprezentaci pojmu DZO uvádíme na obrázku 1.



Obrázek 1 DZO dle Veala [110]

Původní Shulmanův pojem DZO (angl. PCK) byl Mishrou a Koehlerem [111] doplněn o oblast znalosti technologií, čímž vznikl rámec **Technological Pedagogical Content Knowledge** (TPCK). Sledovaná oblast je pak průnikem didaktických, odborných a technologických znalostí pedagoga. Vzhledem k tomu, že smyslem využití autorských nástrojů je zjednodušení práce s ICT a zejména snížení nároků na technologické znalosti, není tento pohled na kompetence vyučujícího cílem našeho zájmu.

1.3.5 Didaktické aspekty využívání fyzikálních simulací při výuce

Jelikož se v této práci zabýváme využitím autorských nástrojů k tvorbě vlastních simulací, měli bychom se také věnovat didaktickým pohledům na samotné výukové simulace. Jak bylo zmíněno výše, byly provedeny různé výzkumy na toto téma. Analýzou těchto výzkumů se aktuálně věnuje Rutten [112], který na jejím základě definuje možnosti využití simulací ve výuce:

- rozšíření tradiční výuky pomocí simulací:
 - samotná výuka,
 - laboratorní práce,
- porovnání efektů různých způsobů reprezentace učiva,
- porovnání různých způsobů zapojení žáků do výuky,
- vlivy simulací na průběh samotné výuky a aktivitu žáků.

Experimentální část této práce je zaměřena na první uvedenou možnost využití simulací, proto jí budeme věnovat dále pozornost. Rutten na základě analýzy považuje simulace za vhodný doplněk výuky, a to nejen kvůli samotnému zlepšení výsledků žáků. Jako další důvody uvádí lepší chápání učiva, menší časovou náročnost přípravy či lepší schopnost předpovídání výsledků experimentů. Simulace též pozitivně ovlivňuje emoční klima při výuce a spolupráci žáků během výuky. Stern [113] upozorňuje na to, že výsledky použití simulací při výuce jsou sice slibné, hodnocení vlivu simulací na výuku však bylo zaměřeno na krátkodobé ověření znalostí. To, že využívání simulací má dlouhodobý dopad, nebylo zatím ověřeno. K tomu by dle něj bylo zapotřebí přizpůsobit kurikulum k využívání simulací a naopak simulace upravit podle kurikula. Možností by byl také badatelsky orientovaný přístup [114].

Z různých výzkumů [115,116,117] vyplývá, že použití simulací při výuce má (statisticky) významný vliv na výsledky výuky. I když autoři často nehledají důvody, proč je využití simulací vhodným doplňkem výuky, lze psychologické důvody najít v psychodidaktice.

Učební styly

V souvislosti s výukou je vhodné zmínit, jaké způsoby (styly) používají různí lidé při učení se. Vzhledem k tomu, že učení je celoživotní činnost, platí níže uvedené obecně, my se zaměříme na žáky a jejich školní vzdělávání.

Učebním stylem budeme nazývat „... relativně ustálený soubor činností, který se opírá o určitý kognitivní styl, o způsob zpracování informací, a který se zároveň může měnit pod vlivy výchovy a sebevýchovy.“ [90]. Mareš [107] považuje učební styly za „metastrategie“, sdružující učební strategie, taktiky a operace. Zmiňovaná metastrategie jednotlivé strategie vyhodnocuje, reguluje, orientuje určitým směrem na základě průběhu, podmínek, výsledků či sociálního kontextu učení. „Styly vedou jedince k učebním výsledkům určitého typu, ale znesnadňují dosažení výsledků jiných (často lepších).“ [107].

Jedno z dělení učebních stylů, související s výukou pomocí simulací, je dle preferovaných smyslových podnětů. Rozlišujeme především typy vizuální a auditivní [90]:

„Vizuální typ si realitu představuje a konstruuje v podobě vizuálních mentálních obrazů věcí, tvarů. Zajímá se spíše o situaci než o její aktéry. Představí si všechny údaje o problému dřív, než začne vyvíjet jakékoli úsilí o řešení... Strategie řešení problémů žáka tohoto typu se budou nejčastěji opírat o analogie, prostorovou reorganizaci problému, o vyhledávání pravidelností. Žáci s tímto učebním stylem se spoléhají na svoji zrakovou paměť. Lépe se tedy učí z textu čteného než slyšeného. Při zkoušení se jim paměťová stopa vybavuje vizuálně – neboli jasně si vzpomenou, na kterém místě stránky byl text napsán, jak vypadal, jakým byl doprovázen obrázkem, kterými byl psán barvami apod.

Auditivní typ si realitu vypráví v podobě vnitřního jazyka, činnost vyvíjí pomocí verbálních či auditivních mentálních obrazů. Zajímá se spíše o aktéry než o situace. Začíná problém řešit vyprávěním... Strategie řešení problému žáka se budou nejčastěji opírat o interaktivní procesy, o rozložení problému na zřetězení jednodušších problémů, o číselné vztahy. Auditivní typy žáků se lépe učí ze slyšeného textu. Proto si při výkladu učitele i při učení z učebnice polohlasně nebo šeptem přeříkávají, co čtou, eventuálně co učitel říká. Zapamatování jim usnadňuje to, že o věcech rádi hovoří a diskutují, vyptávají se na všelijaké podrobnosti.

Haptický typ preferuje informace získané na základě hmatového vnímání. Dobře si tedy zapamatuje to, co si ohmatá, co konkrétně vnímá.

Pro žáky s haptickým stylem učení je charakteristické využívání pohybu (proto tento styl učení označují někteří autoři jako kinestetický). Nevydrží dlouho sedět, raději se učí při chůzi. Nemohou-li při učení chodit, je pro ně důležité občas učení přerušit, protáhnout se, udělat několik cviků a pak zase v učení pokračovat. Bývají manuálně zruční a obvykle také velmi zvědaví.

Slovně-pojmový typ se ve školní populaci vyskytuje jen vzácně. Žáci s tímto stylem učení pracují s vysokou mírou abstrakce. Učí se tím, že si ujasňují vzájemné vztahy a vazby mezi pojmy a vytváří z nich celkovou strukturu, kterou si potom na základě logických souvislostí ukládají do paměti. Rádi pracují s logickými reprezentacemi, matematickými vzorci, symbolickými vyjádřeními.“

Je zřejmé, že učitel by měl při výuce využívat co nejširší spektrum podnětů, aby dokázal pokrýt v ideálním případě všechny učební styly. V klasické výuce, zaměřené na učitele převládají auditivní podněty, což však není dostačující pro žáky s haptickým a vizuálním způsobem učení se. Je na učiteli a jeho DZO, jaké metody při výuce použije. Riefová [118] doporučuje při výuce používat co nejpestřejší zdroje – obrázky, videa, schémata pro vizuální typy, experimenty, praktické činnosti pro haptické typy a vše komentovat.

Zařazení simulací do výuky vizualizuje učivo a umožňuje názorné propojení vyučovaných pojmů. Při vhodném využití (např. samostatné práci žáků či umožnění žákům ovládat běh simulace) je možné zapojit i typy haptické.

V souvislosti s učením a smysly souvisí s použitím simulací i výsledky Hansenovy studie [119] – žáci si zapamatují 25 % z toho, co slyší, 45 % z toho co slyší a vidí a 70 %, z toho, s čím mohou manipulovat, kontrolovat a upravovat či z praktické ukázky toho, co se učí.

1.3.6 Souvislost konstruktivismu, DZO a simulací

Jednou z vlastností simulací je, že je lze použít i při způsobu výuky s minimálním vedením učitele (minimal guidance) [120]. V těchto případech žáci prostřednictvím simulací hledají souvislosti a zákonitosti, které ovlivňují jejich běh. Sami si určují tempo práce, sami vytvářejí a kontrolují vlastní konstrukty v oblasti daného tématu simulace. Ve vhodně zadaných úlohách také sami ověřují, zda jejich prekoncepty (v literatuře také naivní či žakovské představy [91]) odpovídají pozorování.

V článku [108] autoři kriticky pohlíží na konstruktivistický přístup (a výuku s minimálním vedením) a jeho výsledky na vzdělávání. Článek konkrétně upozorňuje na nutnost vedení výuky učitelem – konstruktivistický přístup s minimálním vedením učitele nevede automaticky k očekávanému zlepšení žáků. Důležitá je i znalost procesů chápání a tak výsledek vzdělávání podstatně závisí na osobě vzdělavatele, který by měl být schopen vést výuku podle potřeb vzdělávaných. Autoři uvedené studie upozorňují, že z pohledu

kognitivní psychologie je pro úspěch konstruktivistického přístupu důležité přenést získávané informace z krátkodobé paměti do paměti dlouhodobé. Vzhledem k tomu, že kapacita krátkodobé paměti je malá, mělo by být množství předávaných informací v jedné „dávce“ co nejmenší a co nejméně náročné na zpracování.

Setkáváme se tak s průnikem výše popisovaných pojmů – výukových simulací, konstruktivistického přístupu a psychodidaktiky. Domníváme se, že z uvedené literatury vyplývá jak opodstatněnost využívání fyzikálních simulací, konstruktivistického přístupu a didaktických znalostí obsahu, tak i nutnost jejich propojení. To, jak budou jednotlivé pojmy propojeny, závisí na učiteli, přesněji na jeho DZO.

Se závěry uvedeného článku [108] (konkrétně s tvrzením o neefektivnosti konstruktivismu a minimálního vedení výuky učitelem) nesouhlasí C. Hmelo-Silverová [121], která ve své studii upozorňuje na to, že v případě konstruktivismu či výuky zaměřené na řešení problémů nelze hovořit o minimálním vedení. Citujme konkrétně: „*The teacher plays a key role in facilitating the learning process and may provide content knowledge on a just-in-time basis.*“.

Proto vnímáme zmiňovaný článek [108] i reakci na něj za potvrzení důležitosti DZO a jejich vlivu na výuku.

Zajímavý pohled na vzdělávání a řešení úloh nabízí profesor Ogborn z Londýnské univerzity [122]. Ten se připojil ke kritice minimálního vedení výuky učitelem, např. v badatelsky zaměřené výuce. Podle něj při řešení úloh používáme buď rychlé, nebo pomalé myšlení. Rychlé myšlení je založeno na našich znalostech a představách, na jejichž základě se rozhodneme pro rychlou odpověď. Pomalé myšlení je založeno na hlubší analýze úlohy, zapojení kritického myšlení, konzistenci odpovědi, porovnání možných řešení.

Rychlé myšlení tak dává téměř okamžitou odpověď, ne vždy však správnou. Je nejčastěji používáno. Oproti tomu pomalé myšlení vyžaduje schopnost kritického myšlení, vhléd do tématu. Úkolem učitele je pak vést žáky ke kritickému myšlení a také předat co nejvíce znalostí, potřebných ke správnému rozhodnutí při rychlém myšlení. I zde jsou tak zásadní DZO učitele.

1.4 ICT z pohledu pedagoga

To, že moderní technologie mají velký potenciál využití ve výuce, uznává asi většina učitelů, avšak na to, jak tento potenciál co nejlépe využít zatím nemáme jasnou

odpověď. I když se v oblasti vzdělávání snažíme držet krok s technologickým vývojem, nedaří se tyto technologie jednoduše integrovat do vzdělávacího procesu. Fyzika patří k předmětům, v nichž má praktické využívání ICT perspektivu, a to z těchto důvodů [123]:

- učitelé přírodních věd mají ve srovnání s učiteli ostatních oborů kladnější postoj k novým technologiím,
- v oblasti přírodních věd nabízí ICT širokou škálu aplikací, podporuje různé druhy učení, integrace ICT do osnov neomezuje vyučující,
- zásadní změna v oblasti řešení úloh – některé úkony dnes provádějí počítače (např. tvorba grafů, vyhodnocování fyzikálních měření), větší důraz tak může být kladen na pochopení.

Publikace [123] dělí učitele fyziky podle jejich pohledu na výuku do třech skupin:

- tradicionalisté – podle nich je výuka fyziky založena na faktech a jejich odvozování. Nemají žádný důvod k využívání ICT při výuce.
- Technologové vnímají pozitivně využití ICT při výuce, a pokud mají možnost, s ICT aktivně pracují.
- Nerozhodní kombinují oba přístupy.

Právě osobní postoje učitelů mívají největší vliv na míru využívání či nevyužívání moderních technologií ve výuce, přičemž tento vliv je daleko větší než vliv různých reforem v oblasti vzdělávání. Ostatně i úspěch reforem záleží do značné míry na postojích učitelů k nim, takže i kdyby byly školy průběžně vybavovány technologiemi, nemusí být efekt potřebných investic hned zřejmý.

Zpřístupnění technologií, zejména potřebného softwaru, umožní i „tradicionalistům“ postupně oceňovat výhody ICT a aktivně je využívat.

Pokud chceme, aby vyučující začal využívat ICT při výuce, musíme mu nabídnout:

- jednoduché ovládání aplikací,
- možnost realizovat vlastní ideje,
- snadnou přenositelnost vytvořených produktů,
- minimální časovou náročnost na tvorbu jednotlivých výukových objektů.

Protože schopnosti reprezentovat učivo – tedy DZO – jsou u učitelů individuální, je vhodné nabídnout jim možnost najít si vlastní způsoby práce s ICT.

Postoji učitelů při práci s autorskými nástroji se zabývali autoři studie [124]. Mimo jiné upozorňují na nutnost správného pochopení všech parametrů používaných nástrojů. Ve svém výzkumu sledovali učitele při vedení laboratorních prací z fyziky. Při tomto pozorování autoři studie zjistili, že zúčastnění učitelé nezjistili implicitně nastavenou pružnost vkládaných objektů, čímž došlo k „nesprávnosti“ simulace (běh simulace neodpovídal předpokladům). Zajímavé byly reakce učitelů – méně zkušený učitelé uvěřili počítačové simulaci a průběh simulace tak žákům nesprávně vysvětlili („počítač má pravdu“), druhým extrémem pak bylo úplné zanevření na využívání autorských nástrojů a ICT ve výuce.

1.4.1 Hotové simulace nebo autorské nástroje

Pokud se učitel rozhodne při výuce využít výukové simulace, může buď vytvořit simulaci vlastní, nebo vyhledat simulaci již hotovou. V současnosti existuje velké množství kolekcí výukových simulací, pokrývajících velkou část učiva fyziky pro základní i střední školy. Pokud však chce učitel lépe využít své DZO, nemusí být s hotovou simulací spokojen anebo stráví delší dobu s vyhledáváním vhodné simulace. Pokud ani tak není spokojen, může buď přizpůsobit výuku nalezené simulaci, nebo si vytvořit svou vlastní. Samozřejmě může vyučovat i bez simulace.

Pokud má učitel možnost a znalosti vytvořit si simulaci vlastní, může při její tvorbě reflektovat vlastní představu o daném tématu a transformovat učivo dle svých představ. Snáze též může reagovat na aktuální situaci při výuce a simulaci upravit. Popřípadě dokonce může simulaci vytvářet přímo při výuce. K tomu však potřebuje buď specifické znalosti z oblasti programování, nebo prostředí, ve kterém simulaci vytvoří – tedy autorský nástroj. S výše uvedeným souvisí i problém samotného chápání učiva učitelem – vlastní tvorbou a vyzkoušením vytvořené simulace může diagnostikovat, popř. revidovat nejen případné miskoncepce žáků, ale také svoje vlastní [125]. V souvislosti s DZO na tuto možnost poukazuje [109]: „*DZO jsou zcela limitujícím faktorem činnosti učitele ve výuce – nerozumí-li učitel obsahu, používá více miskonceptů, déle mluví, klade žákům primitivní dotazy atd.*“.

Vytváření vlastních simulací má tedy pro učitele dvojí smysl. Umožňuje mu přípravu na výuku přesně dle vlastních představ o vhodné reprezentaci vyučovaného obsahu a také odhalení případných chyb ve vlastních představách o vyučovaném tématu. Nezanedbatelná je též úspora času – oproti využití hotové simulace odpadá samotné

hledání a zkoušení simulace. Navíc po (i během) průběhu simulace při výuce ji můžeme změnit dle aktuální situace a potřeb žáků.

1.5 ICT z pohledu žáka

Žáci nemají vesměs problémy s využíváním ICT, moderní technologie jsou již součástí jejich života. Využití ICT při výuce je tak pro ně zpestřením. To samozřejmě nestačí, smyslem zdokonalování výuky není žáky zabavit, ale zefektivnit výuku. Výhodou ICT je tedy, že žáci nemají žádný blok při jejich využívání, práce s technologiemi ICT je pro ně přirozená. V čem je však přínosná, co přináší navíc do vyučovacího procesu [7]?

- Interaktivita:
 - ICT umožňuje žákům aktivně ovlivňovat sebevzdělávání. To je v kontrastu s jejich obvyklou rolí pasivního pozorovatele u sešitu a knihy. Z pasivního diváka se stává aktivní účastník výuky. Dokonce mu můžeme umožnit aktivní zapojení a ovlivnění vzdělávacího procesu.
- Individuální přístup:
 - každý žák má specifické potřeby. ICT vyučujícímu umožňuje tyto potřeby zjistit a reagovat na ně. To je při klasické výuce nemyslitelné. Každý student má jiné tempo, ICT umožňuje rychlost učení přizpůsobit. Stejně tak lze individualizovat cestu, kterou žák dojde k cíli.

Individuálním přístupem nemusíme myslet jen oddělený přístup k žákům, ale i to, že sami studenti si mohou vybrat svou vlastní cestu k pochopení dané látky. Právě počítačové simulace umožňují studentům vytvářet si vlastní modely, díky nimž látku pochopí. Takové modely jsou trvalejší a přínosnější, než modely převzaté. Vhodné autorské nástroje umožňují projít celou cestu od návrhu modelu, přes jeho vytvoření až k jeho ověření i samotným žákům.

K aktivnímu zapojení žáků není nutné, aby sami vytvářeli vlastní simulace. Už jen to, že učitel před žáky simulaci vytváří nebo ji mění podle jejich reakcí, je výrazně motivační prvek. Navíc mohou žáci sami přemýšlet nad tím, jak by simulaci sestavili nebo modifikovali, což již vyžaduje hlubší porozumění problému. Hodina je pak skutečně interaktivní. Vhodnými dotazy pak může pedagog zjišťovat, zda žáci téma opravdu chápou.

Konstruování vlastních myšlenkových modelů považuje zakladatel konstruktivismu J. Piaget za důležité, s výše uvedeným koresponduje jeho upozornění: „*V oblasti matematicko-logických operací děti chápou pouze to, co sami objeví. Pokud budeme učit příliš rychle, ubíráme jim čas na vlastní objevování.*“ [127]. ICT využití vlastních zkušeností zjednodušuje a zpětnou vazbou umožňuje studentům zpřesňovat vlastní mentální modely a propojit tak realitu a fyzikální formalismus. Znalost těchto modelů je další součástí učitelových DZO, navíc hledání modelů chápání jednotlivých studentů může být z didaktického hlediska velmi zajímavé a přínosné pro zvýšení kvality vzdělávání.

1.6 Současná situace v oblasti využívání autorských nástrojů

V současnosti není o využívání autorských nástrojů při výuce mezi učiteli zájem. Jako příklad tohoto tvrzení můžeme uvést to, že v časopise Matematika fyzika informatika za posledních deset let vyšly mimo články autora práce pouze dva články, zabývající se využitím těchto programů ve výuce fyziky. Stejný počet článků je také na Metodickém portálu RVP. Ve sborníku veletrhu nápadů učitelů fyziky byla práce v autorských nástrojích zmíněna také dvakrát.

Z výzkumu [128] mezi učiteli vyplývá, že téměř všichni respondenti mohou při výuce používat počítač s dataprojektorem, nebo interaktivní tabuli. K práci s autorskými nástroji tak mají potřebné HW vybavení. Z téhož výzkumu vyplývá také to, že většina učitelů je spokojená s ICT vybavením své školy, takže HW vybavení školy je na potřebné úrovni.

2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Z rešerší literatury (domácí i zahraniční) vyplývá, že využití autorských nástrojů a jejich spojitost s DZO a konstruktivistickým přístupem není výrazně zkoumáno. I když jednotlivé pojmy (autorské nástroje, DZO i konstruktivismus) jsou součástí velkého množství vědeckých prací, jejich možná integrace nebyla výrazněji studována.

Proto je hlavním cílem práce zdokumentovat, jaký dopad má využívání autorských nástrojů ve výuce fyziky. Z širokého portfolia autorských systémů je práce zaměřena na nástroje, využitelné při tvorbě a publikování fyzikálních modelů a simulací. Z nástrojů, uvedených v předchozí kapitole, byly vybrány programy Algodoo a Yenka. Jejich výběr bude zdůvodněn v experimentální části. Vzhledem k tomu, že v oblasti využití autorských nástrojů nebyly (mimo jejich tvůrce) publikovány výzkumné studie, porovnáme výsledky našich výzkumů s výsledky studií, sledujících vliv fyzikálních simulací na výuku. Obvykle totiž tvůrci autorských nástrojů ve své práci program představí a na několika konkrétních příkladech jej předvedou. V těchto pracích však často chybí obecný didaktický pohled na využití těchto nástrojů, navíc návrh těchto nástrojů a jejich uživatelské prostředí je uzpůsobeno zejména autorům. Takové nástroje pak využívají zejména jejich autoři.

Součástí práce jsou i konkrétní příklady využití autorských nástrojů při tvorbě simulací. Vytvořené simulace a jejich použití jsou studovány z hlediska konstruktivistického přístupu a DZO učitele, ne z hlediska samotného fyzikálního obsahu. Ten není součástí práce a bude zmiňován jen v nejnútnejší míře.

Výzkumným problémem je zkoumání vlivu používání autorských nástrojů na výsledky výuky. Výsledky výuky jsou hodnoceny podle toho, jak se podařilo naplnit její cíle. V předchozích kapitolách byly zmiňovány výsledky českých žáků v mezinárodních výzkumech TIMSS a PISA a jejich špatné výsledky v oblasti chápání a aplikace učiva. Proto za cíl výuky pokládáme pochopení učiva a schopnost aplikovat znalosti.

Konkrétní cíle výzkumu jsou charakterizovány výzkumnými otázkami. V tomto případě je hlavní výzkumnou otázkou: „Vede využití autorských nástrojů k prokazatelnému zlepšení výsledků žáků v oblasti pochopení a aplikace učiva?“.

K této výzkumné otázce formulujeme hypotézu, kterou budeme v rámci výzkumu testovat: Vzhledem ke zvolenému způsobu vyhodnocování statistických dat volíme 1. nulovou hypotézu ve formě: **„Využívání autorských nástrojů nevede k prokazatelnému zlepšení žáků v oblasti pochopení a aplikace učiva.“** K této nulové

hypotéze formulujeme jednostrannou alternativní hypotézu: **„Využívání autorských nástrojů vede k prokazatelnému zlepšení žáků v oblasti pochopení a aplikace učiva.“**.

Pro hlubší analýzu se zaměříme i na dopady využívání autorských nástrojů na výsledky žáků v otázkách, nevyžadujících chápání tématu. Tedy na prostou reprodukci znalostí, předávaných při výuce učitelem.

Výzkumná otázka v tomto případě bude znít takto: „Jaký vliv má využití autorských nástrojů na schopnost žáků reprodukovat učivo?“. K této otázce formulujeme 2. nulovou hypotézu: **„Využívání autorských nástrojů nevede ke zlepšení žáků v oblasti reprodukce učiva.“**, k ní formulujeme jednostrannou alternativní hypotézu: **„Využívání autorských nástrojů vede ke zlepšení žáků v oblasti reprodukce učiva.“**.

Tato hypotézu byla ověřována v několika pedagogických experimentech, které budou konkrétně popsány a vyhodnoceny dále. Budou zmíněny také předvýzkumy, které byly realizovány v rámci přípravy na hlavní výzkumy. Poznatky z těchto předvýzkumů byly důležité pro správné naplánování a realizování pedagogických experimentů.

Součástí prezentace výsledků experimentu bude předvedení vybraných použitých simulací. Na základě výsledků experimentu budou analyzovány souvislosti mezi didaktickými znalostmi obsahu, autorskými nástroji a konstruktivismem.

3 NÁVRH VÝZKUMU

3.1 Volba typu výzkumu, výzkumné metody

Ke zjišťování vlivu autorských nástrojů na výuku bude použit didaktický výzkum (angl. pedagogical research). Regan a kol. [129] popisují didaktický výzkum jako „výzkum výuky a učení se. Díky němu můžeme zodpovědět na široké spektrum otázek – např. proč žáci nechápou vyučované pojmy, nebo proč žáci i přes naši snahu nevykazují žádné známky tvůrčího myšlení či hlubšího pochopení Věříme, že pojem pedagogický výzkum je výraz, který nejlépe vystihuje podstatu vědecké práce, zaměřené na optimalizaci vzdělávání a učení se.“.

Při přípravě výzkumu je nutné rozhodnout, zda bude realizován výzkum kvalitativní či kvantitativní. Každý z těchto přístupů má svá opodstatnění, proto je důležité vybrat vhodný přístup ještě před vlastním návrhem výzkumu. Především si musíme ujasnit, co vlastně chceme výzkumem zjistit/potvrdit.

Kvantitativní výzkum má opodstatnění, pokud chceme potvrdit určitou teorii (přijmout či zamítnout hypotézu výzkumu). Při takovémto výzkumu jsou všechna sebraná data transformována do numerické podoby a pak statisticky vyhodnocena. Ferjenčík [130] popisuje úkol výzkumníka při kvantitativním výzkumu takto: „Výzkumník, stojící před mnohazměrností objektu zkoumání, si uvědomuje nemožnost zachytit ji přesně ve všech jejích podobách. Vybírá si proto jen některé z nich a ty potom pečlivě studuje. Jeho zjištění mohou být přesnější, ale často jim chybí kontext.“. Jinou definici kvantitativního výzkumu nabízí Hendl [131]: „Vzorem kvantitativního přístupu k výzkumu v sociálních vědách jsou metody přírodních věd. Předpokládá se, že lidské chování můžeme do jisté míry měřit a předpovídat. Kvantitativní výzkum využívá náhodné výběry, experimenty a silně strukturovaný sběr dat pomocí testů, dotazníků nebo pozorování. Konstruované koncepty zjišťujeme pomocí měření, v dalším kroku získaná data analyzujeme statistickými metodami s cílem je explorovat, popisovat, případně ověřovat pravdivost našich představ o vztahu sledovaných proměnných.“. Elektronická učebnice pedagogického výzkumu [132] definuje kvantitativní výzkum jako „výzkum založený na předpokladu, že existuje objektivní realita, která je relativně neměnná v průběhu času a v různém prostředí a dá se objektivně, měřením zachytit.“.

Oproti tomu cílem kvalitativního výzkumu není potvrdit či vyvrátit určité hypotézy, ale získat vhled do daného problému. Kvalitativní výzkum a jeho cíle jsou popsány v [130]

takto: „Člověk, skupina, jejich produkty, či nějaká událost jsou zkoumány podle možností v celé jejich šíři a všech možných rozměrech. Navíc je aspirací pochopit všechny tyto rozměry integrovaně – v jejich vzájemných návaznostech a souvislostech.“. Zmiňovaná publikace [132] definuje kvalitativní výzkum jako „výzkum založený na předpokladu, že jednotlivci si konstruují sociální realitu sami v podobě významů a interpretací. Výzkum usiluje o zachycení a popis těchto významů a interpretací. Používá výzkumné metody jako nestrukturované pozorování, nestrukturované nebo polostrukturované interview, narativní interview a pod.“ [132]. Hendl [131] popisuje kvalitativní výzkum takto: „V typickém případě kvalitativní výzkumník vybírá na začátku výzkumu téma a určí základní výzkumné otázky. Otázky může modifikovat nebo doplňovat v průběhu výzkumu, během sběru a analýzy dat. Z tohoto důvodu se někdy kvalitativní výzkum považuje za emergentní nebo pružný typ výzkumu. V jeho průběhu nevznikají pouze výzkumné otázky, ale také hypotézy i nová rozhodnutí, jak modifikovat zvolený výzkumný plán a pokračovat při sběru dat i jejich analýze. Práce kvalitativního výzkumníka je přirovnávána k činnosti detektiva. Výzkumník vyhledává a analyzuje jakékoliv informace, které přispívají k osvětlení výzkumných otázek, provádí deduktivní a induktivní závěry. Seznamuje se s novými lidmi a pracuje přímo v terénu, kde se něco děje.“.

Oba přístupy jsou vnímány jako protikladná paradigmaty, „... kvalitativní výzkum zkoumá postoje lidí, jejich názory, pocity a vnímání, kdežto kvantitativní výzkum, operuje s čísly – množstvím pozorovatelných skutečností. Ale protikladný pohled není příliš užitečný, proto většina výzkumů obsahuje prvky obou přístupů.“ [133]. Volba přístupu souvisí také s rozsahem výzkumného vzorku – k tomu, aby bylo možné získaná data vyhodnotit statisticky, je nutné mít dostatečně široký soubor, avšak v takovém případě nebude možné zkoumat jednotlivé individuality vzorku. Jak poznamenává [134], nejkomplikovanější je volba metody při 30-50 účastnících – počet není dostatečně velký na statistické vyhodnocení, ale na druhou stranu je moc velký na hlubší kvalitativní výzkum. Při velkém vzorku je totiž obtížné kvalitativně hlouběji zkoumat jednotlivé individuality, avšak výsledky jsou statisticky průkaznější. Naopak při malém vzorku lze lépe individuálně přistupovat k jednotlivým respondentům, avšak kvantitativní vyhodnocení nebude kvůli malému vzorku průkazné.

Zásadním rozdílem mezi oběma přístupy je tedy to, čeho chceme výzkumem dosáhnout, jaké mají být jeho výstupy. Jak zmiňuje [135], volba přístupu k výzkumu je záležitostí výzkumníka a je nutné se pro něj rozhodnout před formulací výzkumných hypotéz.

Z formulovaných cílů výzkumu vyplývá, že chceme ověřit, zda určitá činnost (v našem případě využití autorských nástrojů) má pozitivní dopad na chápání učiva žáky. Protože nás v první řadě zajímá zejména to, zda je využívání autorských nástrojů efektivní, a ne důvody, proč tomu tak je, zvolíme kvantitativní výzkum. Teprve po zjištění, že daný experimentální zásah je statisticky významný, má smysl hledat důvody, proč tomu tak je. Vzhledem k tomu, že se učitelé s autorskými nástroji neseškávají ani při přípravě na povolání, ani v rámci dalšího vzdělávání, lze těžko zkoumat dopady využívání těchto nástrojů na DZO. Teprve po kvantitativním potvrzení/vyvrácení smyslu využívání autorských nástrojů při výuce má smysl se tématem zabývat i kvalitativně.

Jako výzkumná metoda byl zvolen experiment [136,137]. Důvodem této volby bylo zejména zaměření výzkumu na zjištění vlivu konkrétní proměnné na výuku, a také to, že experimentální výzkum by měl být více využíván [138]. V současnosti totiž převládá zejména popis, pozorování či analýza dokumentů. I když je realizace experimentu jako výzkumné metody náročná na přípravu a kontrolu působících proměnných, získáme detailní pohled na kvalitu a efektivitu zkoumané metody [138]. Jelikož je výzkum zaměřen na DZO, souvisí jeho výsledky přímo s osobností pedagoga a jeho znalostmi v oblasti didaktiky a ICT.

Dalším důvodem volby výzkumné metody byla možnost kontroly nad proměnnými, vstupujícími do experimentu.

3.2 Validita a reliabilita

Aby byl jakýkoliv výzkum vědecky přínosný, musí být navržen tak, aby jeho výsledky byly spolehlivé. Spolehlivost výzkumu určuje jeho reliabilita [139]. Výzkumník by měl před výzkumem minimalizovat možné chyby, kterých se při zjišťování dat a jejich následném zpracování dopustí. Chyby mohou být:

- systematické – špatně zvolený (nepřesný, nevhodný) testovací nástroj,
- nesystematické – zejména náhodné chyby (např. únava respondentů).

Použité nástroje na sběr dat by měly také být validní – měly by zjišťovat (a měřit) opravdu to, co je cílem výzkumu. V oblasti validity nástroje zjišťujeme tři základní typy validity [133,139]:

- obsahová validita – odpovídá obsah testovacího nástroje skutečně tomu, co chceme zjistit?
- kritériová validita – odpovídají výsledky výzkumu stanoveným kritériím?
- konstruktová validita – reprezentuje výzkumný nástroj teoretický konstrukt výzkumu?

3.3 Experiment

Experiment je výzkumná metoda, zjišťující vliv experimentálního zásahu na zkoumanou oblast. Podmínkou reliabilního realizování experimentu je vysoký stupeň kontroly vlivů, ovlivňujících jeho výsledky (proměnných). Cohen [137] popisuje experiment jako metodu, sloužící k ověření určitého tvrzení, zamítnutí/přijetí nulové hypotézy, nebo zjištění vlivu vybraných proměnných. Walker [135] vnímá experiment jako zjišťování vlivu manipulace s proměnnými na pozorovaný jev.

Experimentu se obvykle účastní alespoň dvě skupiny (kontrolní a experimentální), přičemž experimentální skupina je vystavena experimentálnímu zásahu, kontrolní skupina se experimentu účastní bez zásahu. Pokud jsou obě skupiny rovnocenné, je možné zjistit výsledky experimentu pouze posttestem (testem měřícím zkoumanou oblast po experimentálním zásahu). Pokud skupiny rovnocenné nejsou, je nutné provést i pretest (test před zásahem). Pokud zkoumáme reprezentativní vzorek populace, můžeme zkoumat jen skupinu experimentální a její výsledky vztáhnout k známým výsledkům celé populace [135].

Experimenty rozlišujeme podle prostředí, ve kterém jsou realizovány, a podle skupin, ve kterých jsou realizovány.

Rozeznáváme tyto druhy experimentů:

Laboratorní experiment

Cílem tohoto přístupu je kontrolovat vliv co nejvíce proměnných. Toho je dosaženo tím, že experiment probíhá v laboratorním prostředí, kde jsou zkoumané osoby odděleny od okolního prostředí. Tak jsme schopni minimalizovat vlivy okolí. Velká interní validita tohoto druhu experimentu je však vykoupena snížením validity externí [139].

Přirozený experiment

Experiment probíhá v přirozených podmínkách, např. ve školní třídě místo v laboratoři. Do experimentu tak oproti laboratornímu experimentu vstupují další vlivy, avšak výsledky více odpovídají reálným situacím. Externí validita tohoto druhu experimentu je vyšší, než u experimentu laboratorního – výsledky odpovídají výsledkům v obvyklém prostředí. Avšak do experimentu vstupují vnější vlivy, čímž bude snížena jeho validita interní.

Kvaziexperiment

Kvaziexperimenty [135,137,139] jsou důležitou alternativou k experimentům, pokud není možné splnit požadavek na náhodné rozdělení experimentální a kontrolní skupiny. Typickým příkladem jsou skupinové výběry, např. školní třídy. Při výzkumu je tak nutné více kontrolovat vnitřní validitu experimentu – zajistit, aby nenáhodné rozdělení skupin nemělo na experiment vliv.

Protože realizovaný výzkum probíhal během normální výuky, považujeme jej za přirozený. V souladu s [139] se domníváme, že takovýto experiment je pro zkoumání reálných dopadů experimentálního zásahu vhodnější, avšak výsledky tohoto výzkumu mohou být ovlivněny vnějšími vlivy, což by bylo u výzkumu laboratorního potlačeno. Jak bude popsáno dále, snažili jsme se tyto vlivy identifikovat a vhodnými opatřeními redukovat.

Výzkumné proměnné

Jak bylo zmíněno, experiment je výzkumná metoda, zjišťující vliv určitého parametru na pozorovanou oblast. Správný experiment musí být reliabilní – jeho výsledky by měly být ověřitelné, stejně tak je nutné zajistit jeho validitu. Validita experimentu určuje, zda jsou výsledky experimentu dány opravdu vlivem experimentálního zásahu, nebo jsou způsobeny něčím jiným. Proto musíme identifikovat všechny vlivy na výsledek experimentu a ty v průběhu experimentu kontrolovat [140]. Tyto vlivy nazýváme proměnnými. Rozlišujeme tři druhy proměnných [133,135,137]:

- závislá proměnná – popisuje, co se změnilo zásahem experimentátora (v tomto případě výsledky žáků),
- nezávislá proměnná – popisuje vliv experimentátora (v tomto případě použití autorských nástrojů),
- vedlejší proměnná – ovlivňuje experiment mimo zásah experimentátora (například rozdělení skupin).

Během experimentu by měly být vlivy vedlejších proměnných kontrolovány a minimalizovány. Z důvodu jednoznačného zjištění vlivu nezávislé proměnné je vhodné, aby do experimentu vstupovala pouze jedna nezávislá proměnná.

Zásadním problémem experimentu je zjištění a minimalizace vlivu vedlejších proměnných. Literatura [139] definuje tyto vlivy:

Historie skupin – zejména v případě kvaziexperimentu může být tento vliv výrazný. Pokud totiž mají jednotlivé skupiny jinou historii (např. znalosti tématu, zkušenosti

s tématem, zájmy), mohou se po experimentu jejich výsledky lišit, ale ne z důvodu experimentálního zásahu.

Zrání – zejména při dlouhodobém výzkumu, kdy změny výsledků nemusí být způsobeny experimentálním zásahem, ale změnou kognitivních schopností vlivem dospívání.

Testování – při použití pre- a post- testu může dojít ke zlepšení výsledků samotným pretestem. Samotným testem se respondenti mohou také něco naučit. Zlepšení v posttestu pak není dáno jen experimentálním zásahem, ale samotným testem.

Chyby měření – chyby způsobené jak měřicími nástroji (např. testy), tak i výzkumníkem. Výzkumníkovy chyby mohou být způsobeny jak vědomě (ovlivnění výsledků), tak nevědomě (únava, očekávání). Chyby nástrojů mohou být způsobeny například nevhodně použitými testy, rozdíly mezi pre- a post- testy.

Regrese ke střední hodnotě – chyby způsobené extrémními výkony ve vybraném vzorku. Je způsobena náhodnými chybami [141], kdy výsledky měření mohou být ovlivněny buď velmi vysokými, či naopak nízkými hodnotami. Čím vyšší by byl počet opakování měření, tím více by se výsledky blížily k průměrné hodnotě.

Opatřebení skupiny neboli úmrtnost vzorku. Snižování počtu účastníků experimentu, např. z důvodu nemoci, nezájmu. Tak se původně naplánovaný počet účastníků experimentu snižuje. Může dojít k situaci, že počet účastníků bude tak nízký, že výsledky výzkumu nebudou věrohodné.

Výběr – pokud jsou už na začátku mezi pozorovanými skupinami rozdíly, mohou mít tyto rozdíly významný vliv na výsledky experimentu. V laboratorním prostředí se tento vliv minimalizuje vyvažováním (vyrovnáváním rozdílů mezi skupinami), což je v reálném prostředí obtížné, konkrétně v případě kvaziexperimentů nerealizovatelné. Proto je nutné zvýšit vnitřní validitu tak, aby byly výsledky experimentu ověřitelné na jiných skupinách [142].

Do přirozeného experimentu vstupují navíc dvě další proměnné: kontaminace skupin (komunikace mezi skupinami, předávání informací) a vliv experimentátora, který je znám také jako efekt Hawthorského a Henryho [143].

V popisu realizovaných experimentů budou popsána konkrétní opatření, přijatá k eliminaci vlivu vedlejších proměnných.

3.4 Sběr dat

Výzkum můžeme vyhodnotit pouze na základě získaných dat. V oblasti kvantitativního výzkumu je nutné zvolit takový způsob sběru dat, který bude možné po zpracování reprezentovat numericky. Pravidla transformace zjištěných dat na číselné hodnoty musejí být předem definována a také musejí být verifikovatelná. Např. při opakování výzkumu by měly být stejné výstupy reprezentovány stejnými hodnotami. Proto se jako nevhodné jeví metody pozorování či interview – jejich výsledky lze obtížně kvantifikovat. Naopak jako vhodné metody sběru dat v kvantitativním výzkumu se jeví didaktický test či škálování.

Při sběru dat je nutné také rozhodnout, jak budou získaná kvantitativní data reprezentovat výsledky. To je důležité zejména při statistickém vyhodnocení, konkrétně při volbě vhodného statistického testu. V této souvislosti rozlišujeme numerická data na [135]:

- nominální škály – čísla jsou použita např. ke kódování; nejde o číselné hodnoty, ale o názvy, zapsané číslem (např. muž x žena zakódováno jako 0 x 1),
- pořadová čísla – čísla reprezentují pořadí, škálu (např. známkování),
- intervalová a racionální škála – vzdálenost mezi stejnými intervaly je vždy stejná (např. mezi číslem 1 a 2 a 2 a 3 je stejný interval), avšak rozdíl bodů mezi známkami 1 a 2 a 2 a 3 nemusí být stejný.

Při vyhodnocení intervalových a racionálních škál můžeme využít silnější parametrické statistické testy [135,137], v ostatních případech musíme využít testy neparametrické.

Data, potřebná k vyhodnocení experimentu, byla sbírána pomocí didaktického testu. Vzhledem ke kvantitativnímu zaměření výzkumu je tento přístup nejpřesněji hodnotitelný a získaná data jsou vhodná ke statistickému vyhodnocení.

3.5 Statistické vyhodnocení výzkumu

Cílem didaktického kvantitativního výzkumu je potvrzení nebo vyvrácení určité hypotézy. Protože pracujeme pouze s určitým vzorkem populace, není možné tvrdit, že naše závěry jsou obecně platné. K tomu, abychom s dostatečnou jistotou mohli tvrdit, že naše zjištění lze vztáhnout na celou populaci, používáme statistické testy. Výběr statistického testu souvisí s nasbíranými daty a počtem účastníků výzkumu.

Výsledkem statistického testu je pravděpodobnost, s jakou můžeme dané tvrzení přijmout/odmítnout, nikoli jeho bezvýhradné potvrzení. V pedagogickém výzkumu je cílem testování přijmout/odmítnout nulovou hypotézu. Obvykle předpokládáme, že náš experimentální zásah nemá na výsledky žádný vliv – toto popisuje nulová hypotéza. Na základě dat můžeme tuto hypotézu odmítnout a přijmout tak hypotézu alternativní, tedy že náš zásah má na výsledky vliv. Testování však podléhá pouze nulová hypotéza a tu buď přijímáme, nebo odmítáme. Cohen [137] k tomuto dodává: „*Nejedná se o puntičkářství, spíše jde o opatrnost. Odmítnutí nulové hypotézy není totéž, jako tvrzení, že tato hypotéza neplatí. Neplatnost nulové hypotézy je absolutní tvrzení, které není použitelné ve všech případech. Přitom každý výzkum probíhá v určitém rámci a je tedy nějakým způsobem ohraničen. Nulovou hypotézu nelze jednoznačně ani prokázat, ani tvrdit, že neplatí.*“.

Vyhodnocování statistického testu je zatíženo dvěma různými chybami [144,145].

Chyba prvního druhu (α) – zamítli jsme nulovou hypotézu, ta však platí. U každého testu volíme hladinu významnosti α , tedy pravděpodobnost této chyby. Hodnotu hladiny významnosti volíme před vyhodnocováním výsledků, obvykle je volena 0,05, neboli existuje 5% pravděpodobnost, že neoprávněně zamítneme nulovou hypotézu.

Chyba druhého druhu (β) popisuje situaci, kdy nulová hypotéza neplatí, my ji však nezamítáme. Tato chyba není předem volitelná, její hodnota závisí na rozsahu vzorku, volbě α a zjištěných hodnotách.

S chybou druhého druhu souvisí i síla testu, v odborné literatuře zmiňována jako power, což je hodnota, která určuje spolehlivost našeho zjištění. Velikost power popisuje pravděpodobnost, s níž určitý test správně zjistí rozdíl při experimentálním zásahu (pokud tento rozdíl skutečně existuje). Hodnotu power zjistíme z hodnoty β jednoduše: power je rovno $1 - \beta$. Díky znalosti hodnoty power jsme schopni zjistit potřebný rozsah vzorku (počet zkoumaných jedinců). Hodnotu power využijeme buď při návrhu výzkumu ke zjištění potřebného rozsahu výzkumného vzorku, nebo při vyhodnocování výsledků výzkumu. Hodnota power by měla být vyšší než 80%. K určení hodnoty power při vyhodnocování výzkumu potřebujeme též znát „velikost účinku“ našeho zásahu (effect size, ES). Hodnotu ES můžeme vypočítat ze znalosti výsledků experimentální a kontrolní skupiny, nebo můžeme použít tabelované hodnoty. Z různých postupů power analýzy v této práci využijeme post hoc analýzu [144]. K výpočtu hodnoty power u post hoc power analýzy potřebujeme znát hodnotu α , velikost souboru a také ES. V případě post hoc analýzy použijeme jako ES hodnotu zjištěnou vyhodnocením výzkumu. Velikost účinku

zavedl jako součást statistického vyhodnocení J. Cohen, který tabeloval mezní hodnoty ES a k nim přiřadil, jakému vlivu tyto hodnoty odpovídají. Konkrétně: hodnota $ES < 0,2$ odpovídá slabému účinku experimentálního zásahu, při ES v rozmezí mezi hodnotami 0,21 a 0,5 můžeme považovat vliv experimentálního zásahu za mírný, hodnoty ES vyšší, než 0,51 odpovídají silnému vlivu experimentálního zásahu [146]. V našem případě pro prokázání vlivu autorských nástrojů na výsledky žáků v sledovaných oblastech očekáváme hodnotu ES vyšší, než 0,7. Vypočítané hodnoty sice nemůžeme brát jako směrodatné, protože nemáme znalosti o výsledcích celé populace, přesto je však u výsledků uvádíme. Tyto hodnoty mají silnou výpovědní hodnotu a měly by být u každého výzkumu uváděny [112, 147, 148].

Podle druhu dat volíme k vyhodnocení vhodné statistické testy. Protože jsou získaná data reprezentována čísly na racionální škále (konkrétně body za otázky a jejich průměry), můžeme použít parametrické testy. Walker [135] specifikuje nutné podmínky k použití parametrických testů takto: získaná data se řídí normálním rozdělením, data jsou na intervalové, nebo racionální škále a obě řady čísel by měly být rozptýleny stejně.

To, zda se data řídí normálním rozdělením, je možné testovat pomocí Pearsonova χ^2 testu dobré shody.

Z parametrických testů jsme k hodnocení vybrali t-test, jelikož jde o test, který porovnává průměrné hodnoty dvou výběrů a zjišťuje, zda je mezi těmito průměry statisticky významný rozdíl. Důvodem volby t-testu je také to, že předem neznáme směrodatnou odchylku výběru.

T-test má několik variant, základní rozdělení je na jednostranný a dvoustranný test. My k vyhodnocování použijeme silnější jednostranný t-test – nebudeme zjišťovat jen, zda jsou průměry statisticky významně různé (dvoustranný test), ale rozhodování zpřesníme tím, že budeme ověřovat, zda jsou průměry v jedné skupině statisticky významně vyšší než ve skupině druhé. Oblast, ve které zamítáme nulovou hypotézu, není rozdělena na dvě části (statisticky významné zlepšení a zhoršení), ale pouze na jednu část (jen zlepšení) [149].

Volba správného typu t-testu souvisí s rozložením dat (jejich rozptylem) v jednotlivých skupinách. Pokud jsou rozptyly hodnot v obou skupinách shodné [150], použijeme jiný druh t-testu, než kdyby rozptyly hodnot v obou skupinách byly různé. Ke zjištění shodnosti/neshodnosti rozptylů dvou výběrů slouží f-test, který na zvolné hladině

významnosti (např. 0,05) určí, zda je mezi rozptyly dvou výběrů statisticky významný rozdíl. Na základě výsledků f-testu pak volíme vhodný t-test.

3.6 Etika výzkumu

V souvislosti s výzkumem je důležité zmínit i etickou stránku výzkumu. Jedním z požadavků je pravdivost experimentu, nezanedbatelný je i vliv samotného experimentu na zkoumané jedince. V souvislosti s účastníky výzkumu jsou v odborné literatuře zmiňovány etické souvislosti výzkumu, které lze shrnout do těchto bodů [151]:

- neubližování objektu výzkumu,
- souhlas účastníků výzkumu,
- klamání účastníků výzkumu,
- narušení soukromí účastníků.

Tyto požadavky jsme se snažili naplnit přístupem k žákům, zapojeným do výzkumu. Výsledky výzkumu neměly žádný vliv na klasifikaci žáků, což bylo předem deklarováno. I přes to, že jsme možná snížili motivaci žáků, jsme tento postup dodrželi. Souhlas žáků byl vyjádřen jejich odevzdáním vyplněných testů – jejich účast byla dobrovolná. S obsahem výzkumu byli seznámeni před jeho začátkem, všichni žáci s výzkumem souhlasili.

Do soukromí žáků jsme nijak nezasahovali, stejně tak žáci nebyli během výzkumu jakkoliv klamáni.

S psaním vědecké práce i výzkumem souvisí další etické zásady:

- etika práce s informacemi,
- etika odpovědnosti vůči společnosti.

Této práce se týká zejména první bod – proto jsou v práci citovány použité zdroje, zveřejněny jsou všechny důležité informace, souvisí s obsahem práce, nic není zamlčováno. Práce se dále snaží o řešení aktuální situace novým, zatím nezkoumaným, způsobem.

3.7 Didaktický test

Ke zjištění výsledků žáků byl použit nestandardizovaný didaktický test. Didaktický test lze jednoduše definovat jako nástroj systematického zjišťování výsledků výuky [152]. Vzhledem k reliabilitě výzkumu by měly být otázky objektivně skórovatelné, neboli jejich hodnocení by mělo být nezávislé na hodnotiteli.

Nestandardizovaným didaktickým testem označujeme test, u něž nedošlo ke standardizaci. Byčkovský [152] standardizací rozumí:

- přesné vymezení postupů a podmínek pro testování, skórování a interpretaci testových výsledků,
- shromáždění a zpracování výsledků testů do testových standardů, umožňujících porovnat výsledky respondenta a zbylé populace.

Vzhledem k tomu, že samotná standardizace testů je náročná (vysoký počet respondentů), jsou standardizovány pouze určité testy (např. testy státní maturity). Standardizace testu je mimo rámec naší práce, proto jsme použili test nestandardizovaný.

Didaktické testy můžeme dělit podle interpretace výsledků na testy rozlišující (také testy relativního výkonu) a testy ověřující (testy absolutního výkonu). Vzhledem k tomu, že chceme zjistit rozdíly ve znalostech žáků před a po experimentálním zásahu, nikoli výsledky žáků k průměru skupiny, použijeme testy absolutního výkonu. Zásadní otázkou při tvorbě ověřujících testů je výběr obsahu učiva, který by měli mít testovaní zvládnutý. Pak je nutné tento výběr přetransformovat do jednotlivých otázek.

Další dělení didaktických testů je na testy úrovně a testy rychlosti. V našem případě se zajímáme o pochopení učiva a o aplikaci znalostí na konkrétní úlohy, proto je vhodné využít test úrovně. U testů rychlosti totiž předpokládáme, že respondenti znají všechny odpovědi a testujeme jen dobu, za kterou respondenti test vypracují. Oproti tomu test úrovně obsahuje různě obtížné otázky, testujeme rozdíly ve znalostech jednotlivých dotazovaných.

V souvislosti s Bloomovou taxonomií rozeznáváme testy kognitivní, afektivní a psychomotorické. Nami použitý test hodnotí kognitivní dovednosti žáků.

Použité testy byly monotematické (zjišťovaly pochopení určité oblasti) a zjišťovaly výsledky výuky, nejednalo se tedy o testy studijních předpokladů [153,154,155].

Při tvorbě testu je nutné vybrat jak vhodné otázky, tak i způsob, jak na otázky odpovědět. Byčkovský [152] dělí úlohy na:

- otevřené široké úlohy – vyžadujeme co nejširší odpověď na danou otázku. Tyto úlohy jsou vhodné na zjištění rozsáhlejších vědomostí či vědomostí, získaných za delší období,
- otevřené úlohy se stručnou odpovědí – vyžadujeme krátkou a jasnou odpověď. Obvykle je odpovědí definice, či výčet vlastností. Otázky dělíme na produkční (dotazovaný sestavuje vlastní odpověď), či doplňovací (dotazovaný doplňuje do textu odpovědi),
- dichotomické úlohy – odpověď je vybírána ze dvou možností (Ano x Ne, Mám x Nemám, ...),
- s výběrem odpovědí – respondent vybírá z nabídky jednu či více správných odpovědí. Je nutné jednotlivé volby (distraktory) vytvořit tak, aby byly pro dotazované všechny stejně přijatelné,
- přiřazovací úlohy – dotazovaní hledají souvislosti mezi dvěma množinami pojmů a tyto pojmy k sobě přiřazují,
- úlohy pořádací – u tohoto typu úloh mají respondenti seřadit vybrané pojmy dle určitého klíče.

V našich výzkumech byly použity otázky s otevřenými stručnými odpověďmi. Důvodem této volby bylo zejména to, že jsme chtěli zjistit pochopení tématu a také zjistit miskoncepce žáků. To bychom u ostatních úloh (mimo úloh s otevřenou širokou odpovědí) nezjistili, navíc bychom riskovali to, že žáci budou své odpovědi tipovat, čímž by snížili reliabilitu testu. Tato volba koresponduje s doporučením pro výzkumy v oblasti fyzikálního vzdělávání [134]: „*Nepoužívejte otázky s výběrem odpovědí, neposkytují možnost vhledu do chápání učiva žáky, jejich miskoncepce ...*“. Úlohy s širokou otevřenou odpovědí nebyly v této práci považovány za vhodné jak z důvodu časové náročnosti, tak i kvůli možnému znechucení žáků při odpovídání. Pokud by museli tvořit dlouhé odpovědi, klesala by jejich motivace k správnému vyplnění testu, i vzhledem k tomu, že test nebyl klasifikován.

Při sestavování testu bylo postupováno dle pravidel, doporučených v [134,153]: „*V didaktických testech se nemají používat kvízové úlohy. Kvízové úlohy jsou sice pro žáky zábavné, ale celkově snižují serióznost celého testu.*“.

Pro účely didaktického testování se navrhují úlohy, které jsou vůči sobě nezávislé, tzn. úlohy, ve kterých není správné řešení jedné úlohy závislé na řešení druhé úlohy. Jinak by žák, který nevyřeší jednu úlohu správně, nevyřešil správně ani druhou úlohu. Výsledky takového testu jsou zkreslené a závislé jen na konkrétních vědomostech nebo dovednostech. Ve formulacích testových úloh a distraktorů se nesmí objevit ani nezamýšlená nápověda. Úlohy didaktického testu ověřují jen vědomosti a dovednosti nikoliv jiné charakteristiky žáka.

Při hodnocení úloh se většinou používá jednoduché skórování např. jedna správná odpověď – jeden bod. Složitější způsob skórování je vhodný u úloh, které jsou náročné na dobu vypracování, např. otevřené široké úlohy.

4 NÁVRH EXPERIMENTU

4.1 Předvzkumy a přípravná fáze

V přípravné fázi rešerší literatury a zjišťování současné situace v oblasti autorských nástrojů byly při výuce zkoušeny výše uvedené nástroje a hledány ty nejvhodnější. Dále byly prováděny předvzkumy, sloužící zejména jako příprava na hlavní výzkum. Z těchto předvzkumů byly získány důležité poznatky, které byly využity při realizaci hlavních experimentů. Vzhledem k tomu, že tyto poznatky se uplatnily při formování experimentu, uvedeme v krátkosti nejdůležitější z nich.

4.1.1 Doba trvání experimentu

Původně byly experimenty dlouhodobé, zahrnovaly ucelené kapitoly z učiva fyziky pro střední školy. Avšak delší doba trvání s sebou přinášela větší absenci žáků, byť jen krátkodobou. Celého experimentu se během měsíce často zúčastnily jen 2/3 žáků.

Nakonec proto byla při přípravě experimentu dána přednost krátké době trvání. Bez zadání pretestu a posttestu trval experiment maximálně dvě vyučovací hodiny. Tím byly zároveň minimalizovány některé vedlejší proměnné („úmrtnost“, zranění).

4.1.2 Výzkumný vzorek

Z literatury [135,136,137,139], zabývající se didaktickým výzkumem, i ze samotného principu experimentu vyplývá, že by obě zkoumané skupiny (experimentální a kontrolní) měly být co nejvíce rovnocenné. Pokud není rovnocennost skupin předem zřejmá, měly by tyto skupiny být znáhodněny. Znáhodnění v tomto případě znamená, že členové jsou do jednotlivých skupin přidělováni náhodně. Pro zvýšení reliability by mělo náhodné rozdělení skupin odpovídat výsledkům pretestu. Pak by např. byli náhodně rozděleni do skupin nejdříve nejlepší, po nich průměrní a nakonec nejhorší.

To však není v rámci školní výuky možné dlouhodobě realizovat, proto byly srovnávány výsledky dvou paralelních tříd. Avšak do experimentu tak vstupuje nová proměnná – individuální rozdíly mezi žáky různých tříd, jejichž vliv nedokážeme přesně určit. Testování paralelních tříd vyžadovalo koordinaci ve výuce v obou třídách – obě třídy by měly probírat danou látku současně. S touto podmínkou tak muselo být počítáno dlouhodobě dopředu. Aby byl rozdíl ve složení skupin co nejvíce minimalizován, byla použita technika rotace faktorů [156]: Místo jednoho experimentu byly realizovány dva,

experiment tedy proběhl v každé třídě dvakrát. Jednou byla určitá třída skupinou kontrolní a podruhé experimentální. V prvním experimentu byla za experimentální skupinu vybrána skupina s horšími výsledky v pretestu, v druhém experimentu neměly výsledky pretestu na zařazení do skupin vliv, neboť jako experimentální byla zvolena skupina, která byla v prvním experimentu kontrolní. Walker [135] tuto techniku nazývá vyvažováním.

Domníváme se, že tímto krokem byl potlačen vliv několika vedlejších proměnných. Protože každá skupina byla vystavena jak experimentálnímu zásahu, tak i výuce bez něj, působily v obou případech stejné vlivy, dané různým složením skupin, jejich historií, zráním účastníků experimentu, testováním, případnými chybami měřícího nástroje, kontaminací skupin.

4.1.3 Zapojení žáků

Používané autorské nástroje umožňovaly vytvořit simulace, se kterými mohli žáci samostatně pracovat. Učitel si zvolil cíle využití jednotlivých simulací a nechal s nimi žáky samostatně pracovat. Mohly tak být realizovány různé doplňkové aktivity, v jejichž rámci žáci volně pracovali s vybranými nástroji. Zejména se jednalo o laboratorní práce, z nichž některé byly použity i dalšími učiteli. Jako příklad lze uvést laboratorní práce na téma gravitační pole. K tématu bylo připraveno celkem sedm simulací spolu s pracovními listy s otázkami. Každá laboratorní práce byla na konkrétní téma (první na gravitační pole, druhá na vrhy v gravitačním poli), na řešení každé měli žáci vyučovací dvojhodinovku. Jednotlivé otázky řešili žáci po dvojicích, každá dvojice měla k dispozici notebook s nainstalovaným programem Algodoo. Tato úloha je využívána i ostatními vyučujícími.

Úplná realizace experimentu, založeného na samostatné práci žáků, by byla jak na počet žáků, tak i na HW vybavení a hodinovou dotaci velmi náročná. K tomu, aby žáci mohli pracovat samostatně, by byla zapotřebí učebna s 32 počítači s nainstalovanými autorskými nástroji. K učebně by žáci museli mít přístup během výuky fyziky, a to minimálně po dobu dvou týdnů. To lze v prostředí školy obtížně realizovat.

4.1.4 Využití autorské nástroje

Jak bylo uvedeno výše, k dispozici je řada nástrojů, umožňujících vytvářet fyzikální simulace. V rámci přípravy byly potenciálně vhodné nástroje vyzkoušeny a nejvhodnější byly použity i při výuce. Vyzkoušení autorských nástrojů sestávalo z vytvoření simulací obvyklých fyzikálních témat, u kterých očekáváme přínos pro výuku (např. Lissajousovy obrazce, vrhy) [157]. Přitom se ukázalo se, že práce s autorskými nástroji je různě náročná,

navíc některé nástroje nebyly schopny vytvořit simulaci dle autorových představ – zejména po vizuální stránce. Jako příklad uvádíme níže zmiňované Lissajousovy obrazce. Pomocí nástroje Algodoo se podařilo demonstrovat, jak tyto obrazce vznikají skládáním dvou kmitání. V autorském nástroji Yenka se potřebnou simulaci nepodařilo vytvořit, nástroj EJS zobrazoval pouze fázory a jejich součet, což by pro studenty bylo příliš abstraktní. Nejmenší časová náročnost tvorby simulace byla v Algodoo.

Během práce s autorskými nástroji a vlivem reakcí na některé autorovy články a zpětné vazby od učitelů z přednášek a vystoupení byla zvolena kritéria pro efektivní autorský nástroj:

- jednoduché ovládání,
- široké spektrum použití,
- možnost aktivně zapojit žáky, a to jak při samostatné práci s hotovými simulacemi, tak i do tvorby simulací vlastních,
- malé HW nároky,
- možnost numerického či grafického výstupu,
- hotové simulace,
- cena.

Všechna tato kritéria splňují programy Algodoo a Yenka. Od dubna 2013 je Algodoo dostupné zdarma. V případě nástroje Yenka jde o komerční nástroj, ale jeho cena je oproti Adobe Flash mnohem nižší a oproti volně dostupným nástrojům jako EJS zase není nutné problém formulovat matematicky a jejich používání je tak mnohem snazší. Oproti Molecular Workbench jsou oba autorské nástroje zaměřeny obecněji. Nástroj Yenka je volně dostupný pro osobní použití o víkendech a mezi 16. a 8. hodinou. Ačkoli oba nástroje nemají (stejně jako ostatní uvedené) českou lokalizaci, je práce v nich zcela intuitivní a nejsou tak potřeba žádné specifické jazykové dovednosti.

Oba nástroje byly vybrány pouze na základě autorovy subjektivní zkušenosti.

4.1.5 Testování

Výsledky experimentu stanovujeme na základě rozdílů mezi výsledky jednotlivých skupin. Tyto rozdíly vyhodnocujeme pomocí pretestů a posttestů. Vzhledem ke kvantitativnímu charakteru výzkumu byly ke sběru dat vybrány neověřené didaktické testy. Jejich hodnocení bylo předem definováno a pro obě skupiny bylo stejné. Protože cílem těchto šetření bylo zjištění míry pochopení, byly všechny otázky otevřené.

Ukázalo se, že není vhodné různé otázky hodnotit bodově různě. Výsledné hodnocení by bylo zkresleno různou bodovou hodnotou otázek a snížila by se tak validita výzkumu. Stejně tak se ukázalo nevhodné započítávat částečně správnou odpověď. Výsledné bodové hodnocení otázek tedy bylo buď 0, nebo 1. Z toho však vyplývala nutnost vybrat otázky se srovnatelnou obtížností a u nich jasně určit podmínky pro jejich kladné hodnocení. Tento přístup navíc umožnil lepší srovnání hodnocení různých hodnotitelů.

Při zjišťování zpětné vazby od účastníků přípravných experimentů se ukázalo, že některé otázky jim nebyly zcela jasné. Proto byly otázky v hlavních experimentech čerpány pouze z učebnic a z rozšiřující pedagogické literatury.

4.1.6 Oblasti využití autorských nástrojů

Ukázalo se, že zásadním limitem využití autorských nástrojů není ani tak tematická oblast učiva, ale schopnost učitele konkrétní učivo ve vybraném nástroji reprezentovat. Jako příklad lze uvést hydraulická zařízení – v nástroji Yenka je vytvořit nelze, v Algodoo sice ano, ale reprezentace kapaliny v tomto nástroji neodpovídá modelu ideální kapaliny, probíranému v rámci výuky. Tento příklad ilustruje limity autorských nástrojů – ty jsou dány způsobem, jakým jsou do autorských nástrojů implementovány fyzikální modely. Čím jsou používané modely komplexnější a složitější, tím spíše odpovídají realitě. Modely, které autorské nástroje používají k reprezentaci reality či jejímu zjednodušení tak ovlivňují možnosti využití těchto nástrojů. Příliš komplexní modely zesložitují nástroj samotný a práci v něm a nemusejí být vždy v souladu s příslušným učivem (viz příloha C). Naopak jednoduché modely buď neodpovídají realitě (nebo jejímu zjednodušení v rámci učiva), nebo umožňují využít autorský nástroj jen v úzkém rozsahu témat. Určitým limitem autorských nástrojů může být také oblast, kterou pokrývají (ve fyzice mechanika, elektřina apod.). Dá se očekávat, že problematické budou simulace z molekulové fyziky nebo relativity či kvantové fyziky, i když i v těchto tématech je možné některé simulace ve zmíněných autorských nástrojích vytvořit.

Z realizovaných laboratorních úloh a seminárních prací vyplynulo, že práce v obou zvolených autorských nástrojích nečinila problém jak žákům z oblasti středoškolského, tak i základního vzdělávání.

4.1.7 Výsledky předvýzkumů

Ve všech čtyřech realizovaných předvýzkumech došlo k celkovému zlepšení žáků a také ke zlepšení v oblasti pochopení učiva. Avšak zlepšení při řešení početních úloh nenastalo. Vzhledem k nízkému počtu žáků v obou skupinách a také kvůli nemožnosti redukovat rozdíly ve skupinách jejich výměnou nebyly tyto experimenty vyhodnocovány statisticky, staly se však výchozí základnou pro přípravu dále uváděných experimentů a publikací autora.

4.2 Návrh experimentů

V této části popíšeme společné postupy, využití u všech realizovaných experimentů. Specifické informace budou pak uvedeny u jednotlivých kvaziexperimentů. Vzhledem k zaměření práce na využití ICT při výuce odhlédneme od fyzikální stránky použitých simulací. Ta nemá význam ani z pohledu DZO – jak bylo zmíněno, každý učitel si volí vlastní způsoby reprezentace učiva a pouhá reprodukce konkrétních postupů nemůže zaručit úspěch při využívání simulací. Naším cílem je ukázat autorské nástroje jako „prostor k realizaci vlastních nápadů“.

Experimentů se vždy účastnily dvě paralelní třídy vybrané školy. Aby byl minimalizován vliv různého rozdělení skupin a další vedlejší proměnné, byly dílčí kvaziexperimenty realizovány dvakrát s výměnou skupin. Každá třída tak byla jednou skupinou experimentální a jednou kontrolní, tím byl potlačen vliv nenáhodného výběru. Z tohoto důvodu lze považovat vliv rozdělení skupin za nepodstatný a výzkum považovat za experiment. Vyhodnocovány byly jak výsledky skupin v jednotlivých kvaziexperimentech, tak i souhrnné výsledky za oba dílčí experimenty. V tomto hodnocení byly porovnány výsledky experimentálních skupin a skupin kontrolních. Nakonec jsme porovnávali také výsledky tříd za oba experimenty.

Mimo vedlejší proměnné, uvedené dříve, byly identifikovány další vedlejší proměnné, které (i s opatřeními pro jejich minimalizaci) uvádíme níže.

- Efekt Hawthorský a Henryho [143], tj. zlepšení výsledků experimentální skupiny oproti kontrolní skupině samotným přistoupením k experimentu. Vliv experimentátora byl zjišťován dotazníkem po ukončení experimentu, efekt novosti byl minimalizován výměnou skupin – výuka v jedné skupině probíhala s autorskými nástroji i před experimentem.

- Osoba experimentátora – autor v jedné skupině vyučoval od začátku školního roku, ve druhé pouze v rámci experimentu. Minimalizováno výměnou skupin.
- Vlastní učení žáků – žáci se mohou připravovat i samostatně, pak lze těžko určit, zda je jejich zlepšení způsobeno vlivem nezávisle proměnné, nebo vlivem jejich učení se. Žáci o něm nebyli předem informováni, navíc byli už při představení experimentu seznámeni s tím, že jejich výsledky nebudou v žádném případě jakkoliv hodnoceny.
- Okolní vlivy (roční období, zátěž žáků, věk) – aby byly minimalizovány vlivy okolí, probíhaly experimenty ve stejný čas, v paralelních třídách. Paralelní třídy měly stejný školní program.
- Předchozí znalosti žáků – zjišťovány pretestem, v obou skupinách byly v daném kvaziexperimentu obdobné. U všech zúčastněných tříd byly statisticky testovány rozdíly výsledků obou tříd v pretestu. Pomocí t-testu bylo zjištěno, že rozdíly mezi třídami byly na statistické hladině 0,05 nevýznamné.
- Různé skupiny – minimalizováno výměnou skupin.

4.2.1 Sběr dat

Protože jedním z cílů výzkumu bylo zjistit, zda jsou žáci experimentální skupiny ve srovnání s žáky skupiny kontrolní úspěšnější při aplikaci získaných znalostí, bylo zapotřebí sestavit validní a reliabilní didaktický test absolutního výkonu s vhodnými úlohami. Použité úlohy by měly být orientované na pochopení učiva a miskoncepty žáků.

Pro zajištění konstruktové validity byly použity otázky z učebnic a sbírek úloh, které jsou vyjmenovány u jednotlivých experimentů. Jejich výběr (související s obsahovou validitou) byl konzultován didaktikem fyziky z Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity (PF JČU), který také test nezávisle na autorovi studie opravoval.

Reliabilita testu byla zjištěna jak pilotáží testu na jiné třídě a jeho následným rozborem, tak i Kuder-Richardsonovým vzorcem [153, č.20]. Cronbachovo alfa nebylo využito, protože hodnocení úloh bylo pouze 0 nebo 1.

Ověřování nových úloh je mimo rámec této práce, navíc považujeme za vhodné pracovat s otázkami, dostupnými co nejvíce učitelům. Protože vhodných úloh, zejména pro experiment mechanické kmitání a vlnění, bylo relativně málo, rozhodli jsme se použít stejné zadání u pretestu i posttestu. I když takový postup zavádí do experimentu další možné vedlejší proměnné (vliv učení se – žáci obou skupin se výukou dozvídají odpovědi

na otázky), je tento vliv díky výměně skupin stejný na oba experimenty a lze jej považovat za konstantní. Tento nedostatek vyvažuje nepřesnosti, vzniklé neověřenými otázkami, a také případné rozdíly, způsobené různými testy (chyby měření). Aby výsledky realizovaných experimentů byly konzistentní, bylo použito stejné zadání pretestu a posttestu i v experimentu Newtonovy zákony, i když v tomto případě bylo vhodných úloh více.

Abychom dokázali hlouběji určit vliv autorských nástrojů na výsledky výuky, byly vybrány různé typy otázek, což souvisí také s výzkumnými hypotézami. Ve všech experimentech byly v testech uvedeny otázky, zaměřené na pochopení a aplikaci učiva (ty budeme dále označovat jako otázky typu **P**) a otázky zaměřené na reprodukci učiva (otázky typu **T**). V kvaziexperimentech mechanické kmitání a vlnění jsou navíc uvedeny otázky typu **G**, zjišťující schopnost orientace v grafickém záznamu probíraných jevů. Zařazení tohoto typu úloh souvisí pouze se specifikem obou tematických celků. Pro lepší představu uvedeme u každého kvaziexperimentu příklad jednotlivých typů úloh. Všechny úlohy s uvedením příslušného typu jsou uvedeny v přílohách.

Všechny úlohy v testu byly otevřené. Jak jsme zmínili v části věnované předvýzkumům, z předchozích vyhodnocování testů se ukázalo jako vhodné použít jednotnou škálu bodování (0 nebo 1) a byly zařazeny úlohy s podobnou obtížností. To zvyšuje i reliabilitu testu – oba hodnotitelé testu (autor i didaktik fyziky) se shodli na tom, zda je odpověď správná, nebo nesprávná.

Zaměření experimentů na pochopení učiva vyplývalo z přesvědčení, že žáci by měli dané učivo zejména pochopit. To souvisí zejména s výsledky studií, zaměřených na konstruktivistický přístup, tak i s výše zmiňovanými výsledky mezinárodních výzkumů. Navíc je pochopení učiva důležité při dalším vzdělávání. V neposlední řadě je pochopení učiva důležité i pro vnímání fyziky žáky. Jak zmiňuje Trna [91]: „*Žáci nemají zájem o poznatky, které nechápou a jejichž smysl nevidí. To se zpětně promítá do výuky a ovlivňuje kvalitu učení.*“. Tento jev popisuje Trna jako „*začarovaný kruh*“. Pochopení učiva fyziky je tedy cestou, jak zvýšit zájem žáků o fyziku a tak zlepšit i jejich studijní výsledky. Pokud bude prokázáno, že využívání autorských nástrojů má kladný vliv na chápání učiva fyziky, lze vnímat schopnost práce s nástroji na tvorbu vlastních simulací jako vhodnou metodu výuky.

4.2.2 Statistické vyhodnocení

S ohledem na kvantitativní zaměření výzkumu musejí být data statisticky vyhodnocená. K vyhodnocení byl použit t-test.

Výzkumné hypotézy byly testovány jednostranným t-testem [135,150,158]. Jednostranný typ tohoto testu byl zvolen, protože v hypotézách se zajímáme o zlepšení, nestačí nám pouze konstatování, zda jsou rozdíly mezi skupinami statisticky významně jiné. Jako hladinu významnosti pro zamítnutí nulové hypotézy jsme zvolili hodnotu $\alpha=0,05$, což znamená, že pravděpodobnost nesprávného zamítnutí nulové hypotézy je maximálně 5 %. Použitý test a podmínky jeho využití byly popsány v kapitole 3.5.

Před výpočtem t-testu bylo nutné určit, jaký rozptyl mají jednotlivá data, k tomu byl použit f-test. Na základě výsledků f-testu bylo možné vybrat konkrétní druh t-testu. Proto byl v některých případech použit t-test s neshodnými výběry (f-test na hladině významnosti 0,05 nepotvrdil, že výběry mají stejné normální rozložení), v ostatních případech byl použit t-test se shodnými výběry.

Z předvýzkumů vyplynulo, že hodnocení po jednotlivých otázkách je vzhledem k jejich dichotomickému charakteru nemožné, proto byly statisticky hodnoceny jednotlivé druhy úloh – pro každou kategorii úloh (T, P, G) byl vypočítán součet všech bodů. Tento přístup je nutný i vzhledem k tomu, že změny v jednotlivých otázkách nejsou tak výrazné, žáci nebyli informováni o posttestu a tedy se na něj nijak nepřipravovali. Nechtěli jsme do experimentu vnášet vliv učení se žáků – jednotliví žáci se na hodnocený test připravují různě a to by mělo negativní dopad na věrohodnost experimentu.

T-testem pak byla porovnána průměrná zlepšení v jednotlivých typech úloh mezi žáky experimentální a kontrolní skupiny v jednotlivých tematických oblastech. Toto vyhodnocení je součástí popisu jednotlivých experimentů.

Abychom plně využili techniku rotace faktorů, byly při výsledném vyhodnocení sečteny výsledky první experimentální skupiny z prvního kvaziexperimentu s výsledky druhé experimentální skupiny z druhého kvaziexperimentu. Tak jsme získali výsledky experimentálních skupin za oba experimenty. Stejně jsme postupovali u výsledků kontrolních skupin z obou experimentů. Tyto výsledky jsme nakonec také vzájemně porovnali a statisticky vyhodnotili.

V souvislosti s reliabilitou výzkumu jsme také testovali znalosti žáků před experimentem – pomocí oboustranného t-testu jsme zjišťovali, zda nejsou výsledky

pretestů testovaných skupin statisticky významně různé. Oboustranný t-test byl použit vzhledem k tomu, že nezjišťujeme, zda jsou výsledky některé skupiny lepší, pouze zjišťujeme, zda mezi výsledky obou skupin nejsou na zvolené hladině významnosti ($\alpha=0,05$) statisticky významné rozdíly. Pokud bychom zjistili, že rozdíly mezi skupinami jsou statisticky významné, nemohli bychom experiment považovat za reliabilní. Vyhodnocení t-testů probíhalo v programu MS Excel, který při výpočtu t-testu vrací p-hodnotu, což je pravděpodobnost nesprávného zamítnutí nulové hypotézy. Pokud je p-hodnota nižší, než zvolená hladina významnosti (v našem případě $\alpha=0,05$), můžeme nulovou hypotézu zamítnout. V tabulkách vyhodnocujících jednotlivé experimenty uvádíme vypočítanou p-hodnotu.

Dále u celkového hodnocení uvádíme sílu testu (power). Jak bylo zmíněno, síla testu závisí na rozsahu vzorku, výsledcích a na zvolené hladině významnosti. Z výsledků výzkumu je možné ji vypočítat, v našem případě jsme použili program GStat [159]. Za dostačující hodnotu power je brán výsledek vyšší než 80 % [144]. Z této hodnoty je pak možné určit minimální počet žáků, kteří by se měli experimentu zúčastnit, aby použitý statistický test správně identifikoval případné změny mezi skupinami.

5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

5.1 Experiment v tematické oblasti mechanické kmitání a vlnění

5.1.1 Způsob provedení experimentu

Tento experiment považujeme za zásadní část práce, proto věnujeme jeho popisu více času. Většina zde uváděných postupů byla použita i v dalších výzkumech.

Téma výzkumu bylo zvoleno z těchto důvodů:

- výuka v této oblasti nevyžaduje žádné předchozí znalosti,
- dostatečně dlouhá doba k přípravě experimentu,
- téma je v oblasti výzkumu málo zastoupeno [91,112],
- téma je vhodné k použití obou autorských nástrojů (Yenka, Algodoo),
- téma poskytuje dostatečnou dobu k časovému srovnání tříd,
- téma umožňuje seznámení se schopnostmi žáků.

Výzkum byl realizován na českobudějovickém Gymnáziu J. V. Jirsíka v prvních ročnících čtyřletého gymnázia. Experimentu se zúčastnily dva první ročníky, jeden navštěvovalo 31 a druhý 32 žáků. V obou třídách byly realizovány dva kvaziexperimenty, jeden z tematické oblasti „Mechanické kmitání“, druhý z oblasti „Mechanické vlnění“. Po ukončení prvního experimentu byla využita technika rotace faktorů a došlo tak ke změně působení v obou skupinách. Vyhodnocením pretestů jsme zjistili, že znalosti a správné prekoncepty z této oblasti byly v obou třídách minimální, což bylo pro charakter experimentu výhodou. Výsledky experimentu jsou tak dány zejména získáním konstruktů při výuce.

Každý dílčí kvaziexperiment probíhal 4 vyučovací hodiny. První hodinu byli žáci seznámeni s výzkumem, byl zadán pretest a začala výuka. Ta probíhala další 2 hodiny, poslední hodinu byl zadán posttest.

5.1.2 Charakteristika zkoumaného vzorku

K realizaci byl použit skupinový výběr – jednotlivé třídy gymnázia. Žáci těchto tříd byli přijati na základě klasifikace na základní škole, součástí přijímacího řízení nebyly přijímací zkoušky. Přijatí žáci ukončili rozhodná období (konec 8. třídy a 1. pololetí

9. třídy) základní školní docházky s vyznamenáním. Je zřejmé, že tento vzorek nereprezentuje celou populaci žáků, tato slabina je však vyvážena větší reliabilitou výzkumu. V tomto případě má totiž experimentátor výrazně vyšší kontrolu nad průběhem experimentu a může lépe minimalizovat vliv vedlejších proměnných. Navíc je technicky nemožné současně pracovat se vzorkem, odpovídajícím průměrné populaci žáků 1. ročníků středních škol, už jenom z toho důvodu, že použité téma není na všech typech středních škol vyučováno. Výsledky experimentu pak samozřejmě nelze generalizovat na celou populaci. Zato je možné na základě znalostí o žácích výsledky experimentu hlouběji uchopit.

Počet 31 a 32 žáků je dostatečný počet k tomu, aby bylo možné data vyhodnotit statisticky. Trvání jednotlivého kvaziexperimentu i se zadáním testů čtyři vyučovací hodiny minimalizuje náhodnou absenci žáků.

Testové úlohy byly čerpány ze sbírek úloh z fyziky [160,161]), učebnice fyziky pro gymnázia [162] a z publikace Fyzika v běžném životě [163], která obsahuje otázky, vyžadující aplikaci učiva na konkrétní situace. Jak již bylo zmíněno, úlohy v testu byly rozděleny do třech skupin – úlohy teoretické (označíme je T), úlohy grafické (označíme je G) a úlohy vyžadující pochopení a aplikaci učiva (P).

Test na téma Mechanické kmitání obsahoval 19 úloh (8 typu P, 6 typu G, 5 typu T), druhý test na téma Mechanické vlnění obsahoval 20 úloh – 10 typu P, 5 typu G a 5 typu T.

Konkrétně uvádíme příklady jednotlivých typů úloh z oblasti vlnění:

- Na čem závisí, jak výrazný bude ohyb vlnění? Uveď a vysvětli příklady výrazného ohybu. (Typ T).
- Proč používají netopýři k orientaci ultrazvuk a ne zvuk? (ultrazvuk má ve srovnání se zvukem vyšší frekvenci) (Typ P).
- Jak budou vypadat vlnoplochy z rovinného a bodového zdroje? Nakresli a vyznač vlnovou délku (Typ G).

Příklady doplníme konstatováním, že obě úlohy T a P jsou zaměřené na stejné téma, přičemž úloha typu P vyžaduje oproti úloze typu T aplikaci znalostí.

Po ukončení experimentu žáci vyplnili krátký dotazník k experimentu. Většina odpovědí byla škálovaných, z výsledků se usuzovalo na vliv experimentátora na průběh experimentu a na vliv autorského nástroje.

Celé didaktické testy (i s vyznačením typu úloh) jsou uvedeny v přílohách C, D.

5.1.3 Didaktický pohled na vytvořené simulace

Abychom přiblížili práci s autorskými nástroji, rozebereme hlouběji jednu konkrétní simulaci. V obou kvaziexperimentech jsme identifikovali témata, u kterých se zaměříme na jejich pochopení. Konkrétně šlo o matematické kyvadlo, rezonanci, Lissajousovy obrazce, šíření vlnění, interferenci a ohyb a Dopplerův jev. K těmto tématům jsme vybrali vhodné úlohy typu T a P. Oblast otázek typu G byla probírána průběžně při vykreslování grafů. Součástí přípravy výuky pak bylo zjištění obvyklých miskonceptů žáků v těchto tématech a příprava výuky (se simulacemi i bez nich) tak, aby žáci tato témata pochopili (akomodovali své miskoncepce v dané oblasti učiva). V obou případech byla výuka vedena konstruktivisticky, se snahou propojit každodenní znalosti žáků s teorií.

Výše uvedené budeme podrobně ilustrovat na konkrétním případě matematického kyvadla, další simulace budou popsány jen krátce.

Matematické kyvadlo

Při přípravě konstruktivisticky zaměřené výuky je důležité znát obvyklé žákovské miskoncepty – zde vystupují učitelovy DZO. Pokud se o tyto miskoncepty během výuky a jejího hodnocení zajímá, bude je schopen definovat a připravit výuku tak, aby je opravil.

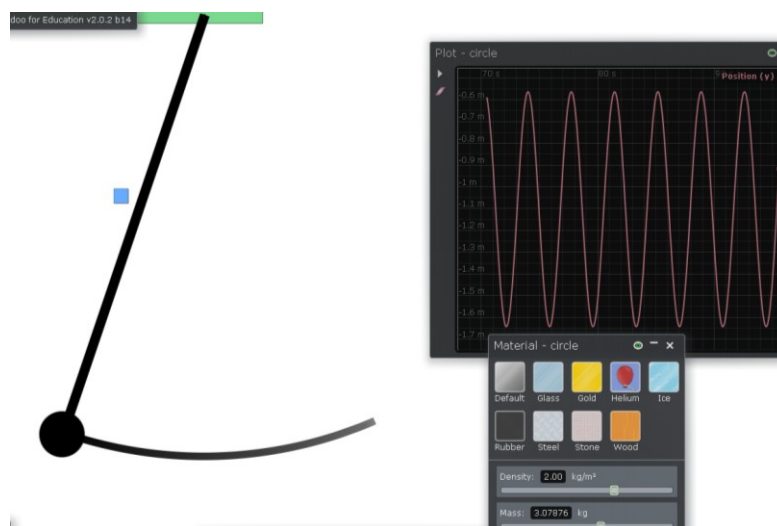
Ze zkušenosti autora vyplývá, že jednou z nejčastějších miskonceptů v oblasti mechanického kmitání je tvrzení, že perioda kmitání kyvadla souvisí s jeho hmotností [164]. S různými formami kyvadla mají žáci zkušenosti (kyvadlo u hodin, houpačka) i proto je zajímavé, že drtivá většina žáků (i dospělých) s tímto omylem operuje.

Fakt, že perioda kyvadla nezávisí na hmotnosti, můžeme vyjádřit matematicky vzorcem $T = 2\pi\sqrt{l/g}$, kde T je perioda kyvadla, l je jeho délka a g je tíhové zrychlení. Vzorec je jednou z možností popisu tvrzení, že perioda kyvadla nezávisí na jeho hmotnosti. Žákům sice nedělá problémy si vzorec zapamatovat či při zadání hodnot pomocí vzorce provádět výpočty, zřejmou informací o nesouvislosti periody s hmotností nicméně zpravidla nevyextrahují.

Je tedy na učiteli, jak výše uvedený poznatek přetransformuje do formy přínosné a přístupné pro žáky. Přitom se může projevit učitelova individualita – učitel volí vhodnou formu práce na základě svých znalostí (obsahových i didaktických) a zkušeností. Může zvolit např. matematické odvození, experiment, myšlenkový experiment, připodobnění k určité praktické situaci či další postupy. Žádný z postupů jako takový nelze hodnotit jako horší či lepší – záleží na konkrétní situaci, zejména na schopnostech žáků. Výběr vhodného

postupu je na učiteli a tedy na jeho DZO. Čím širším spektrem způsobů předání znalostí obsahu učitel disponuje, tím efektivněji může výuka probíhat.

Na příkladu s kyvadlem budeme ilustrovat výhody využití autorských nástrojů a konkrétně předvedeme využívání použitých nástrojů jako další možnost reprezentace učiva. Nejjednodušší je prostě konstatovat, že perioda kyvadla nezávisí na hmotnosti. Další možností je výše uvedený vztah odvodit z jiných fyzikálních zákonů, tento postup však od žáků vyžaduje vysokou úroveň fyzikálních i matematických znalostí a dovedností. Učitel může také použít myšlenkový experiment, např. otázkou: „Jak se změní kývání houpačky, pokud se na ní houpají různě těžké děti?“. Do výkladu může být zařazen i experiment – a to jak učitelský, tak i žakovský. Volba metody záleží na učiteli – ten by měl podle aktuální situace ve třídě a schopností žáků vybrat tu nejefektivnější. Další možností je vytvořit simulaci kyvadla v autorském nástroji – v našem případě v nástroji Algodoo. Ukázka vytvořeného kyvadla je na obrázku 2.



Obrázek 2 Ukázka simulace kyvadla v nástroji Algodoo

Samotné vytvoření kyvadla zabere uživateli, znalému práce v tomto nástroji, zhruba jednu minutu. Protože Algodoo umožňuje zobrazit grafy, můžeme okamžitě přidat vhodný graf – v našem případě graf závislosti výchylky na čase. Můžeme se rozhodnout, jestli pouze předvedeme, jak se na grafu projeví změna hmotnosti kyvadla, nebo můžeme kyvadlo nechat kmitat a zeptat se žáků, jak se změní graf, pokud hmotnost změním např. stokrát? Tímto způsobem externalizujeme jejich prekoncepty o kyvadle a dáváme je

do přímé konfrontace se simulací. Dochází tak buď k upevnění správného konceptu, nebo alespoň k akomodaci stávajícího miskonceptu [9].

Oproti frontálnímu či žákovskému experimentu je použití autorského nástroje podstatně rychlejší a umožňuje realizovat i obtížně dosažitelné situace (např. 100krát vyšší hmotnost kyvadla; 100násobný rozdíl už žáci vnímají jako podstatný, avšak prakticky jej ve školních podmínkách nelze realizovat). Navíc výsledky mohou být průběžně prezentovány ve formě grafů. Nevýhodou frontálního i žákovského experimentu je zdoluhavost (pro vyšší přesnost změříme periodu deseti kyvů) a také nejednoznačnost – nejspíše nenaměříme stejné hodnoty, což může být pro žáky matoucí. Oproti frontálnímu a žákovskému experimentu můžeme v simulaci snadno předvést, že perioda kyvadla při stejné délce a hmotnosti závisí na tíhovém zrychlení (viz vztah výše), což by se experimentálně prokazovalo velmi obtížně. Grafy z autorského nástroje můžeme použít i při matematickém odvozování jako jakousi „verifikaci“ odvozených vztahů.

Z pohledu didaktiky fyziky se nabízejí další otázky: jak se mění amplituda kyvadla v závislosti na čase, jak souvisí její hodnota s hmotností apod. Jak upozorňují autoři studie [108] z pohledu kognitivní psychologie je pro úspěch konstruktivistického přístupu důležité přenést získávané informace z krátkodobé paměti do paměti dlouhodobé. Vzhledem k tomu, že kapacita krátkodobé paměti je malá, mělo by být množství předávaných informací v určitém „objemu“ co nejmenší a co nejméně náročné na zpracování. Proto byla simulace zaměřena zejména na předání faktu nesouvislosti periody kyvadla s hmotností. Pokud se podaří takovou představu žáků vytvořit, lze předpokládat, že ji budou schopni dále používat při řešení podobných problémů. V simulaci lze navíc snadno demonstrovat, že perioda takového kyvadla záleží na jeho délce a na tíhovém zrychlení.

5.1.4 Vytvořené simulace a jejich využití

V této části krátce uvedeme, jaké další simulace byly v rámci přípravy vytvořeny. Jejich ukázky jsou v přílohách F-K. Nezabýváme se zde jejich fyzikální stránkou, spíše ukážeme důvod jejich vytvoření a využití. U každé simulace zároveň uvedeme, čím byla nahrazena v kontrolní skupině. Tím doložíme, že obsah výuky byl v obou skupinách ekvivalentní, v obou skupinách byla výuka vedena konstruktivisticky. Jediným rozdílem bylo využití autorského nástroje v experimentální skupině a jiných prostředků (pokus, demonstrace) ve skupině kontrolní.

Kyvadlo

Bylo zmíněno výše, v kontrolní skupině byla při výuce využita demonstrační ukázka kyvadla ve formě různých závaží na niti.

Rezonance

Cílem použití simulace bylo v tomto případě propojení a upevnění poznatku, že při buzení kmitání vnější silou dochází k maximálnímu zvýšení amplitudy kmitů v případě, že budící síla má stejnou frekvenci, jako vnitřní frekvence kmitajícího oscilátoru.

I když jsou žáci schopni rezonanci dobře definovat, dělá jim problém tento poznatek aplikovat na konkrétní situace. Proto byly vytvořeny dvě simulace (příloha F) ukazující vliv budící síly na oscilátor, u kterých bylo možné měnit periodu budící síly a pozorovat odpovídající změnu amplitudy kmitů.

S rezonancí souvisela otázka č. 5, uvedená v příloze D: „Proč, když nesete plnou sklenici vody, se z ní po chvíli začne vylévat voda? Jak byste ji nesli, aby se nevyhlila?“.

Ve výuce byl k předchozí otázce v obou skupinách řešen podobný příklad, týkající se rozkmitání sluchátek, pověšených kolem krku při chůzi. V experimentální skupině byla při výkladu použita simulace, v kontrolní skupině byl předveden experiment s kyvadly, buzenými vnější silou.

Lissajousovy obrazce

Jak jsme zmiňovali výše, téma Lissajousových obrazců lze v Algodoo snadno realizovat a názorně tak žákům předvést vznik těchto obrazců. Ukázka simulace je v příloze G.

V kontrolní skupině byl proveden experiment na skládání dvou kolmých kmitů (kyvadlo se zapisovačem a kmitající papír). Výsledné kmity byly zakresleny na tabuli.

Oscilátory

Tyto simulace (příloha H) byly zaměřeny na zobrazení kmitavého pohybu různých oscilátorů (kyvadlo, těleso na pružině). V kontrolní byly skupině místo simulací použity demonstrační oscilátory a průběhy byly kresleny na tabuli.

Interference vlnění

Byla vytvořena simulace (příloha I), ukazující šíření vlnění a interferenci dvou vlnění. Součástí simulace bylo i zobrazení výsledného vlnění a demonstrace vlivu parametrů.

V kontrolní skupině byla na tabuli nakreslena interference dvou vlnění. V obou skupinách byla interference uvedena a dále probírána na příkladu dvou kamínků, vhozených současně do vody.

Ohyb vlnění

Ukázka simulace je v příloze J. Cílem této simulace bylo ukázat ohyb vlnění, a jak tento jev souvisí s šířkou překážky a frekvencí vlnění. Proto byla použita simulace s jedním zdrojem vlnění a překážkou. Frekvenci vlnění a šířku překážky bylo možné měnit.

V kontrolní skupině byl vysvětlen ohyb vlnění klasickou metodou, graficky na tabuli. Dále bylo konstatováno (a ilustračně nakresleno na tabuli), jak ohyb souvisí s šířkou překážky a vlnovou délkou vlnění.

Dopplerův jev

Simulace sestávala z pohybujícího se zdroje vlnění. Na ní bylo ukázáno, jak se mění vlnová délka a frekvence vlnění při pohybu tělesa. Na ukázce v příloze K je vidět, že bylo možné měnit rychlost pohybu tělesa a také frekvenci vlnění.

V kontrolní skupině byl Dopplerův jev vysvětlen na příkladu s pohybujícím se automobilem.

5.1.5 Vyhodnocení kvaziexperimentu „mechanické kmitání“

Nejdříve vyhodnotíme výsledky jednotlivých tematických kapitol, následně provedeme vyhodnocení celého experimentu.

V experimentu „mechanické kmitání“ byla třída A zvolena jako kontrolní, třída B jako experimentální. Celého experimentu se z třídy A zúčastnilo 29 žáků, z třídy B 31 žáků.

Počáteční znalosti (to platí pro celou oblast mechanického vlnění) byly v obou třídách minimální, po statistickém porovnání výsledků t-testem v jednotlivých kategoriích bylo zjištěno, že rozdíly nebyly statisticky významné.

V kapitole 5.1.3 byly na příkladu matematického kyvadla propojeny DZO, autorské nástroje a konstruktivismus. Proto nejdříve vyhodnotíme experiment, věnovaný tomuto tématu.

Jak bylo zmíněno výše, v testu byly otázky jak teoretické (v případě kyvadla se jednalo o úlohu s výpočtem periody kyvadla), tak i otázky na pochopení tématu (v případě kyvadla šlo o dvě otázky, zjišťující chápání skutečnosti, že perioda kyvadla nezávisí na jeho hmotnosti). Konkrétně šlo o tyto otázky:

- Kyvadlo je tvořeno tělesem, zavěšeným na závěsu o délce 20 cm. Jaká je perioda jeho kmitů? (T).
- Jak se změní perioda kmitání dětské houpačky, jestliže místo jednoho dítěte se budou současně houpat dvě děti? (P).
- Kyvadlo je tvořeno nádobou s pískem zavěšenou na pevném vlákně. Jak se bude měnit perioda kmitání, když se písek z nádoby postupně vysypává? Změnu polohy těžiště při sypaní písku neuvažujte. (P).

Výsledky žáků ve sledované oblasti matematické kyvadlo jsou uvedeny v tabulce 2. Zde je vidět, že výsledky experimentální skupiny jsou výrazně lepší, než skupiny kontrolní. Mnohem lepších výsledků dosáhli žáci v otázkách, zjišťujících pochopení učiva.

Tabulka 2 Výsledky žáků v oblasti matematické kyvadlo

Skupina	Otázka kyvadlo (T)	Otázka houpačka (P)	Otázka kyvadlo (P)
Kontrolní	3 %	6 %	6 %
Experimentální	17 %	52 %	48 %

Protože výzkumu se v obou skupinách nezúčastnil stejný počet žáků, byly statisticky hodnoceny přírůstky bodů (tedy rozdíl hodnocení v posttestu a pretestu), vztažené na jednoho žáka. Hodnocení jednotlivých otázek probíhalo samostatně, následně byly sečteny body z otázek stejného typu (T, P, G).

Porovnáním průměrných přírůstků bodů ve sledovaných oblastech (úlohy typu T, P, G) jsme zjišťovali, zda jsou přírůstky experimentální skupiny, ve které byly při výuce využity autorské nástroje, statisticky významně vyšší než u skupiny kontrolní. K vyhodnocení jsme použili jednostranný t-test.

Ve všech třech oblastech došlo ke znatelnému zlepšení u experimentální skupiny. Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ je možné u obou výzkumných hypotéz zamítnout výchozí

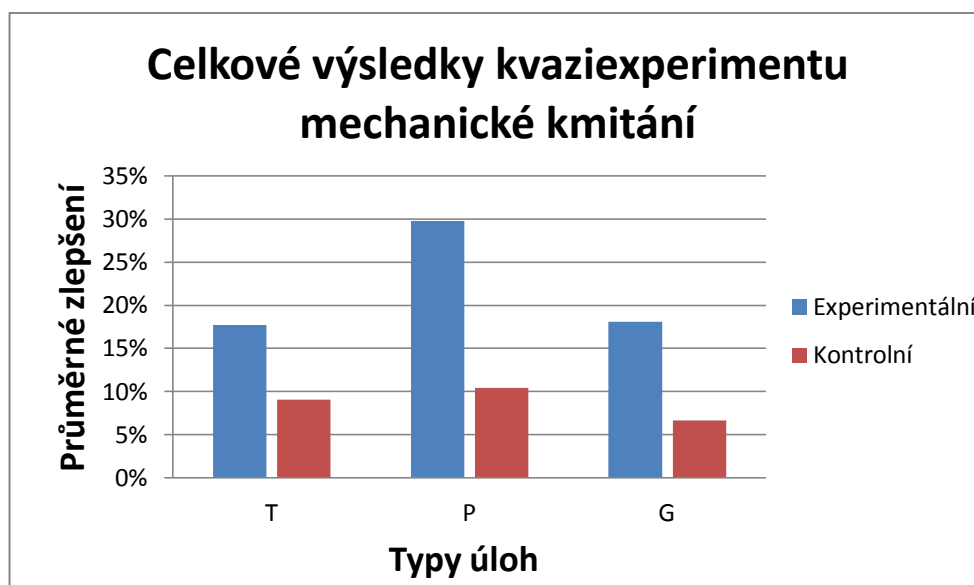
nulovou hypotézu, neboli s 95% pravděpodobností přijmout alternativní tvrzení, že přírůstek bodů žáků v dané oblasti z experimentální skupiny **je vyšší než** přírůstek bodů žáků ze skupiny kontrolní. V případě první výzkumné hypotézy jsme získali p-hodnotu 0,00023, můžeme tedy přijmout tvrzení, že „**Využívání autorských nástrojů vede k prokazatelnému zlepšení žáků v oblasti pochopení a aplikace učiva.**“. U teoretických otázek byla určena p-hodnota 0,03, takže i v tomto případě přijímáme tvrzení: „**Využívání autorských nástrojů vede ke zlepšení žáků v oblasti reprodukce učiva.**“.

Ovšem konečné potvrzení či zamítnutí hypotéz výzkumu může být provedeno až po rotaci faktorů, tedy po druhém experimentu.

Tabulka 3 Výsledky experimentu ,mechanické kmitání‘

Skupina	Otázky		
	Teoretické	Pochopení	Grafické
Experimentální	18%	30%	18%
Kontrolní	9%	10%	7%
p-hodnota	0,03	0,0002	0,02
ES	0,59	1,03	0,62

V tabulce 3 uvádíme výsledky kvaziexperimentu ,mechanické kmitání‘. Hodnoty ukazují zlepšení jednotlivých skupin v procentech pro jednotlivé typy úloh. Připomeňme, že otázek zjišťujících pochopení tématu bylo 8, teoretických 5, a otázek na grafické znázornění kmitavého pohybu bylo 6. Zatímco u otázek typu G a T bylo zlepšení experimentální skupiny zhruba 2krát vyšší, než u skupiny kontrolní, u otázek typu P bylo toto zlepšení vyšší 3krát. Graficky je tento rozdíl mezi skupinami znázorněn na obrázku 3 na další straně.



Obrázek 3 Graf výsledků experimentu ,mechanické kmitání‘

V kapitole didaktický pohled na vytvořené simulace rezonance jsme si vybrali konkrétní otázku, na kterou byla tato simulace zaměřena – jednalo se o otázku č. 5. Žáci měli aplikovat znalosti o rezonanci a nuceném kmitání na konkrétní situaci. Před výukou byl pro každou skupinu připraven vhodný postup k vysvětlení této úlohy. Žáci samozřejmě nebyli upozorněni, že podobnou situaci budou řešit i v posttestu. V kontrolní skupině byl při výkladu použit demonstrační pokus, ve skupině experimentální byla použita simulace. Demonstrační pokusy jsou obecně vhodným didaktickým prostředkem i motivačním prvkem pro žáky, proto jsme jej využili. Přesto u 8 žáků z kontrolní skupiny došlo k jeho mylné interpretaci. Při odpovědích do posttestu mylně uváděli, že kmitavý pohyb vyvolává odstředivou sílu. Přitom odstředivá síla nebyla při vysvětlování vůbec uváděna. I když nelze tento poznatek generalizovat, podporuje naše přesvědčení, že díky využívání autorských nástrojů má učitel větší kontrolu nad vytvářením žákovských představ.

V porovnání mezi skupinami dopadla tato otázka lépe ve skupině experimentální, konkrétně v ní bylo dosaženo o 22 % vyššího bodového hodnocení.

U každého typu úloh také uvádíme vypočtenou p-hodnotu. U všech typů otázek byl zjištěn velký ES, odpovídající střednímu až silnému účinku, u otázek zjišťujících pochopení byla vypočítaná hodnota účinku dokonce větší, než 1. Kompletní vyhodnocení tohoto experimentu je v příloze L.

5.2 Kvaziexperiment ‚mechanické vlnění‘

Na význam simulací právě v oblasti mechanického vlnění poukazuje [165]: „*Vlnění lze těžko vizualizovat, takže je obtížné chápat, jak dvě vlnění v opačných směrech vytvářejí stojaté vlnění. Statické obrázky jednotlivých fází mohou pomoci si vznik stojatého vlnění představit. Pokud můžeme jednotlivé statické obrázky nahradit simulací, bude vznik stojatého vlnění ještě názornější.*“.

Při experimentu ‚mechanické vlnění‘ byly skupiny vyměněny, třída A se stala skupinou experimentální a třída B byla skupinou kontrolní. Z obou tříd se celého kvaziexperimentu zúčastnilo shodně 30 žáků. Síla testu, určená z rozsahu vzorku a zvolených hodnot byla rovna 0,85.

Stejně jako v případě mechanického kmitání byly otázky v pretestu a posttestu stejné a jejich volba byla nejdříve konzultována s didaktikem fyziky z PF Jihočeské univerzity. Opět byly zvoleny úlohy na pochopení, teoretické a grafické, a sestaven pretest. Časová organizace tohoto kvaziexperimentu zůstala nezměněna a i ostatní opatření k minimalizaci vedlejších proměnných byla stejná jako v předchozím experimentu, což bylo nutné i pro konečné vyhodnocení obou testů. Zadání testu je uvedeno v příloze E.

Při experimentálním zásahu byl v tomto případě použit autorský nástroj Yenka, který má prostředky umožňující zobrazení mechanického vlnění.

5.2.1 Vyhodnocení kvaziexperimentu ‚mechanické vlnění‘

Nejdříve ukážeme výsledky u otázek, vztahujících se k interferenci vlnění. Jedna je popisná a jedna vyžaduje pochopení tohoto jevu a jeho aplikaci na konkrétní situaci.

Konkrétně šlo o úlohy:

- Co je to interference vlnění, jak k ní dochází?
- Na čem závisí výsledek interference dvou stejných vlnění? Uveď a vysvětli příklady výrazného ohybu.

Vyhodnocení výsledků experimentální a kontrolní skupiny u těchto dvou otázek je uvedeno v tabulce 4. V té je uvedeno zlepšení jednotlivých skupin u daného typu úlohy.

Tabulka 4 Výsledky žáků v oblasti ohyb vlnění

Skupina	Otázka interference vlnění (T)	Otázka interference vlnění (P)
Kontrolní	17 %	20 %
Experimentální	27 %	40 %

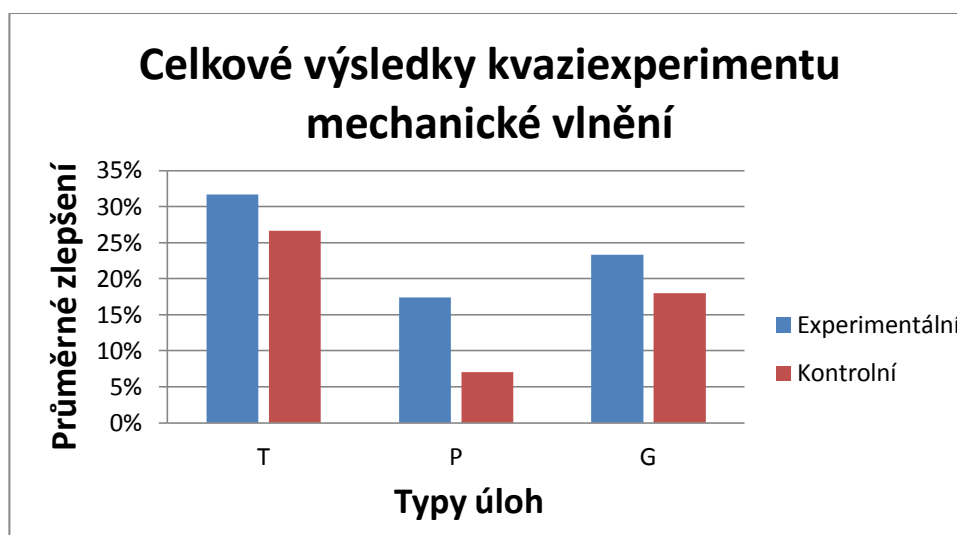
Zlepšením opět myslíme rozdíl správných odpovědí v post- a pretestu. Zlepšení ve skóre (posttest-pretest) je uvedeno v procentech. Opět je zřejmé, že u experimentální skupiny je zlepšení v obou typech úloh vyšší, než u skupiny kontrolní. Navíc zlepšení v otázce zjišťující pochopení je vyšší, než v otázce zaměřené na reprodukci učiva.

Vyhodnocení celého kvaziexperimentu bylo stejné, jako u kvaziexperimentu ‚mechanické kmitání‘. V tomto případě došlo u experimentální skupiny ve srovnání se skupinou kontrolní ke statisticky významnému zlepšení pouze v oblasti pochopení učiva. Rozdíly v ostatních oblastech nebyly na zvolené hladině významnosti statisticky signifikantní. Můžeme tedy přijmout alternativní první hypotézu **„Využívání autorských nástrojů vede k prokazatelnému zlepšení žáků v oblasti pochopení a aplikace učiva.“** v tomto případě byla jednostranným t-testem určena p-hodnota 0,004. U otázek zaměřených na reprodukci učiva byla určena p-hodnota 0,23, nulovou hypotézu **„Využívání autorských nástrojů nevede ke zlepšení žáků v oblasti reprodukce učiva.“** tak nemůžeme zamítnout. V tabulce 5 uvádíme celkové výsledky tohoto experimentu.

Tabulka 5 Výsledky experimentu ‚mechanické vlnění‘

Skupina	Otázky		
	Teoretické	Pochopení	Grafické
Experimentální	32%	17%	23%
Kontrolní	27%	7%	18%
p-hodnota	0,23	0,004	0,27
ES	0,31	0,76	0,29

Oproti předcházejícímu kvaziexperimentu byly hodnoty ‚velikosti účinku‘ nižší, přičemž v oblasti pochopení můžeme považovat účinek experimentálního zásahu za silný. Graficky jsou výsledky znázorněny na obrázku 4 na další straně. Kompletní hodnocení je uvedeno v příloze M. Opět uvádíme zlepšení ve skóre jednotlivých skupin v posttestu proti pretestu v procentech.



Obrázek 4 Graf výsledků experimentu ,mechanické vlnění‘

Velikost účinku byla na vysoké úrovni (více, než 0,7) pouze u otázek na pochopení, což koresponduje i s výsledky statistického vyhodnocení.

5.2.2 Celkové vyhodnocení experimentu mechanické kmitání a vlnění

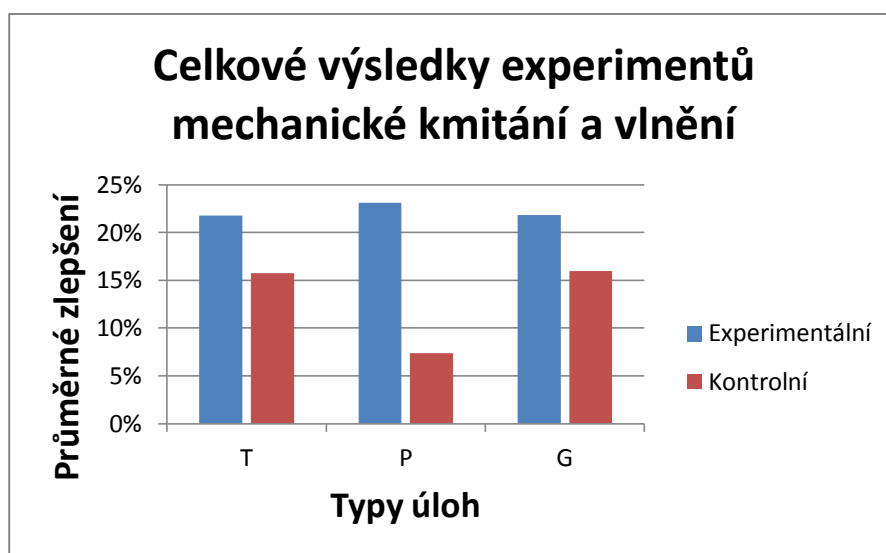
Po ukončení experimentu byly porovnány celkové výsledky experimentálních a kontrolních skupin. T-test byl použit k potvrzení/vyvrácení nulových hypotéz pro každou oblast úloh (teoretické, grafické a na pochopení). Vzhledem k tomu, že každá třída byla část experimentu v roli skupiny experimentální a část experimentu v roli skupiny kontrolní, můžeme sečíst výsledky experimentálních a kontrolních skupin z obou kvaziexperimentů. Jelikož v obou skupinách máme zastoupeny obě zkoumané třídy, můžeme obě skupiny považovat za rovnocenné.

V tabulce 6 uvádíme výsledné hodnocení obou experimentů, tedy průměrné zlepšení experimentálních skupin a průměrné zlepšení kontrolních skupin v procentech.

Tabulka 6 Souhrnné výsledky experimentů mechanické kmitání a mechanické vlnění

Skupina	Otázky		
	Teoretické	Pochopení	Grafické
Experimentální	22%	23%	22%
Kontrolní	16%	7%	16%
p-hodnota	0,06	0,000001	0,11
ES	0,35	0,97	0,30

Výsledky pro přehlednost prezentujeme také graficky – na obrázku 5.



Obrázek 5 Grafické znázornění celkových výsledků experimentů mechanické kmitání a mechanické vlnění

I když v jednotlivých experimentech byly registrovány významné rozdíly ve více oblastech, po kompletním vyhodnocení obou experimentů lze na hladině významnosti 0,05 (s p-hodnotou dokonce 1×10^{-6}) zamítnout pouze první nulovou hypotézu, podle které využití autorských nástrojů nevede k prokazatelnému zlepšení žáků v oblasti pochopení a aplikace učiva v tématu Mechanické kmitání a vlnění. Přijímáme v této souvislosti alternativní hypotézu, podle které využití autorských nástrojů **vede** ke zlepšení žáků v oblasti pochopení a aplikace učiva.

Druhou nulovou hypotézu („Využití autorských nástrojů nevede ke zlepšení žáků v oblasti reprodukce učiva“) nemůžeme na zvolené hladině významnosti zamítnout, p-hodnota ze zjištěných dat je rovna 0,06.

Zjištěným p-hodnotám odpovídají hodnoty ES – pro otázky typu T a G odpovídá vypočítaná hodnota ES slabému účinku (z výsledků experimentu byla určena hodnota ES 0,3 pro otázky typu T a 0,35 pro otázky typu G). Pouze případě otázek, zjišťujících pochopení je velikost účinku vysoká (ES=0,97).

Vliv autorských nástrojů na pochopení učiva můžeme prokázat také další analýzou získaných dat. Míra zlepšení u experimentální skupiny je ve všech třech oblastech T, P, G prakticky shodná (22-23%). Naproti tomu u kontrolní skupiny je míra zlepšení u otázek

zaměřených na pochopení výrazně nižší (pouze 7% zlepšení u otázek typu P oproti 16% zlepšení u otázek typů T, G). Z těchto hodnot je také zřejmé, že pro žáky jsou nejobtížnější otázky na pochopení učiva.

Sílu testu (power) určujeme z výše uvedených důvodů jen pro statisticky významná zjištění. V tomto případě jsme tedy zjišťovali power pro výsledky v oblasti pochopení a aplikace učiva. Z hodnoty ES, zvolené hladiny významnosti a rozsahu vzorku jsme určili hodnotu power 0,999. Chyba 2. druhu, které jsme se mohli dopustit nesprávným přijetím alternativní hypotézy je tedy 0,1 %. V případě otázek, zjišťujících pochopení (t-testem byla zjištěna p-hodnota 0,06, tedy u hranice přijetí/zamítnutí nulové hypotézy) byla hodnota power nedostatečná – 0,6. I v tomto případě tak můžeme považovat nezamítnutí nulové hypotézy v oblasti reprodukce učiva za správné. Vzhledem k tomu, že power závisí na rozsahu vzorku, můžeme pro první (potvrzenou) hypotézu považovat rozsah vzorku za dostačující, pro případné potvrzení 2. hypotézy by byl potřeba vzorek širší.

5.2.3 Vyhodnocení dotazníkového šetření

Součástí experimentu bylo také dotazníkové šetření. Jeho hlavním důvodem bylo zjistit, zda osoba experimentátora měla nějaký vliv na průběh experimentu. Zadání dotazníku je uvedeno v příloze N, jeho vyhodnocení v příloze O. Zde se zaměříme pouze na zásadní zjištění, vyplývající z dotazníku. Upozorňujeme, že v dotazníku byly otázky formulovány tak, aby jim žáci dobře porozuměli, proto jejich znění není po odborné stránce perfektní. K některým otázkám připojujeme drobné vysvětlivky. Vzhledem k tomu, že někteří žáci na některé otázky neodpověděli, nemusí být součet odpovědí roven počtu respondentů.

V dotazníku byly zařazeny dvě podobné otázky, týkající se osoby experimentátora, konkrétně:

12. Kdy se snažil vyučující při výuce vysvětlit látku lépe?

13. Lišil se přístup vyučujícího při výuce s počítačem a bez něj? Pokud ano, v čem?

U otázky č. 13 71 % žáků odpovědělo možnostmi ne a spíše ne, 22 % žáků ano a spíše ano. Většina žáků tak nevnímala rozdíly v přístupu experimentátora. Je překvapující, že žáci, kteří odpověděli ano a spíše ano, viděli rozdíly ve větší snaze vysvětlit látku při výuce bez počítače. Zbýlých 7 % žáků odpovědělo „nevím“.

Zjištění z otázky č. 13 koresponduje s výsledky otázky č. 12: 60 % žáků vnímalo snažení experimentátora v obou experimentech stejné, 22 % odpovědělo, že se experimentátor snažil více při výuce bez počítače a 14 % žáků odpovědělo, že se experimentátor snažil více při výuce s počítačem. Zbývající 4 % žáků odpověděla „nevím“.

Z odpovědí můžeme vyvodit, že většina žáků vnímala vliv experimentátora na průběh experimentu buď jako minimální, nebo dokonce kontraproduktivní – dle jejich převládajícího mínění se více snažil bez využití autorských nástrojů.

S tím souvisí i odpovědi žáků v diskuzi, následující po konání experimentu. Jako největší problém vnímali absenci poznámek a s tím související vedení vyučovací hodiny, v obou skupinách totiž nebyly žákům diktovány poznámky ani nebyly zdůrazňovány důležité pojmy. Zajímavé je, že ačkoli experimenty potvrdily přínos autorských nástrojů pro výuku, část žáků (18 %, zejména s nadprůměrnou klasifikací) by dle svých slov uvítala spíše „obvyklou hodinu“ s diktováním poznámek.

Největší přínos autorských nástrojů spatřovali žáci v oblastech: představení si probírané látky (*vizualizace probíraných jevů*) (93 %), spojení probírané látky s praktickými jevy (87 %) a pochopení výkladu (77 %). Jako nejméně přínosné vnímali autorské nástroje v oblasti počítání příkladů (16 %).

Shodné výsledky byly u otázek zaměřených na obsah testu: podle 16 % (14 %) chyběly při výuce s autorskými nástroji (bez autorských nástrojů) informace k vyplnění testu. Touto otázkou jsme zjišťovali subjektivní vnímání obsahu výuky, tedy zdali se žáci domnívají, že obsah testu odpovídal probíranému učivu. Z toho můžeme usuzovat, že volba otázek nebyla zaměřena na experimentální nebo kontrolní skupinu.

Součástí hlubší analýzy získaných dat bylo i zjištění případných rozdílů žáků v experimentu podle jejich známek z fyziky a také podle jejich přístupu k výuce fyziky. Tato data jsou spíše doplňková, protože v každé třídě vyučuje jiný učitel a známky z fyziky nemohou tak být zcela rovnocenné. Při vyhodnocování jsme žáky rozdělili na skupiny podle jejich přístupu k výuce fyziky. Konkrétně jde o skupiny pilných žáků, žáků se zájmem o fyziku a žáků bez zájmu. Ti, které se nepodařilo jednoznačně zařadit do jednotlivých skupin, byli bráni jako ostatní. Jako pilné žáky vnímáme ty, kteří se svědomitě připravují na výuku, avšak jejich cílem je hlavně dobrá známka, méně jde o pochopení učiva. Žáci se zájmem jsou ti, kteří sice nemusejí nutně dosahovat výborných klasifikačních výsledků, ale mají o učivo fyziky zájem. Ve skupině bez zájmu jsou pak

žáci, které učivo nezajímá, nejsou při výuce aktivní, spíše naopak, a nezajímají se ani o svou klasifikaci z tohoto předmětu.

K celkově největšímu zlepšení došlo u žáků ve skupině „pilní“ (sedminásobné zvýšení bodů při výuce s autorskými nástroji, než bez nich). Toto zvýšení je však dáno nejvíce zlepšením v oblasti reprodukce učiva. Největší zlepšení v oblasti pochopení učiva bylo u žáků ve skupině „ostatní“. I když u pilných došlo ke zlepšení, sami nevnímali výuku s autorskými nástroji jako přínos – zřejmě kvůli tomu, že cílem výuky pro ně není pochopení učiva, ale příprava na test. Žáci bez zájmu se samozřejmě výuky aktivně neúčastní, proto na ně změny nemají žádný zásadní vliv.

Podle rozdělení žáků dle klasifikace měl experiment největší přínos v oblasti pochopení učiva pro žáky, klasifikované z fyziky známkou dostatečně – při experimentálním působení byly jejich výsledky 4x lepší, než bez něj. Další nejvyšší rozdíl byl zaznamenán u žáků, hodnocených známkou dobře. V oblasti reprodukce učiva bylo nejlepší zlepšení u žáků klasifikovaných výborně (tito žáci získali trojnásobně více bodů při experimentálním působení, než bez něj).

Grafické znázornění rozdílů je uvedeno v příloze P.

5.2.4 Závěry z experimentu

Výzkum potvrdil, že použití autorských nástrojů ve výuce má smysl. V oblasti pochopení učiva v obou dílčích kvaziexperimentech i v jejich celkovém vyhodnocení byly rozdíly mezi výsledky experimentální a kontrolní skupiny vždy statisticky signifikantní. V ostatních oblastech (teoretické otázky a orientace v grafickém znázornění kmitání a vlnění) byly výsledky experimentální skupiny také lepší, ale v celkovém vyhodnocení se toto zlepšení neprojevilo jako zřetelně statisticky významné.

Můžeme tak přijmout první hypotézu: **Využívání autorských nástrojů vede k prokazatelnému zlepšení žáků v oblasti pochopení a aplikace učiva.**“ s p-hodnotou 10^{-6} . V případě druhé hypotézy nemůžeme nulovou hypotézu zamítnout, výsledkem testování je tedy tvrzení: **„Využívání autorských nástrojů nevede ke zlepšení žáků v oblasti reprodukce učiva.“** P-hodnota byla sice o málo vyšší, než zvolená hladina významnosti, ale relativně nízký ES poukazuje na slabší vliv experimentálního zásahu.

Výsledky experimentu potvrzují vhodnost použití rotace faktorů. Skupina B totiž měla o něco lepší výsledky než skupina A (což máme ověřeno i z klasifikace obou tříd ze všech předmětů). Tento rozdíl mezi třídami by mohl experiment výrazně ovlivnit, ale rotací skupin jsme tento vliv vyvážili. I přesto mohl být experiment zatížen chybou způsobenou samotným experimentátorem. Tuto případnou chybu jsme se pokusili odhalit pomocí dotazníku. Z odpovědí lze usuzovat, že vliv experimentátora byl dle subjektivního názoru žáků v obou experimentech (tedy při výuce *s* i *bez* autorských nástrojů) stejný, podle některých byl dokonce lepší v případě výuky bez autorských nástrojů.

V návrhu experimentu jsme zmiňovali i možnou slabinu tohoto výzkumu – použití stejných otázek v pre- i posttestu. Z výsledků vyplývá, že vliv učení se ze samotných testů byl v obou skupinách minimální.

5.3 Experiment Newtonovy zákony

5.3.1 Charakteristika výzkumu

Vzhledem k tomu, že na prvním experimentu se podílel pouze autor práce, bylo vhodné ověřit, zda bude využívání autorských nástrojů efektivní i ve výuce vedené jinými učiteli. K tomuto účelu byl připraven další experiment za účasti více učitelů a skupin žáků. Výzkumné otázky i metodologie zůstaly stejné. Reagovali jsme tak na možné slabiny předcházejícího výzkumu, zejména na to, že jeho výsledky by mohly záležet na samotném experimentátorovi.

Jednotlivé výzkumy byly opět realizovány ve dvou skupinách a s využitím rotace proměnných, přičemž jako skupiny byly vybrány paralelní třídy z různých škol. Nejdříve byl experiment uskutečněn na českobudějovickém Gymnáziu J. V. Jirsíka, poté byl opakován na českobudějovické Střední odborné škole mechanizační a veterinární České Budějovice (www.soscb.cz) a Gymnáziu Jihlava (www.gymji.cz). V každém experimentu vyučoval jiný učitel. Z výsledků těchto experimentů lze usuzovat na vliv DZO na výsledky experimentů a také na to, zda jsou autorské nástroje vhodným doplňkem výuky i pro jiné učitele.

V omezené formě byl tento experiment realizován také autorem práce, a to jak v prvním ročníku čtyřletého gymnázia, tak i v tercii osmiletého gymnázia J. V. Jirsíka. Výsledkům tohoto dílčího experimentu se budeme věnovat zvlášť.

Z hlediska časových možností bylo nutné vybrat vhodný ročník, ve kterém by v různých školách bylo probíráno stejné učivo do stejné hloubky. Aby byly

minimalizovány různé proměnné, ovlivňující experiment, mělo by vybrané téma navíc být probírané v podobném termínu.

Oproti předchozímu tématu jsme chtěli zvolit téma zpracované i v jiných výzkumech a – vzhledem k zapojení různých škol – i časově co nejméně náročné.

Proto jsme jako výzkumnou oblast zvolili Newtonovy zákony. Toto téma je probíráno na různých školách na podobné úrovni. Jeho výhodou je i relativně malá časová náročnost. S tím souvisela i oblast otázek – oproti experimentu mechanické kmitání a vlnění jsme zvolili otázky, zjišťující pochopení tématu, a otázky teoretické. Otázky na orientaci v grafickém zobrazení byly vynechány. Cílem tohoto experimentu mělo být pouze ověření, zda experimenty, realizované jinými učiteli, povedou k obdobným výsledkům, jakých dosáhl autor.

Smyslem zařazení teoretických otázek bylo zjistit případné rozdíly mezi jednotlivými třídami, neboť, jak se ukázalo v experimentu „mechanické kmitání a vlnění“, jsou otázky tohoto typu nezávislé na experimentálním zásahu. Toto tvrzení bylo samozřejmě ještě testováno.

Úlohy byly opět orientované na pochopení učiva a miskoncepty a na míru jejich ovlivňování autorskými nástroji. K tomuto účelu byly využity otázky z různých výzkumů, zabývajících se miskoncepce [91].

Oproti tématu „mechanické kmitání a vlnění“ je téma Newtonových zákonů specifické tím, že žáci mají v této oblasti více znalostí, zároveň jsou však tyto znalosti doprovázeny mnoha miskoncepce, které jsou zpravidla inertní vůči působení učitele [91]. Proto je tato oblast pro učitele velmi náročná. V první řadě by učitel měl mít o těchto miskoncepce představu, aby věděl, na jaké konkrétní problémy se má zaměřit. Zde opět vystupují do popředí jeho DZO.

Protože byl experiment realizován na různých školách, budeme pro přehlednost v jednotlivých kapitolách nejdříve popisovat společné postupy či předpoklady a v podkapitolách rozebereme případné rozdíly.

Gymnázium J. V. Jirsíka

Na této škole byl experiment realizován učitelem s aprobační fyzika-matematika pro SŠ s roční učitelskou praxí. Učitel měl zkušenosti s prací s autorskými nástroji z předchozího školního roku. Byl s nimi seznámen autorem práce a využíval je v jedné laboratorní úloze. V oblasti využívání ICT při výuce měl pokročilé znalosti.

Jeho znalosti žákovských miskoncepcí byly minimální, což bylo způsobeno zejména krátkou praxí. Z oblasti konstruktivismu, neměl dostatečné znalosti. Proto byly v rámci přípravy experimentu diskutovány i didaktické souvislosti.

Gymnázium Jihlava

Na jihlavském gymnáziu prováděl experiment učitel s aprobací fyzika-výpočetní technika pro SŠ s tříletou praxí na VŠ (výuka na katedře fyziky PF JČU) a pětiletou praxí na Gymnáziu Jihlava. I když je v oblasti využití ICT velmi zkušený (správce školního informačního systému) a zároveň má zkušenosti s tvorbou vlastních simulací (modelování v MS Excel a Delphi), neměl dosud žádné znalosti o autorských nástrojích. Rovněž jeho znalost konstruktivismu byla minimální. Proto byl v rámci přípravy experimentu řešen také didaktický rozměr využití simulací. I přes neznalost konstruktivismu znal obvyklé miskoncepce žáků, což nejspíše souvisí s jeho delší praxí.

Střední odborná škola mechanizační a veterinární Č. Budějovice

V tomto případě experiment prováděl učitel s aprobací Fyzika-Výpočetní technika pro SŠ s osmiletou praxí. Jeho znalosti z didaktiky byly na dobré úrovni a díky delší praxi měl dostatek zkušeností s miskoncepty žáků.

5.3.2 Charakteristika zkoumaného vzorku

Gymnázium J. V. Jirsíka

Jako v ostatních experimentech byl použit skupinový výběr. Šlo o žáky prvních ročníků gymnázia J. V. Jirsíka, přijatých na základě jejich studijních výsledků ze základní školy. Stejně jako v experimentu „mechanické kmitání a vlnění“ bylo dělení do jednotlivých skupin realizováno podle výběru cizích jazyků. V experimentu se pracovalo se dvěma skupinami B, C, v jednotlivých skupinách bylo 31 a 32 žáků, což opět usnadnilo statistické vyhodnocení výsledků. Výzkumy v obou skupinách probíhaly souběžně. Ve všech skupinách probíhal výzkum po dobu dvou vyučovacích hodin.

Gymnázium Jihlava

Experimentu se zúčastnily opět dva první ročníky gymnázia, žáci byli přijímáni na základě přijímacího řízení. Protože šlo o dvě různé třídy (třída se všeobecným učebním plánem a třída zaměřená na sport), lišily se podmínky jejich přijetí (třída se sportovním zaměřením dělala mimo přijímacích zkoušek ze studijních předpokladů také talentové zkoušky) a také jejich klasifikace. I když třídy nebyly rovnocenné, domníváme se, že

vlivem rotace faktorů byly případné rozdíly minimalizovány. Pro validitu experimentu bylo důležité, že třída s horšími studijními výsledky se experimentu zúčastnila jako kontrolní i jako experimentální. Třidu s všeobecným zaměřením dále označíme jako skupinu G a třídu se sportovním zaměřením jako třídu S. Třídy S a G navštěvovalo 24 a 31 žáků.

Střední odborná škola mechanizační a veterinární Č. Budějovice

Experimentu se účastnili žáci prvních ročníků oboru „Zemědělská mechanizace a služby“ a „Výpočetní technika a služby“. Zájemci o studium byli přijímáni dle studijních výsledků na ZŠ, přijímací zkoušky nebyly prováděny. V obou skupinách byli žáci se zájmem o techniku, ale ve srovnání s gymnáziem s horšími studijními výsledky na ZŠ. Obě třídy navštěvuje shodně 32 žáků. Třídy byly pro odlišení označeny jako 1 a 2.

5.3.3 Sběr dat

Z důvodu konzistence jednotlivých experimentů a návaznosti na realizovaný experiment „mechanické kmitání a vlnění“ byl použit stejný způsob sběru dat. Ve všech skupinách byl tedy využit stejný pretest, obsahující teoretické otázky, otázky zjišťující pochopení 1. Newtonova zákona a otázky zjišťující pochopení 3. Newtonova zákona. 2. Newtonův zákon byl vynechán, protože oproti zbývajícím pohybovým zákonům je formulován ve formě rovnice, která poskytuje jen malý prostor k testování pochopení. Zadání testu s vyznačením typu úloh je uvedeno v příloze Q.

Protože v tematické oblasti Newtonových zákonů je – ve srovnání s oblastí kmitání a vlnění – grafický přístup podružný, byly otázky rozděleny pouze na oblast otázek teoretických a otázek zaměřených na pochopení. Teoretické otázky byly čerpány z učebnice fyziky [166], otázky zaměřené na pochopení byly čerpány z výzkumů, shrnutých v knize [91].

5.3.4 Statistické vyhodnocení

Stejně jako v experimentu „mechanické kmitání a vlnění“ jsme výsledky experimentů vyhodnotili statisticky. Opět jsme u každého žáka sečetli body za úlohy, zjišťující pochopení 1. nebo 3. Newtonova zákona, a stanovili rozdíl mezi posttestem a pretestem, vyjadřujícím míru zlepšení jednotlivých žáků ve sledované oblasti.

Výsledné bodové hodnocení, konkrétně průměrné zlepšení v posttestu vůči pretestu, bylo porovnáváno t-testem kvůli zjištění, zda jsou případné rozdíly mezi skupinami statisticky významné.

5.3.5 Didaktický pohled na vytvořené simulace

Stejně jako dříve jsme při návrhu simulací vycházeli z didaktických předpokladů práce, tedy z teorie konstruktivismu. Proto byly nejdříve identifikovány zásadní miskoncepce žáků, abychom je mohli vzít v potaz při tvorbě simulací. Díky tomu, že oblast Newtonových zákonů je po didaktické stránce rozpracována širěji než oblast mechanického kmitání a vlnění, nemuseli jsme vycházet jen z individuálních představ jednotlivých učitelů, ale také z publikovaných studií [91].

Zákon setrvačnosti v Algodoo

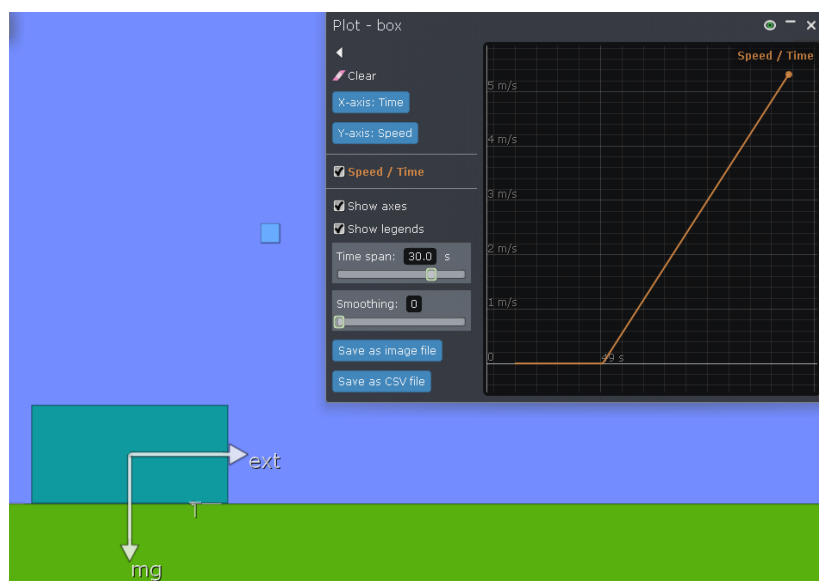
Jako příklad využití autorského nástroje v experimentu Newtonovy zákony rozebereme simulaci k zákonu setrvačnosti.

Jak upozorňuje literatura [91], žáci nejčastěji spojují pohyb tělesa s jakousi „pohybovou“ silou. Pokud se těleso pohybuje, má „v sobě“ tuto sílu a ta se při pohybu zmenšuje, takže se těleso nakonec zastaví. To koresponduje s vědeckým miskonceptem Aristotela, který tvrdil, že k pohybu je zapotřebí síly. Ostatně tuto představu má dodnes velká část populace, nezávisle na dosaženém vzdělání.

Pokud chceme tuto miskoncepci u žáků napravit (akomodovat, neboli změnit ji na správnou koncepci [91]) musíme vytvořit simulaci, která bude demonstrovat nereálnost takových představ.

S využitím autorského nástroje Algodoo je příprava jednoduchá. Můžeme například pouze vytvořit podložku a na ní umístit těleso, v našem případě obdélník. Působení sil na těleso lze realizovat pomocí klávesnice, nebo např. myši či na interaktivní tabuli. V programu zapneme zobrazení sil a vložíme graf, zobrazující průběh rychlosti v čase. Toto je nejlépe provádět přímo ve výuce a žákům přitom vysvětlovat, co právě děláme a co chceme reprezentovat.

Před spuštěním simulace můžeme s žáky diskutovat, co se stane, pokud budeme na těleso působit silou a co se stane, pokud silou přestaneme působit, a proč. Díky zobrazení sil máme přehled o všech silách, působících na těleso. Ukázka simulace je na obr. 6.



Obrázek 6 Ukázka simulace k výuce zákona setrvačnosti

Při diskuzi se můžeme ptát, proč se těleso zastaví a v jakém případě by se pohybovalo stále stejnou rychlostí. Tvrzení žáků snadno ověříme v prostředí Algodoo zapnutím/vypnutím příslušných sil. Nejobtížnější je pro studenty otázka typu: „Co by muselo být splněno, aby se těleso pohybovalo stále stejně rychle?“. Algodoo umožňuje nastavit jak velikost odporových sil, tak i velikost tažné síly.

V tomto případě nám autorské nástroj umožňuje do hloubky rozebrat konkrétní situace, související s pohybem tělesa. Klasickým experimentem ve školních podmínkách zdaleka není možné tohoto dosáhnout. Určitě by např. nebylo snadné v reálném experimentu porovnávat a měnit síly, působící na těleso.

Z velkého množství již hotových simulací určených pro výuku [43,44,45,56,60,61], jsme nenalezli žádnou vhodnou pro Newtonovy zákony. To platí pro všechny zúčastněné experimentátory. Přitom vytvoření vlastní simulace zabere zkušenému uživateli méně času než hledání a zkoušení simulace již vytvořené.

Je však potřeba zdůraznit, že návrh a použití této simulace byly založeny na znalostech miskonceptů žáků a na vlastním způsobu výuky autora práce. Jiný učitel by

samozejmě mohl použít jinou simulaci nebo jiný postup. Proto jsou v přílohách R a S předvedeny simulace, použité na zapojených školách v obou experimentech.

V experimentu bylo nutné každou simulaci, použitou v experimentální skupině, nahradit vhodnou alternativou ve skupině kontrolní. V tomto případě jsme použili video z vesmírné stanice, ve které astronauti díky stavu beztíže vysvětlují 1. Newtonův zákon na různých situacích [167].

5.3.6 Výsledky experimentu Newtonovy zákony

Pro všechny školy zde uvedeme výsledky porovnání skupin v pretestech – aby byly naše výsledky reliabilní, musíme zjistit, zda jsou zapojené třídy rovnocenné (nulová hypotéza). Vyhodnocení probíhalo opět oboustranným t-testem. V tabulce 7 uvádíme p-hodnotu pro skupiny z jednotlivých zúčastněných škol.

Tabulka 7 Výsledky pretestů Newtonovy zákony

Škola	GJVJ		GYM_JI		SOS_CB	
skupina	B	C	S	G	1	2
průměr bodů v pretestu	0,70	0,65	0,52	0,77	0,53	0,45
p-hodnota	0,78		0,31		0,8	

U všech zúčastněných škol dosáhli žáci horších výsledků u otázek, zaměřených na pochopení 1. Newtonova zákona, než u otázek, zjišťujících míru pochopení 3. Newtonova zákona. To souvisí s velmi rozšířenou a již zmiňovanou miskoncepcí o „pohybové“ síle. Tohoto zjištění jsme využili dále v dílčích experimentech.

Vyhodnocení kvaziexperimentů provedeme pro každou školu zvlášť, přičemž uvedeme výsledky ve všech sledovaných oblastech. Protože teoretické otázky nebyly závislé na experimentálním zásahu a byly shodné pro oba kvaziexperimenty, vyhodnocujeme je oboustranným t-testem. Zjišťujeme tak, zda je mezi dvěma třídami stejné školy rozdíl ve výsledcích u otázek, zaměřených na reprodukci učiva.

Gymnázium J. V. Jirsíka

Jako skupina experimentální byla zvolena u 1. NZ skupina B (GJVJ_B), jako skupina kontrolní skupina C (GJVJ_C). V případě kvaziexperimentu 3. NZ byly skupiny vyměněny.

Experimentu se zúčastnilo 30 žáků ve skupině kontrolní a 31 ve skupině experimentální. Výsledky experimentu uvádíme v tabulce 8.

Tabulka 8 Výsledky experimentu Newtonovy zákony GJVJ

	Otázky		
	1. NZ	3.NZ	Teoretické
Experimentální	23%	26%	18%
Kontrolní	13%	15%	17%
p-hodnota	0,046	0,03	0,95
ES	0,52	0,57	0,02

V případě úloh, zaměřených na pochopení, bylo zlepšení experimentální skupiny statisticky významně vyšší než u skupiny kontrolní (p-hodnota zjištěná pro 1. NZ 0,046, pro 3. NZ 0,03). Můžeme tedy zamítnout nulovou hypotézu a přijmout hypotézu alternativní: „Využívání autorských nástrojů vede k prokazatelnému zlepšení žáků v oblasti pochopení a aplikace učiva“. V oblasti teoretických úloh byly výsledky obou skupin stejné (p-hodnota 0,95), nulovou hypotézu tak nemůžeme zamítnout. V souvislosti s výsledky experimentu ‚mechanické kmitání a vlnění‘, ze kterých vyplynulo, že autorské nástroje nemají na zlepšení žáků u otázek typu T vliv, můžeme obě skupiny označit za rovnocenné. Zjištěný ES je pro dílčí kvaziexperimenty roven 0,52 a 0,57. To je sice méně, než požadovaných 0,7, ale stále se dle Cohena [146] jedná o vysoký účinek experimentálního zásahu.

Gymnázium Jihlava

Experimentální skupinou u 1. NZ byla zvolena skupina GYMJI_S, kontrolní skupinou byla třída GYMJI_G. U 3. NZ byly skupiny přehozeny.

Ze skupiny GYMJI_S se experimentu zúčastnilo 24 žáků, ze skupiny GYMJI_G se zúčastnilo žáků 30.

I v tomto experimentu můžeme na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zamítnout příslušnou nulovou hypotézu a přijmout tvrzení, že „využívání autorských nástrojů vede k prokazatelnému zlepšení žáků v oblasti pochopení a aplikace učiva“. Pro experiment 1. NZ byla zjištěna p-hodnota 0,036, pro 3. NZ byla p-hodnota dokonce 0,0003. Výsledky u teoretických otázek byly mezi oběma skupinami také výrazné, ale ne statisticky signifikantní. To dle našeho názoru souvisí se zaměřením tříd – třída GYMJI_S byla

sportovní třídou a třída GYMJI_G byla z obvyklého čtyřletého gymnázia. V obou případech byla hodnota ES vyšší, než 0,6. V případě 3. NZ byla zjištěna hodnota ES vyšší, než námi zvolených 0,7. Vliv autorských nástrojů mezi skupinami má tedy vysoký účinek. Výsledky experimentu jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9 Výsledky experimentu Newtonovy zákony Gymnázium Jihlava

	Otázky		
	1. NZ	3.NZ	Teoretické
Experimentální	21%	28%	8%
Kontrolní	11%	8%	19%
p-hodnota	0,036	0,0003	0,135
ES	0,625	0,763	-0,345

Střední odborná škola mechanizační a veterinární Č. Budějovice

Z této školy se experimentu zúčastnilo 29 žáků ze třídy SOS_1 a 30 žáků ze třídy SOS_2. Třída SOS_1 byla experimentální skupinou v kvaziexperimentu 3. NZ a třída SOS_2 byla experimentální skupinou v kvaziexperimentu 1. NZ. V tabulce 10 jsou uvedeny výsledky tohoto experimentu.

Tabulka 10 Výsledky experimentu Newtonovy zákony SOŠ ČB

	Otázky		
	1. NZ	3.NZ	Teoretické
Experimentální	18%	21%	11%
Kontrolní	7%	9%	14%
p-hodnota	0,031	0,018	0,339
ES	0,731	0,812	-0,111

Stejně jako na předchozích školách i zde došlo ke zlepšení experimentálních skupin, přičemž vyšší zlepšení bylo u experimentu 3. NZ. I v tomto případě tak můžeme přijmout hypotézu „Využívání autorských nástrojů vede k prokazatelnému zlepšení žáků v oblasti pochopení a aplikace učiva“. Pro kvaziexperiment 1. NZ: p-hodnota=0,031, pro kvaziexperiment 3. NZ je p-hodnota=0,018. Výsledky v otázkách, zaměřených na reprodukci učiva byly v obou skupinách téměř shodné. V obou skupinách byla zjištěna míra účinku vyšší než 0,7, využití autorských nástrojů má tedy silný účinek.

5.3.7 Celkové vyhodnocení experimentu Newtonovy zákony

Už při pretestu se potvrdilo, že výsledky žáků odpovídají výsledkům v experimentech, zaměřených na miskoncepce [91]. Ukázalo se, že žáci dokáží reprodukovat učivo, typickým příkladem je otázka č. 3: Jaké účinky má působení síly na těleso? Na tuto otázku odpovědělo správně 22 % v pretestu, v posttestu 45%. Stejně tak byli žáci úspěšní u otázky č. 1: Napište 1. Newtonův zákon. Zde byla v pretestu 9% úspěšnost, v posttestu de úspěšnost zvedla na 38 %.

Zato u otázek na pochopení byla situace opačná. Přestože jsou žáci schopni napsat 1. Newtonův zákon, nedokáží jej použít při řešení konkrétní úlohy.

Jako příklad lze uvést porovnání výsledků ze zmiňované úlohy č. 1 a úlohy č. 7: Jaké síly působí na míček, který jste vyhodili svisle vzhůru, ve vyznačených bodech? V pretestu správně odpovědělo pouhé 1 % žáků, v posttestu odpovědělo správně už 14 % dotázaných.

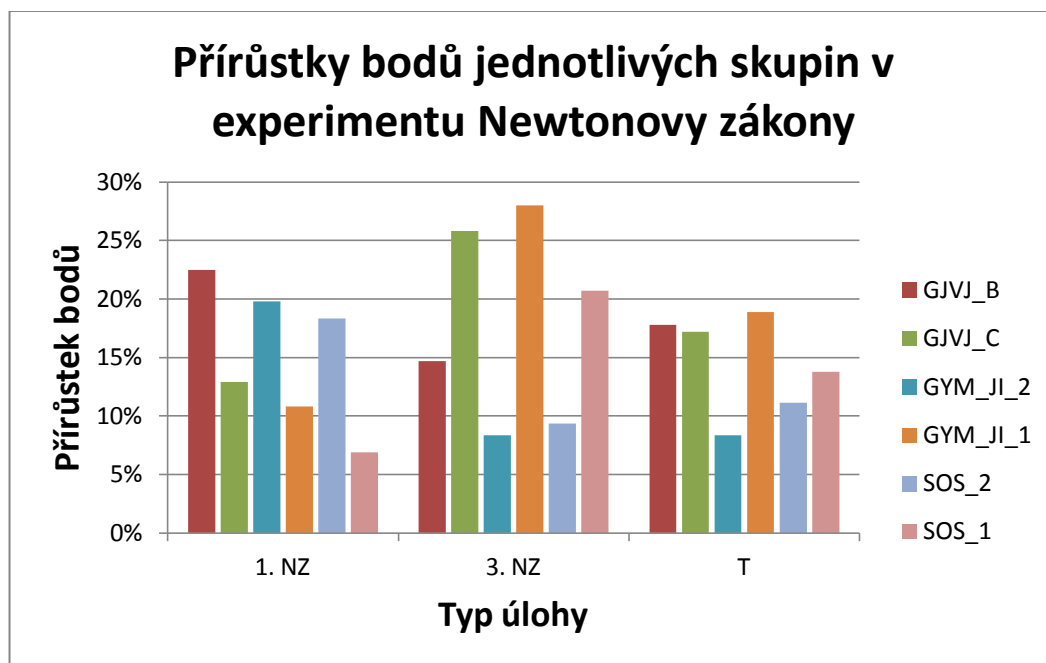
Obdobně jako u předcházejícího experimentu ‚kmitání a vlnění‘ byly sečteny výsledky skupin ze všech zúčastněných škol, a to tak, že výsledky kontrolních skupin v prvním experimentu byly sečteny s výsledky kontrolních skupin ve druhém experimentu. Stejně byly sečteny výsledky experimentálních skupin. K vyhodnocení jsou také připojeny výsledky žáků v teoretických otázkách, zaměřených na reprodukci učiva. Výsledky statistického vyhodnocení jsou uvedeny v tabulce 11.

Tabulka 11 Porovnání výsledků zapojených skupin v jednotlivých typech úloh

skupina	Pochopení učiva	Teoretické otázky
Experimentální	23%	15%
Kontrolní	11%	
p-hodnota	10^{-7}	
ES	0,58	

Z vyhodnocování jednotlivých úloh vyplývá, že miskoncepce v oblasti Newtonových zákonů jsou ve výzkumném vzorku shodné s miskoncepce v podobných výzkumech. To koresponduje se zjištěním výzkumů, které [91] shrnuje do poznatku, že prekoncepty žáků nezávisí na typu školy, národnosti a státní příslušnosti. Pokud tedy dáme toto tvrzení do souvislosti s tímto výzkumem, můžeme výsledky tohoto experimentu (alespoň v oblasti miskoncepce) zobecnit na širší populaci.

Výsledky všech zapojených tříd reprezentujeme na obrázku 7. Jednotlivé sloupce grafu zobrazují zlepšení třídy v daném typu úloh (pochopení 1. NZ, pochopení 3. NZ a otázky na reprodukci učiva). Výsledky jednotlivých zapojených škol prezentujeme výše. Kompletní vyhodnocení všech škol je uvedeno v příloze T.



Obrázek 7 Přírůstky bodů zapojených škol v experimentu Newtonovy zákony

V případě teoretických otázek jsme neprováděli žádné další vyhodnocení, protože byly stejné jak pro kontrolní, tak experimentální skupinu. Uvádíme u nich tedy pouze jen průměrné zlepšení v procentech. Tato hodnota je vyšší, než zlepšení u kontrolní skupiny v otázkách zjišťujících pochopení učiva. I z toho je zřejmé, že pochopení učiva je pro žáky obtížnější, než jeho reprodukce. Tento rozdíl je navíc statisticky významný (p-hodnota pro jednostranný t-test, porovnávající výsledky kontrolní skupiny a výsledky teoretických otázek, je rovna 0,04).

Rozdíl mezi výsledky experimentálních a kontrolních skupin je statisticky významný (p-hodnota 10^{-7}). Po započtení všech výsledků tedy na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zamítáme nulovou hypotézu a přijímáme alternativní hypotézu „**Využívání autorských nástrojů vede k prokazatelnému zlepšení žáků v oblasti pochopení a aplikace učiva.**“. Rozdíly výsledků kontrolních a experimentálních skupin jsou uvedeny na obrázku 8.



Obrázek 8 Celkové přírůstky bodů za všech dílčích experimentů Newtonovy zákony

I když určená velikost účinku nebyla v očekávané úrovni (0,58 místo očekávané hodnoty 0,7), odpovídá velikost účinku stále silnému vlivu. Abychom nesprávně nezamítli nulovou hypotézu, je vhodné provést power analýzu. Z daného počtu respondentů 350 žáků (kontrolní i experimentální skupina měla 175 respondentů) a velikosti účinku jsme určili hodnotu power. Ta dosáhla hodnoty 0,9999. Tato hodnota výrazně přesahuje požadovaných 0,8. Díky výsledkům power analýzy a t-testu a také díky velkému rozsahu vzorku tak můžeme považovat výsledky za dostatečně robustní a průkazné.

5.4 Dílčí experiment Newtonovy zákony

5.4.1 Charakteristika výzkumu

Výše popsané experimenty na Newtonovy zákony realizovali učitelé, seznámení s prací s autorskými nástroji. Aby byl počet zúčastněných učitelů vyšší a také proto, aby bylo zjištěno, jaký je dopad využití autorských nástrojů na věkově mladší žáky, byl tento experiment realizován také autorem práce. Protože nebyly k dispozici dvě rovnocenné třídy (skupiny B a C byly do výzkumu již zapojeny), byl realizován pouze dílčí experiment, v němž jedna a táž třída byla pro jeden výzkum použita jako skupina

experimentální a pro druhý výzkum jako kontrolní. K experimentálnímu působení byla vybrána obtížnější oblast, tedy 1. Newtonův zákon, v němž byly výsledky žáků v předchozích výzkumech nejhorší. 3. Newtonův zákon byl vyučován tradičně. Výzkumu se zúčastnily dvě rozdílné třídy – první ročník čtyřletého gymnázia (skupina A) a tercie osmiletého gymnázia (skupina T). Experiment probíhal jako v ostatních skupinách – byl zadán pretest, při výuce tématu 1. NZ byl využit autorský nástroj, při výuce 3. NZ byly použity experimenty a videonahrávky. Pak byl zadán posttest.

Výsledky experimentu

Výsledky obou tříd uvádíme v tabulce 12 zvlášť. Připomínáme, že každá třída byla v případě 1. NZ skupinou experimentální a v případě 3. NZ skupinou kontrolní. P-hodnota je určena z výsledků jednostranného t-testu, jeho parametry jsou přírůstky bodů v jednotlivých tématech. Kompletní hodnocení uvádíme v příloze U.

Tabulka 12 Výsledky dílčího experimentu Newtonovy zákony

třída	1. NZ	3. NZ	Teoretické	p-hodnota
GJVJ_A	37%	23%	38%	0,011
GJVJ_T	14%	3%	32%	0,019

Vyhodnocení experimentu

V obou třídách došlo k statisticky významnému zlepšení v oblasti 1. Newtonův zákon ve srovnání s oblastí 3. Newtonův zákon. P-hodnota, opravňující nás k zamítnutí nulové hypotézy byla u skupiny GJVJ_A rovna 0,011, u třídy osmiletého gymnázia GJVJ_T byla vypočítána p-hodnota 0,019.

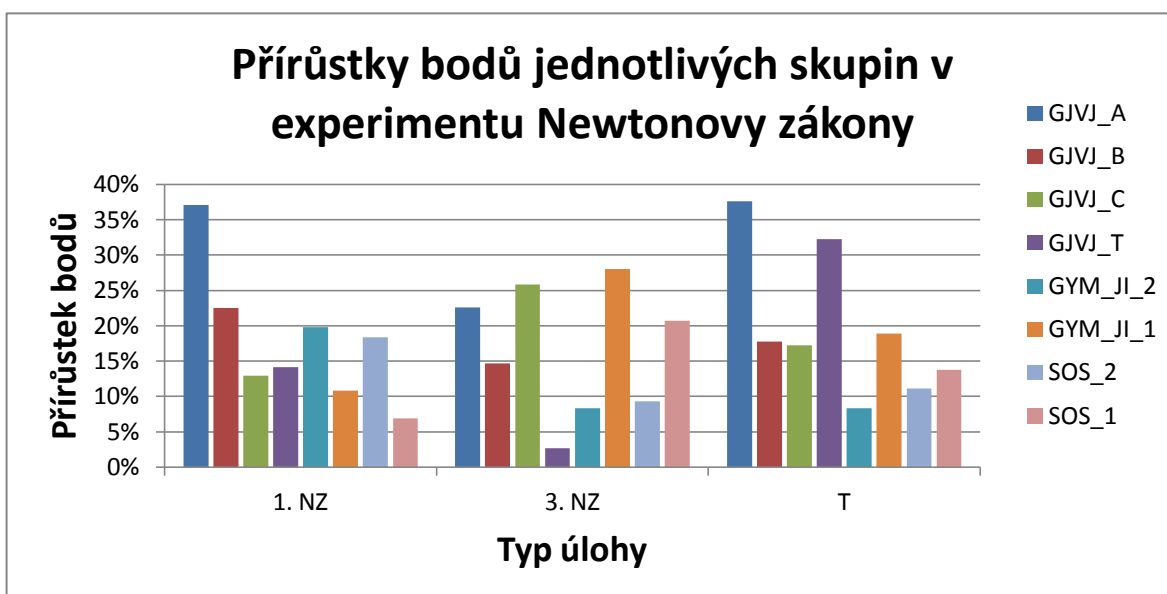
Z porovnání s ostatními experimenty jsou nejvíce překvapující výsledky pretestu u skupiny GJVJ_T – tato třída, odpovídající osmé třídě ZŠ, dosáhla v pretestu nejlepších výsledků, v některých případech i více než pětikrát vyšších, než ostatní skupiny. V této třídě byli dále žáci, kteří odpověděli správně na většinu otázek už v pretestu, takže jejich zlepšení nemohlo pochopitelně být nijak výrazné. Jako příklad lze uvést vítěze okresního kola FO, který odpověděl správně na 11 otázek z 12.

Z výsledků posttestu je zajímavý výsledek třídy A, která – i když byla v pretestu srovnatelná s ostatními třídami – dosáhla v posttestu nejlepších výsledků. Pokud tyto výsledky porovnáme s výsledky skupiny GJVJ_B, která byla experimentální v případě 1. NZ, zjistíme, že jsou na hladině $\alpha=0,05$ statisticky významně rozdílné (p-hodnota je rovna 0,015). Domníváme se, že tento rozdíl je způsoben různě dlouhou praxí obou

učitelů. Vyučující ve skupině A se při návrhu simulací v autorských nástrojích i v jejich následném využití při výuce využil znalosti obvyklých žákovských miskoncepcí.

Tyto výsledky nelze rovnocenně započítávat do celkových výsledků experimentu ‚Newtonovy zákony‘, protože neprobíhaly stejně jako ostatní kvaziexperimenty. Nicméně je bereme jako další potvrzení smyslu využití autorských nástrojů. K experimentálnímu působení byla vybrána obtížnější oblast prvního Newtonova zákona. Zlepšení skupiny tak není dáno jednoduchostí tématu, jediným dalším rozdílem je tak využití autorských nástrojů.

Graficky jsou výsledky uvedeny na obrázku 9. V tomto grafu jsou uvedeny všechny skupiny, které se účastnily výzkumů na Newtonovy zákony.



Obrázek 9 Přírůstky bodů všech skupin v experimentu Newtonovy zákony

Na grafu jsou uvedeny výsledky všech zapojených skupin z otázek zaměřených na pochopení 1. NZ, pochopení 3. NZ a otázek na reprodukci učiva.

5.5 Závěry z experimentů

V obou experimentech ‚mechanické vlnění a kmitání‘ a ‚Newtonovy zákony‘ bylo na zvolené hladině významnosti 5% prokázáno, že využití autorských nástrojů má pozitivní vliv na pochopení a aplikaci učiva fyziky ve sledovaných tematických oblastech. Vzhledem k tomu, že byly pokryty odlišné oblasti učiva, lze předpokládat, že stejných výsledků bychom dosáhli i v dalších oblastech. Tomu nasvědčují i výsledky

výzkumů [112], ve kterých bylo pozorováno zlepšení výsledků žáků díky využití ICT v širokém spektru tematických oblastí.

Společným cílem obou experimentů bylo zjistit, jaký vliv mají autorské nástroje na pochopení učiva. Díky volbě tematických celků a způsobu provedení experimentů můžeme zjištění ještě rozšířit.

V případě experimentu „mechanické kmitání a vlnění“ jsme zjistili, že na zvolené hladině statistické významnosti nelze prokázat, že autorské nástroje mají kladný vliv na orientaci v grafickém záznamu kmitavého pohybu a mechanického vlnění. Podobně bylo zjištěno, že na hladině významnosti $\alpha=0,05$ není rozdíl v reprodukci učiva mezi kontrolní a experimentální skupinou. Otázky zaměřené na reprodukci učiva tak můžeme považovat za inertní vůči vlivu autorských nástrojů. K témuž poznatku jsme dospěli v experimentu Newtonovy zákony. Ve skupinách z různých škol a s různými učiteli byly rozdíly ve výsledcích v těchto typech úloh statisticky nevýznamné. Díky tomu můžeme výsledky ze všech experimentů považovat za konzistentní.

Díky vysokému počtu zapojených žáků (celkem ze všech experimentů zúčastnilo 233 žáků v kontrolních a 235 v experimentálních skupinách) považujeme naše zjištění za zobecnitelné. K tomu nás opravňuje i zjištění, že miskoncepty v oblasti Newtonových zákonů byly obdobné jako v jiných výzkumech [91].

Domníváme se, že výsledky našich výzkumů mohou být počátkem dalšího, zejména kvalitativního bádání v oblasti autorských nástrojů, chápání učiva žáky i DZO učitelů. Bohužel vzhledem k současné situaci v oblasti základního školství je velmi obtížné najít skupiny dostatečně početné, aby bylo možné provádět kvantitativní výzkum i na tomto stupni vzdělávání. Přitom právě tato oblast je vzhledem k akomodaci miskonceptů žáků i kvůli vybudování postojů k fyzice pro vzdělávání podstatná. Pro didaktiku by bylo přínosné zjistit, jaký je z pohledu žáků rozdíl v chápání učiva, reprezentovaném demonstračním pokusem a pomocí simulace či animace, vytvořené v autorském nástroji. Realizovaný výzkum ukázal, že prostřednictvím autorských nástrojů může učitel lépe reagovat na miskoncepce žáků. Simulaci lze navíc v autorském nástroji v průběhu výuky modifikovat jednodušeji než demonstrační pokus.

Je nutné zdůraznit, že v obou skupinách probíhala výuka – až na použití autorských nástrojů – stejně, v obou skupinách byla vedena konstruktivisticky. Při výuce byly využívány podobné modely či reálné situace ze života, popisující fyzikální popis reality. V kontrolních skupinách byl místo autorských nástrojů co nejvíce využíván demonstrační

experiment, nebo videonahrávky experimentů či myšlenkové experimenty. Výhodou využití autorských nástrojů oproti demonstračnímu experimentu je zejména kontrola učitele nad chápáním učiva žáky a možnost připravit takové situace, při kterých se případné miskoncepce projeví. Toto se projevilo na několika miskoncepcích, zmiňovaných u jednotlivých didaktických experimentů. Dalším efektem využití autorských nástrojů je i aktivnější zapojení žáků. Tím, že lze vytvořenou simulaci během výuky měnit, mohou žáci (i učitel) klást rozšiřující otázky a jím průběžně simulaci přizpůsobovat.

Mnozí učitelé mají bohaté zkušenosti a zpětnou vazbu z výsledků žáků, díky čemuž jsou schopni výuku přizpůsobovat jejich potřebám. To koresponduje s naším pohledem na autorské nástroje jako součásti DZO – jde o jeden ze způsobů reprezentace učiva. Ani autorské nástroje, ani ICT a jiné moderní technologie jistě nenahradí klasický demonstrační experiment, natož aby nahradily jedinečnost učitele. Všechny tyto technologie jsou ale vhodným doplňkem k reprezentaci učiva a schopnost ovládat je by měla být vlastní každému učiteli.

6 DALŠÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ AUTORSKÝCH NÁSTROJŮ

6.1 Využívání autorských nástrojů ve výuce fyziky

Experiment ukázal, že využití autorských nástrojů má pozitivní vliv na výsledky žáků v oblasti chápání učiva a jeho aplikací na problémové a praktické úlohy. Z tohoto důvodu i v souvislosti s výše uvedenými slabinami českých žáků v mezinárodních výzkumech má smysl autorské nástroje při výuce používat. K tomu je zapotřebí učitele fyziky vzdělávat. Využívání fyzikálních simulací je sice poměrně časté, avšak jen velmi málo učitelů autorské nástroje používá aktivně. Tento poznatek je ověřen jak z praxe, tak i na základě různých diskusí autora práce na konferencích a vzdělávacích akcích pro učitele. Jako zásadní problém vnímají učitelé časovou náročnost práce s autorskými nástroji, ta však ve skutečnosti může být minimální, ovšem učitelé musejí věnovat čas naučení se obsluze daného nástroje. I když je čas potřebný na dostatečné seznámení se s těmito relativně malými a v dlouhodobém porovnání s časem, potřebným na vyhledávání používaných simulací menší, nemají učitelé o práci v autorských nástrojích zájem. Malý zájem o autorské nástroje souvisí jistě také s konzervativním přístupem učitelů – raději se spoléhají na osvědčené metody, než aby věnovali čas novým metodám.

Dalším důvodem, proč učitelé nemají o využívání autorských nástrojů zájem, může být také to, že samotná práce s těmito nástroji není vázána na konkrétní metody výuky. Přitom učitelům často chybí hlubší vhled do učiva v souvislosti s DZO a s tím spojenou volbu vhodné reprezentace daného učiva. Nedoceňují přínos vytváření vlastních postupů (a to nejen simulací) k reprezentaci učiva. Tento problém je spíše psychodidaktického rázu: samotné simulace nedostačují, je nutné vědět proč a jak je použít a jaký by měly mít přínos pro výuku.

Stejně tak konstruktivistický přístup k výuce není často uplatňován, ačkoli je zejména v oblasti přírodovědného vzdělávání efektivní [90]. Právě pochopení učiva a schopnost aplikovat jej na konkrétní úlohy je pro žáky vhodnou zpětnou vazbou a motivací pro studium.

6.2 Autorské nástroje při přípravě budoucích učitelů

Jak již bylo v práci několikrát zmíněno, schopnost vytvářet a vhodně využívat vlastní výukový obsah pomocí autorských nástrojů považujeme za jednu ze součástí DZO, tedy za jednu z mnoha metod, které může učitel při výuce použít. I proto by měla být práce

s autorskými nástroji součástí přípravy budoucích učitelů. Trvalou součástí osnov didaktiky fyziky jsou fyzikální experimenty, které mají samozřejmě svůj význam. Přitom je ale zřejmé, že využití autorských nástrojů má oproti experimentům určité výhody, jmenujme alespoň variabilitu ve volbě podmínek experimentu, ve vlastnostech těles či možnost grafického znázornění vybraných veličin. V neposlední řadě materiální a finanční požadavky na použití autorských nástrojů jsou oproti demonstračním pomůckám minimální.

Práce v autorském nástroji přináší učitelům i možnost realizace vlastních představ a také je vede k důkladnému rozboru učiva v souvislosti s jeho reprezentací. Pokud chce učitel vytvářet vlastní výukovou simulaci, musí nejdříve sám dobře chápat danou látku a na základě vstupních znalostí žáků vybrat vhodný způsob, kterým bude látku vysvětlovat. Tento požadavek není tak triviální – učitel, který látku dobře chápe a je schopen ji vhodně transformovat do podoby, přístupné žákům, dokáže své znalosti lépe předávat. Toto je právě rozdíl, zmiňovaný Shulmanem [103], který rozlišuje vědce (fyzika) od učitele. Vědcovy znalosti jsou zaměřeny na výzkum a rozvoj poznání v dané oblasti, kdežto učitelovy znalosti jsou zaměřeny na pomoc žákům s pochopením učiva.

Z výše uvedeného a především z výsledků našich experimentů vyvozujeme, že práce s autorskými nástroji a schopnost reprezentace učiva pomocí fyzikálních simulací by měla být součástí přípravy budoucích učitelů fyziky. K tomu je však zapotřebí vliv autorských nástrojů dále zkoumat, aby mělo využívání autorských nástrojů smysl. Výzkumem v této oblasti tak bylo možné reagovat na poznatky Akreditační komise, vytýkající obecně doktorským studijním programům malý přínos v oblasti tvorby nových studijních materiálů či úloh předmětových olympiád [168].

Nabídka autorských nástrojů nezahrnuje pouze oblast fyzikálních simulací, proto by práce s těmito nástroji neměla být omezena jen na vzdělávání učitelů fyziky. Hlavním smyslem vývoje autorských nástrojů je zjednodušení publikování širokému spektru uživatelů, nezávisle na jejich znalostech ICT.

6.3 Další aktivity

Oblast použití autorských nástrojů není omezena jen na frontální výuku, lze je využít v dalších oblastech vzdělávání. Protože nároky na práci s autorskými nástroji jsou minimální, mohou s těmito programy pracovat i žáci. Stejně tak lze autorské nástroje

využít k tvorbě vlastních studijních materiálů či k předvedení těžko realizovatelných pokusů nebo modelů.

V následujícím textu budou popsány některé příklady použití autorských nástrojů, nezmiňované v experimentální části.

6.3.1 Využití autorských nástrojů při výuce laboratorních prací

Výhodou laboratorních prací s autorskými nástroji je mj. možnost opakování vybraného děje, změna parametrů těles, zpomalení pohybu či grafické znázornění určitých veličin.

Další výhodou je možnost simulovat úlohy, které jsou jinak těžko realizovatelné (zejména zákony zachování), protože je možné nastavit ideální podmínky. Pak je možné porovnat reálné děje (měřené tradičně pomocí měřidel) a děje idealizované v autorském nástroji.

Výhodou je také bezpečnost – lze simulovat elektrické obvody s libovolným napětím, a také možnost „undo“. Pokud např. dojde ke spálení virtuální součástky, lze se v simulaci vrátit zpět a obvod opravit. To v klasickém měření samozřejmě nelze. V autorem vedených laboratorních pracích na měření elektrického proudu žáci obvod nejdříve nasimulují v nástroji Yenka, vyzkouší jej a teprve poté sestaví reálný obvod. I zde pak mohou porovnat hodnoty ze simulace a hodnoty naměřené.

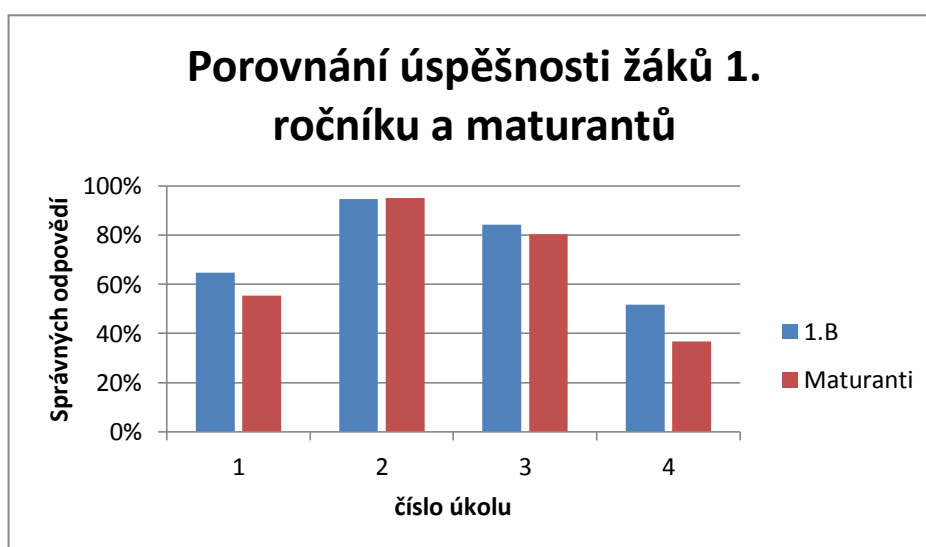
Laboratorní úlohy jsou nedílnou součástí přírodovědného vzdělávání. Smyslem těchto úloh je propojení teoretických znalostí s praktickým měřením. Trendem v oblasti přírodovědného vzdělávání jsou i „badatelské úlohy“ [114], při jejichž realizaci žáci sami objevují vybrané zákonitosti. K tomu lze používat jak vhodné laboratorní vybavení, tak nově i autorské nástroje.

Jako příklad zmíníme autorem realizovanou laboratorní úlohu na téma gravitační pole. Algodoo umožňuje jak zapínat/vypínat homogenní gravitační pole, tak i vytvářet gravitační pole v okolí vybraných těles. Lze simulovat homogenní i centrální gravitační pole.

V této laboratorní práci byly pro studenty připraveny čtyři jednoduché simulace, pomocí nichž měli zodpovědět na otázky týkající se gravitačního pole. Žáci pracovali po dvojicích, bez nápovědy učitele. Ke každé simulaci byly připraveny dotazníky s otázkami, na něž měli pomocí simulací odpovědět.

Úlohu vypracovávali žáci 1. ročníku gymnázia, navíc byli zapojeni žáci semináře z fyziky ze 4. ročníků. Žáci semináře téma gravitační pole probírali jak v 1. ročníku, tak i při přípravě k maturitě ve 3. ročníku. Žáci 1. ročníku nebyli dosud v této oblasti vzdělávání.

Z výsledků, zjištěných dotazníky, bylo provedeno jednoduché vyhodnocení, které je v grafické formě reprezentováno níže na obrázku č. 10. Zadání jednotlivých úkolů je dostupné na adrese <http://goo.gl/5XPyzx>.



Obrázek 10 Výsledky žáků při řešení úloh z tématu gravitační pole

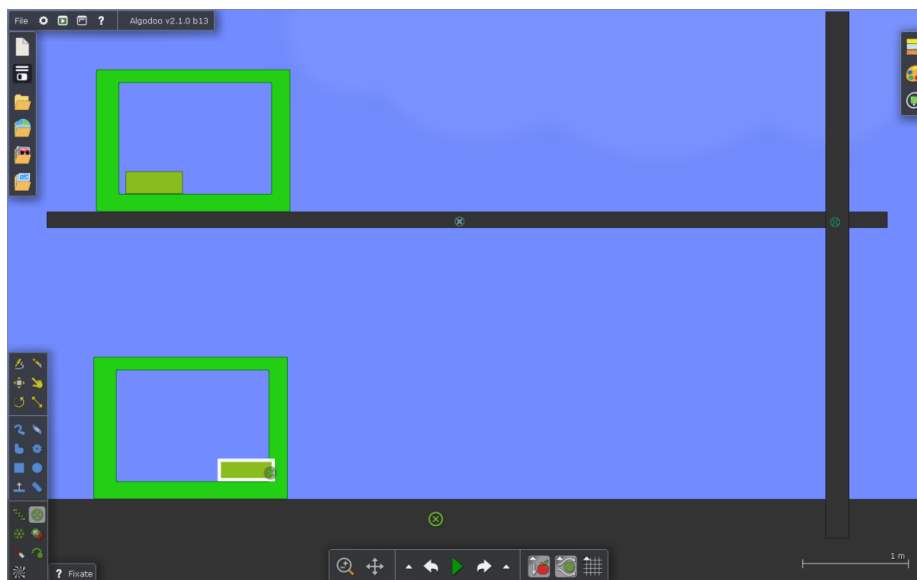
V rámci projektu *PROJEKT GJVJ 2012* (tzv. šablony pro SŠ) byly realizovány další laboratorní práce s využitím autorských nástrojů, konkrétně:

- ověření zákona zachování hybnosti a energie (Algodoo),
- řešení úloh na jednoduché a složité elektrické obvody (Yenka),
- Newtonovy zákony (Algodoo),
- mechanické vlnění (Yenka),
- zobrazovací rovnice čočky (Yenka).

U těchto simulací se ukázalo, jak důležitou možností využití autorských nástrojů je zapojení žáků. V některých úlohách si žáci simulace sami vytvářeli. K sestavení simulace potřebují žáci vlastní myšlenkový model. Teprve pak mohou hledat cesty, jak tento model v prostředí autorského nástroje realizovat. Přitom si ověřují reálnost tohoto svého modelu. Takový postup je časově náročný a vyžaduje od pedagoga individuální přístup k žákům. Ale jen tak se mohou uplatnit výhody ICT v plné míře.

6.3.2 Využití autorských nástrojů při tvorbě problémových úloh

Autorské nástroje lze úspěšně použít i při tvorbě různých problémových úloh. Jako příklad uvedeme úlohu typu „black-box“, realizovanou v Algodoo. Dvě navenek stejné krabice se chovají odlišně. Jsou-li rozpořehovány stejnou rychlostí, jedna krabice se od stěny odrazí a druhá ne. Úkolem žáků je na základě chování krabic určit, v čem se krabice liší.



Obrázek 11 Problémová úloha typu black-box v Algodoo

Pokud odkryjeme obdélník, zakrývající obsah krabic, uvidíme, že rozdíl je v umístění menšího obdélníku. Nakonec zbývá vysvětlit, proč má různá poloha menšího obdélníku vliv na odrazení krabic. U horní krabice bude po odrazu pokračovat vnitřní obdélník v původním pohybu a tak narazí do stěn krabice, které se po odrazu pohybuje opačným směrem. Výsledná rychlost obou těles pak závisí na jejich hmotnosti a rychlosti dle zákona zachování hybnosti.

Výhodou je možnost pokus libovolněkrát opakovat, měnit polohy a parametry všech těles. Nakonec i příprava simulace je mnohem rychlejší než případná realizace experimentu s reálnými krabicemi.

Dalším možným okruhem problémových úloh je téma Perpetuum mobile (PM). Výhodou autorských nástrojů je možnost rychlého vytvoření stroje podle předlohy i možnost nastavení ideálních podmínek. Právě možnost „zrušit“ odporové síly je v tomto

případě zásadní – častým argumentem návrhářů PM je to, že „zatím“ nemáme takové technologie, které by činnost PM umožňovaly, ale v budoucnu takové technologie jistě budou. Jednoduchým snížením tření a dokonalou pružností všech materiálů předvedeme, že žádný z návrhů nebude fungovat. Tímto tématem se podrobně zabývají články [169,170].

V této souvislosti stojí za zmínku, že se autorovi nepodařilo ani na black-box úlohu ani na PM najít na internetu žádné simulace. K PM existuje pouze mnoho animací, bez možnosti jakkoliv měnit parametry. Tyto animace navíc existenci PM nevyvracejí.

6.3.3 Využití autorských nástrojů při řešení úloh fyzikální olympiády

Autorské nástroje je možné využít i při řešení různých soutěží, např. fyzikální olympiády. V kategorii A 54. ročníku byla praktická úloha „Měření indukčnosti cívky“. Zadání úlohy znělo:

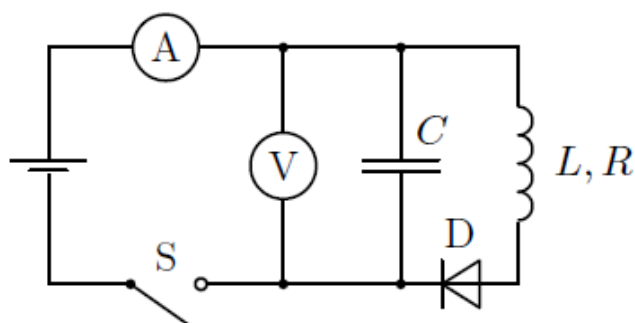
„Úkoly:

a) Sestavte obvod podle obrázku. Použijte zdroje o napětí přibližně 5 V (například plochou baterii), cívku 1200 závitů z rozkladného transformátoru, výkonovou diodu, stejnosměrný ampérmetr, stejnosměrný voltmetr, kvalitní kondenzátor o kapacitě alespoň $8 \mu\text{F}$ (ne elektrolytický) a páčkový spínač.

Měření proved'te:

- na cívce s uzavřeným jádrem,
- na cívce s rovným jádrem,
- na cívce bez jádra.

Kapacitu kondenzátoru změřte některou běžnou metodou (např. pomocí voltmetru a ampérmetru v obvodu střídavého proudu). Voltmetr by měl mít co největší odpor a rozsahy, např. 20 V a 200 V.



Obrázek 12 Zadání praktické úlohy FO

Při sepnutém spínači změřte proud I procházející cívkou a napětí U_1 na kondenzátoru. Pak přepněte voltmetr na vyšší rozsah (používáte-li ručkový přístroj, změňte také jeho polaritu) a rozepněte spínač...“ [171].

Praktické řešení úlohy vyžaduje materiální vybavení, které nemá každá škola k dispozici. Pokud má úlohu řešit více žáků najednou, je navíc nutné mít od každé součástky a měřidla více kusů. To je v současné době vzhledem k cenám učebních pomůcek problematické a učitele i žáky to může od řešení úloh odradit. Protože jde o práci s elektrickým proudem, je nutný dozor učitele.

Avšak je možné využít vhodný autorský nástroj k řešení úlohy – v tomto případě SW Yenka. Podle zadání žáci snadno sestaví obvod a pomocí grafu mohou pozorovat vybíjení kondenzátoru. K řešení úlohy není mimo nainstalovaného SW zapotřebí žádné zvláštní vybavení. Řešení úlohy je uvedeno v příloze V.

6.3.4 Využití autorských nástrojů v e-learningu

V rámci realizace projektu *Rozšíření jazykových a ICT kompetencí žáků gymnázia s využitím e-learningu* byly autorem práce do učebních textů fyziky zařazeny hotové simulace, vytvořené v nástroji Phun (připomeňme, že jde o předchůdce programu Algodoo).

Žáci měli přímo v učebním textu komentovaný videozáznam simulace a byla také možnost si tuto simulaci stáhnout. Učební text se odvolával na zobrazená videa, aby bylo zřejmé propojení. Simulace měly podpořit pochopení základních pojmů v učebním textu. V hodnocení projektu vnímali žáci tyto simulace pozitivně jako přínos pro vlastní učení.

Při přípravě těchto e-learningových kurzů se ukázala jedna nevýhoda programu Phun – do webového prostředí nelze vložit hotovou simulaci přímo, ale pouze její videozáznam, nebo soubor s touto simulací, který si zájemci otevřou ve svém počítači.

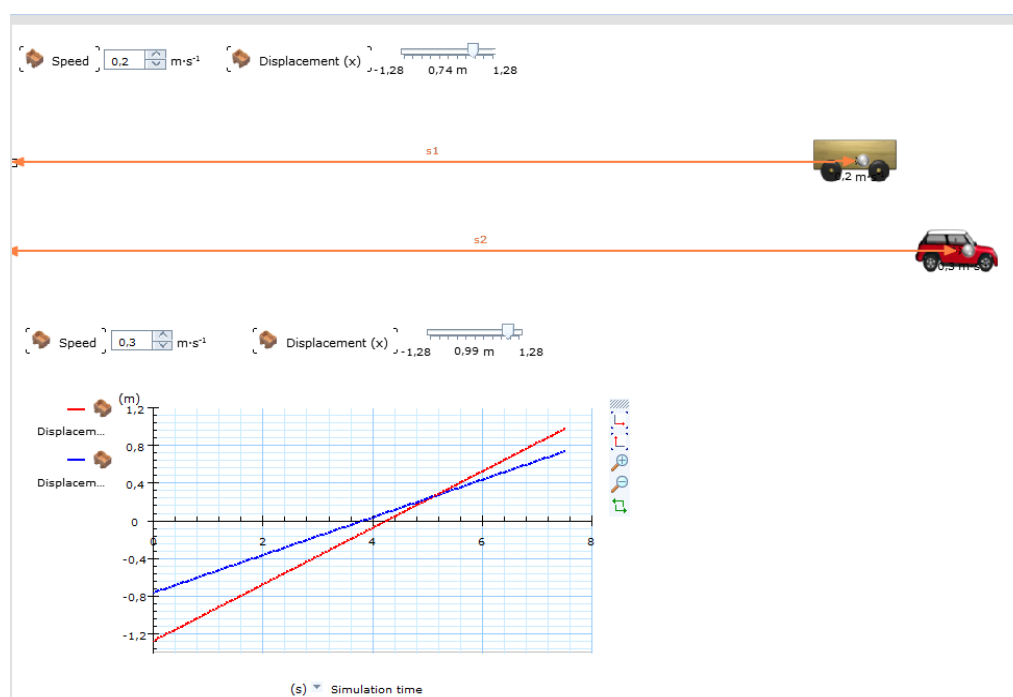
6.3.5 Další náměty k využití autorských nástrojů ve výuce

Nezanedbatelným přínosem autorských nástrojů je možnost reagovat (ať okamžitě, nebo po domácí přípravě) na průběh výuky. Jak bylo zmíněno, jde o součást DZO učitele.

Jako příklad uvedeme grafické řešení úloh s dohánějícími se tělesy. Jedná se o klasickou úlohu typu „Nákladní auto vyrazilo z bodu A rychlostí v_1 a osobní auto z bodu

B rychlostí v_2 . Kdy se dostihnou?“. Problémem u grafického řešení zpravidla je, že žáci nedokážou graf sestavit a ani nechápou, co vlastně graf reprezentuje.

K řešení můžeme použít např. nástroj Yenka, příklad je uveden na obrázku 12.



Obrázek 13 Grafické řešení úlohy z kinematiky – pohyb dvou těles

Nejdříve vložíme na pracovní plochu nákladní automobil a nastavíme jeho rychlost. Necháme zobrazit vhodný graf (závislost dráhy na čase). Pokud spustíme simulaci, žáci uvidí, jak se automobil pohybuje a současně jak se vykresluje křivka v grafu. S žáky lze diskutovat, čím je ovlivněn tvar křivky a také proč se v čase mění. Pak vrátíme simulaci zpět, přidáme osobní automobil a nastavíme jeho rychlost a připojíme do grafu i závislost dráhy na čase pro tento automobil. Můžeme pokračovat se samotným osobním automobilem, nebo rovnou spustíme simulaci, při které se budou pohybovat obě tělesa. Žáci uvidí současně jak pohyb obou těles, tak i vykreslující se graf. Simulaci pozastavíme při setkání obou těles a upozorníme na graf. Pak můžeme simulaci opět spustit, nebo ji zopakovat s jinými parametry.

Jako další příklad uvedeme úlohu z tématu gravitační pole, čerpanou z [162]: „Letící světlice vybuchla a rozletěla se na čtyři části se stejnými hmotnostmi, které se pohybovaly nahoru, dolů, doleva a doprava. Jaký obrazec střepy vytvářejí? Odpor vzduchu zanedbejte.“

I když je vysvětlení odpovědi krátké a výstižné „*Dokud úlomky nedopadnou na povrch země, vytvářejí (při zanedbatelném odporu prostředí) vrcholy zvětšujícího se čtverce. Všechny čtyři úlomky totiž konají současně dva pohyby: společný pád k zemi a rovnoměrný pohyb po úhlopříčkách tohoto čtverce směrem od jeho středu.*“ [162], stejně žáci tuto odpověď nepřijali. Proto byla během výuky vytvořena simulace v nástroji Algodoo. Simulace byla předvedena jak bez gravitačního, tak i s gravitačním polem, stále se stejnými výsledky. Ukázka simulace je uvedena v příloze W.

Nakonec zmíníme příklad na princip kladkostroje. Ze zkušeností autora vyplývá, že i když žáci princip kladkostroje chápou, nedokáží řešit úlohy s různými typy kladkostrojů. Ukázka simulace je uvedena v příloze X.

7 ZÁVĚR

I když jsou ICT při výuce nejen fyziky běžně využívány již mnoho let, stále není jejich potenciál plně využíván. Učitelé i žáci jsou dosud vesměs pasivními uživateli materiálů, které vytvořil někdo jiný.

Tato situace byla podmíněna tím, že v minulosti bylo vytváření vlastních výukových materiálů složité a byly k tomu zapotřebí znalosti programování. Autorské nástroje však tuto situaci změnilly a proces tvorby vlastních materiálů učinily dostupnějším. Situace se výrazně změnila především v oblasti tvorby WWW stránek či off-line výukových textů, takže dnes lze již snadno a bez zvláštních znalostí publikovat na internetu, navíc s nástroji volně dostupnými. Právě to bylo hnacím motorem Webu 2.0 [17], který je charakterizován aktivním zapojením všech uživatelů webu do jeho obsahu. Snadná dostupnost tvorby webovských stránek přináší ovšem výhody (velké množství informací) i nevýhody (prázdnota sdělení, nespolehlivost informací).

Z vlastní zkušenosti i z literatury (např. [172]) je mi známo, že v oblasti tvorby vlastních výukových simulací k podobnému efektu nedošlo – až na několik výjimek jsou při výuce využívány simulace, vytvořené před více jak deseti lety [43,44,45,59,60]. Stáří simulací samozřejmě nijak nesnižuje jejich kvalitu, ale využití ICT se pak omezuje pouze jen na jejich další reprodukci. To je ve světle současných možností málo. Převzaté simulace samozřejmě mohou osvětlit problém nebo předvést těžko zachytitelné jevy nebo experimenty, nerealizovatelné ve školním prostředí. Avšak učitel, pokud nemá potřebné znalosti, nemá možnost simulace měnit nebo přizpůsobovat. Při použití autorských nástrojů je pro vyučujícího přínosem již to, že může volněji realizovat vlastní představy a nápady a není odkázán jen na to, co vytvořil někdo jiný nebo co si mohla škola dovolit zakoupit.

V realizovaných experimentech jsme prokázali, že využívání autorských nástrojů má pozitivní dopad na chápání učiva žáky. I když realizovaný výzkum probíhal s menším, byť ze statistického hlediska dostatečným počtem respondentů, je z výsledků přesto průkazné, že přírůstek znalostí u experimentálních skupin byl vždy vyšší než u skupin kontrolních. Je zde tedy alternativa k využívání již hotových simulací, přičemž její využívání neklade na učitele žádné zvláštní nároky. To dokazuje i zapojení tří učitelů do výzkumu, kteří byli schopni vytvořit si vlastní simulaci bez přímého vedení a nápovědy. Byli pouze stručně seznámeni s prostředím příslušného autorského nástroje a jeho možnostmi.

Jak jsme uvedli v úvodu práce, výzkumem v oblasti autorských nástrojů se téměř nikdo nezabývá, proto nemůžeme naše výsledky přímo porovnat s výsledky jiných studií. Nejblíže k tématu práce je výzkum v oblasti využití simulací při výuce. Výsledky experimentu se shodují se zjištěními z jiných výzkumů uvedených ve studii [112]. V těchto výzkumech se prokázal kladný vliv využití simulací na výsledky žáků, zejména v oblasti chápání učiva a to v různých oblastech přírodovědného vzdělávání.

Oproti studiím, zaměřených na využití simulací ve výuce spatřujeme v práci s autorskými nástroji hlubší uplatnění potenciálu ICT. Vytváření vlastních simulací (či jiných učebních materiálů) bez nutné hlubší znalosti moderních technologií umožňuje zkvalitnit výuku, zvýšit motivaci žáků a reagovat na jejich potřeby. V současné době se učitelé zaměřují především na předávání znalostí a jejich upřesňování. Záměrem reformy školství je však rozvoj dovedností (kompetencí). Ty jsou ovlivňovány jen velmi málo. Pokud chceme žáky aktivovat, vtáhnout je do výuky a vést je k samostatné práci, musíme jim nabídnout možnost, jak se zapojit. Jednu z cest nabízejí autorské nástroje.

Za výhodu autorských nástrojů považujeme možnost vystavovat žáky situacím, při kterých musí aplikovat své znalosti a podle potřeby reagovat na nepochopení učiva změnami simulací. Právě tímto postupem můžeme zjišťovat miskoncepce žáků v probíraném učivu a tyto miskoncepce díky tvorbě a úpravám vlastních simulací opravovat. I proto jsme se v práci mj. zaměřili na miskoncepty žáků v oblasti fyziky. Zejména v experimentu Newtonovy zákony jsme prokázali, že využití autorských nástrojů má kladný vliv na akomodaci těchto miskonceptů a na jejich opravu. Díky znalosti miskonceptů žáků je učitel schopen se na ně zaměřit a i na základě zkušenosti zvolit metody, vedoucí k jejich napravení. Jak z použité literatury [91], tak i z výsledků provedených experimentů je zřejmé, že k nápravě miskonceptů nevede tradiční transmisivní přístup.

S miskoncepty souvisí také dotazy žáků – oproti tradičním hodinám jsme při výuce s autorskými nástroji řešili i otázky, které sice s tématem často přímo nesouvisely, ale nakonec i ty měly přínos pro pochopení učiva. Při práci se simulacemi byly také odhalovány různé další miskoncepce žáků, dokonce z již probraných témat. Jiným efektem bylo také zjištění, co všechno žáci vlastně nechápou – pokud měli odhadnout, co se bude po spuštění nebo pozměnění simulace dít, odpovídali někteří žáci tak, že bylo zřejmé, že učivu neporozuměli.

Experimenty ukázaly, že různí učitelé volili k torbě simulací různý přístup. Oproti dříve prováděným videostudiím výuky fyziky by bylo pro výzkum v oblasti DZO zajímavější rozebírat s jednotlivými učiteli důvody, které je vedly k sestavení určité simulace.

Při hledání a výběru autorských nástrojů vhodných pro tuto práci se ukázalo, že takových nástrojů je dosud málo, navíc různé kvality. Lze však očekávat, že zanedlouho se objeví komerční nástroje určené přímo žákům. Zatím jsou přírůstky nových simulací a informace o autorských nástrojích nedostatečné a učitelům těžko dostupné.

I když využití ICT ve výuce je moderním trendem, měli bychom se snažit o to, aby bylo smysluplné a nesmířit se jen s tím, že „to žáky více baví“.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] LMC, s.r.o. Průzkum mezi zájemci o studium na VŠ: obory, školné. LMC. In: *LMC-rozvíjíme trh práce*. [online]. 28. 2. 2012 [cit. 2013-09-25]. Dostupné z: <http://www.lmc.eu/onas/novinky/pruzkum-mezi-zajemci-o-studium-na-vs-obory-skolne/>.
- [2] MANDÍKOVÁ D. Výsledky českých žáků v mezinárodních výzkumech TIMSS a PISA. In: *Sborník ze semináře Projektová výuka fyziky ve ŠVP*. Praha: JČMF, 2007. Dostupné z: http://kdf.mff.cuni.cz/~mandikova/vyzkumy/vlachovice_07.doc
- [3] PALEČKOVÁ, J, TOMÁŠEK, V a BASL, J. *Hlavní zjištění výzkumu PISA 2009: Umíme ještě číst?*. Praha: ÚIV, 2010. 52 s. Dostupné z: <http://www.uiv.cz/soubor/4391>. ISBN 978-80-211-0608-6.
- [4] EUROPEAN COMMISSION, High Level Group on Science Education. *Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007. ISBN 978-927-9056-598.
- [5] NEUMAJER, O. *Koncept 1:1 – notebook pro každého žáka – skrývá mnohá úskalí*. Metodický portál: Články [online]. 10. 11. 2009, [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://clanky.rvp.cz/clanek/c/Z/6523/KONCEPT-11---NOTEBOOK-PRO-KAZDEHO-ZAKA---SKRYVA-MNOHA-USKALI.html>. ISSN 1802-4785.
- [6] MAŇÁK, J., *Nárys didaktiky*. Brno: Masarykova univerzita, 2003. 104 s. ISBN 80-210-3123-9
- [7] MURRAY, T. (2003). An overview of intelligent tutoring system authoring tools: Updated analysis of the state of the art. In *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments: Toward cost-effective adaptive, interactive, and intelligent educational software*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2003, pp. 491-544. ISBN 14-020-1772-3.
- [8] OŽVOLDOVÁ, M. a MARTINKOVÁ A., *Stratégia integrovaného e-learningu vo výučbe kmitov prostredníctvom interaktívnej tabule*. In: *Tvorivý učiteľ fyziky II, Národný festival fyziky*. 2009. Košice: Slovenská fyzikálna spoločnosť. ISBN 978-80-969124-8-3
- [9] PIAGET, J. a INHELDER, B. *Psychologie dítěte*. 2. vydání. Překlad VYSKOČILOVÁ, E. Praha: Portál, 1997, 143 s. ISBN 80-717-8146-0.
- [10] SHULMAN, L., S. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*. 1987, roč. 57, č. 1, s. 1-23.
- [11] NEZVALOVÁ, D. *Konstruktivismus a jeho aplikace v integrovaném pojetí přírodovědného vzdělávání*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2005, 95 s. ISBN 80-244-1247-0.
- [12] DOULÍK, P. a ŠKODA, J. Individuální pojetí role učitele studenty učitelství. In: *Současné metodologické přístupy a strategie pedagogického výzkumu* [CD-ROM]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2006, s. 35-51. ISBN 80-7043-483-X.
- [13] PANOŠ, M. *Fyzikální kabinet GymKT – fyzikální web* [online]. 2002 [cit. 2011-06-03]. Dostupné z: <http://kabinet.fyzika.net>.
- [14] PRECLÍK, J. Výukové programy a autorské prostředky. In *Matematika-Fyzika-Informatika*. Praha: Prometheus, 2001, 11(2), s. 107-119. ISSN 1210-1761.
- [15] PRECLÍK, J., Discussion on Some Problems in Authoring System Development, In: *Sborník mezinárodní konference "Telecommunications for Education and Training 2001 (TET 2001)"*, Praha Karlova Univerzita, 2001, str. 270-271. ISBN-80-238-7132-3.

- [16] BRUSILOVSKY, P., KNAPP, J. a GAMPER, J. Supporting teachers as content authors in intelligent educational systems. In: *International Journal of Knowledge and Learning*. 2006, **2**(3), 191-215. DOI: 10.1504/IJKL.2006.010992. Dostupné z: <http://www.inderscience.com/link.php?id=10992>.
- [17] O'REILLY, T. What is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. In: *Communications & Strategies*. Montpellier: Idate, 2007,**1**(1), 17. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1008839>.
- [18] KOEDINGER, K., R., ALEVEN, V., HEFFERNAN, N., et al. Opening the Door to Non-programmers: Authoring Intelligent Tutor Behavior by Demonstration. In: *Intelligent tutoring systems: 7th international conference, ITS 2004*. 2004. Berlin: Springer. pp. 162-174. DOI: 10.1007/978-3-540-30139-4_16.
- [19] CHRISTIAN, W., ESQUEMBRE, F. Modeling physics with Easy Java Simulations. *The Physics Teacher*, 2007, **45**(8), 475-480.
- [20] HÖFFLER, T., N. a LEUTNER, D. Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. In: *Learning and instruction*, 2007, **17**(6), 722-738.
- [21] HUGHES, S. W., Stellarium-a valuable resource for teaching astronomy in the classroom and blond. In: *Science Education News (SEN)*, 2008, **57**(2), 83-86.
- [22] BELL, R., L. a TRUNDLE K., C. The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*. 2008, **45**(3), 346-372. DOI: 10.1002/tea.20227.
- [23] TRINDADE, J., FIOLEHAIS, C. a ALMEIDA, L. Science learning in virtual environments: a descriptive study. *British Journal of Educational Technology*. 2002, **33**(4), 471-488. DOI: 10.1111/1467-8535.00283.
- [24] KAUFMANN H. a MEYER B., Simulating Educational Physical Experiments in Augmented Reality. In: *Proceedings of ACM SIGGRAPH ASIA Educators Program*. 2008. Singapore.
- [25] DUSEN, B. V. a OTERO, V. Influencing students' relationships with physics through culturally relevant tools. In: *Physics Education Research Conference Philadelphia, PA, USA, 1-2 August 2012*. Melville, N.Y: American Institute of Physics, 2013, s. 410-413. ISBN 9780735411340. DOI: 10.1063/1.4789739.
- [26] ROBINS, S., R. The evolution of the learning content management system. In: *Learning Circuits* [online]. 2002 [cit. 2013-09-25]. Dostupné z: <http://php.scripts.psu.edu/users/g/m/gms/fa07/IST440W/The%20Evolution%20of%20the%20Learning%20Content%20Management%20System.pdf>.
- [27] DOUGIAMAS, M. a TAYLOR, P. (2003). Moodle: Using Learning Communities to Create an Open Source Course Management System. In: *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2003*. 2003, Chesapeake, VA: AACE, pp. 171-178.
- [28] MARTÍN-BLAS, T. a SERRANO-FERNÁNDEZ, A. The role of new technologies in the learning process: Moodle as a teaching tool in Physics. *Computers*. 2009, **52**(1), 35-44. DOI: 10.1016/j.compedu.2008.06.005.
- [29] BRAVO, C., VAN JOOLINGEN, W. R. a DE JONG, T.. Modeling and Simulation in Inquiry Learning: Checking Solutions and Giving Intelligent Advice. *SIMULATION*. 2006, **82**(11), 769-784. DOI: 10.1177/0037549706074190.
- [30] DE JONG, T. Computer simulations: Technological Advances in Inquiry Learning. *Science*. 2006-04-28, **312**(5773), 532-533. DOI: 10.1126/science.1127750.

- [31] FINKELSTEIN, N., et al. When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. 2005, **1**(1), 1-8. DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.1.010103.
- [32] WEXLER, S. *Authoring & Development Tools: Selecting, combining, and using the best tools for the best results* [online]. Santa Rosa: The eLearning Guild. 2008 [cit. 2013-09-28]. Dostupné z: http://www.cedma-europe.org/newsletter%20articles/eLearning%20Guild/elg_360_tools_final.pdf. [Výzkumná zpráva].
- [33] CAMPBELL, C., SMALA, S., a LIM, J. S. (2012). A research design in technology-enhanced scaffolding in language teaching: What Lesson LAMS can offer at the interface of educational and language learning research. In: *Teaching English with Technology, Special Edition on LAMS and Learning Design*. 2012, **3**(2), 121-131. Dostupné z <http://www.tewtjournal.org/VOL%2012/ISSUE2/paper9.pdf>.
- [34] KHOON S. a ALOYSIUS, G. Addressing learning difficulties in Newtons 1st and 3rd Laws through problem based inquiry using Easy Java Simulation. In: *Fifth Redesigning Pedagogy Conference*. Singapore. 2013. Dostupné z: <http://arxiv.org/abs/1303.0081>.
- [35] FEURZEIG, W. a ROBERTS, N. *Modeling and Simulation in Science and Mathematics Education*. New York, NY: Springer New York, 1999. DOI: 10.1007/978-1-4612-1414-4.
- [36] HWANG, F. Physlet builder. HWANG, Fu-Kwun. *NTNUJAVA Virtual Physics Laboratory* [online]. 2005 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/physletBuilder>.
- [37] General Physics - GeoGebraWiki. *GeoGebra* [online]. 2013 [cit. 2013-09-26]. Dostupné z: http://www.geogebra.org/en/wiki/index.php/General_Physics.
- [38] NÚV. *Digitální učební materiály RVP* [online]. 2008 [cit. 2013-09-26]. Dostupné z: <http://dum.rvp.cz/index.html>.
- [39] CHARVÁT, I. Simulace pohybů k některým úlohám z 1. kola 50. ročníku FO. In: *Fyzikální olympiáda* [online]. 2008 [cit. 2013-09-26]. Dostupné z: <http://fyzikalniolympiada.cz/archiv/rocnik-50/simulace>.
- [40] MALÝ, M. Flash je mrtev, HTML5 není připravené, co teď? *Zdroják* [online]. 2011 [cit. 2013-09-26]. Dostupné z: <http://www.zdrojak.cz/clanky/flash-je-mrtev-html5-neni-pripravene-co-ted/>.
- [41] CZ NEHE. OpenGL - Lekce 39 - Úvod do fyzikálních simulací. *CZ NeHe OpenGL* [online]. 2002 [cit. 2013-09-26]. Dostupné z: http://nehe.ceske-hry.cz/tut_39.php.
- [42] ORACLE AND SUN MICROSYSTEMS. *Oracle and Sun Microsystems* [online]. 2013 [cit. 2013-09-26]. Dostupné z: <http://www.oracle.com/us/sun/index.htm>.
- [43] FENDT, W. *Java Applets on Physics* [online]. 1997 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.walter-fendt.de/ph14e>.
- [44] SURENDRANATH R. B. *General Physics Java Applets* [online]. 2004 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://surendranath.tripod.com/Applets.html>.
- [45] HWANG, F. K. *NTNUJAVA Virtual Physics Laboratory* [online]. 1996 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/>.
- [46] PhET: *Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations* [online]. 2011 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://phet.colorado.edu/>.
- [47] PERKINS, K. et al. PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics. *The Physics Teacher*. 2006, **44**(1), s. 18-23. DOI: 10.1119/1.2150754.

- [48] KOEDINGER, K. et al. Opening the Door to Non-programmers: Authoring Intelligent Tutor Behavior by Demonstration. In: *Intelligent tutoring systems: 7th international conference, ITS 2004*. Berlin: Springer, 2004, pp. 162-167. ISBN 3540229485. DOI: 10.1007/978-3-540-30139-4_16.
- [49] WEE, L. K. a MAK, W. K. Leveraging on Easy Java Simulation tool and open source computer simulation library to create interactive digital media for mass customization of high school physics curriculum. In: *3rd Redesigning Pedagogy International Conference* [online]. Singapore: National Institute of Education, Nanyang Technological University, 2009 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: http://conference.nie.edu.sg/2009/papers_pdf/PAP591.pdf.
- [50] CHRISTIAN, W., BELLONI M. a BROWN, A D. An open-source XML framework for authoring curricular material. *Computing in science & engineering*. 2006, **8**(5), 51-58.
- [51] DE LA TORRE, L., SÁNCHEZ, J. a DORMIDO, S., The FisI@ bs Portal: A Network of Virtual and Remote Laboratories for Physics Education. In: *Multimedia in Physics Teaching and Learning 14th edition*. Udine: Universtiy of Udine, 2009. ISBN 2-914771-61-4.
- [52] COX, A. J., JUNKIN III, W.F., CHRISTIAN, W., BELLONI, M. a ESQUEMBRE, F. Teaching Physics (and Some Computation) Using Intentionally Incorrect Simulations. *The Physics Teacher*, 2011, **49**(73), 273-276.
- [53] SCHWEICKERT, F. *Physlet Cookbook* [online]. 2001 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: http://webphysics.davidson.edu/physlet_resources/metabuilder/default.htm.
- [54] XIE, C. a PALLANT, A. The Molecular Workbench Software: An Innovative Dynamic Modeling Tool for Nanoscience Education. *Models and Modeling*, 2011, **6**, 121-139.
- [55] XIE, C. a PALLANT, A. Constructive Chemistry: A Case Study of Gas Laws. *The Concord Consortium* [online]. 2009, **13**(2), 12-13 [cit. 2013-09-26]. Dostupné z: <http://mw.concord.org/modeler/articles/constructive-chemistry.pdf>.
- [56] LEE, K. a LEE, J. Programming physics softwares in Flash. *Computer Physics Communications*. 2007, **177**(1-2), 195-198. DOI: 10.1016/j.cpc.2007.02.074.
- [57] KOVÁROVÁ, A. a CZANNER, S. Interactive simulations of elementary physical experiments. *Proceedings First Central European International Multimedia and Virtual Reality Conference*. Veszprém: Veszprém University Press, 2004. ISBN 963 9495 46 8.
- [58] PACHNER, J. *Fyzika a chemie ABC vzdělávání – výukové programy a výukový software* [online]. 1991 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://pachner.inshop.cz/inshop/fyzika-a-chemie/>.
- [59] HARRISON, D. *Physics Flash Animations* [online]. 2002 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/>.
- [60] FOWLER, M. *Physics Flashlets* [online]. 2003 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: http://galileoandstein.physics.virginia.edu/more_stuff/flashlets/.
- [61] VAŠČÁK, V. *Vladimír Vaščák – Fyzika ve Flashi I* [online]. 2005 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.spszl.cz/~vascak/modules/mydownloadf>.
- [62] Algoryx Simulation. *Algodoo* [online]. 2010 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.algodoo.com/wiki/Home>.
- [63] FUHRMANN, T., SALEHI, S. a BLIKSTEIN, P. Meta-modeling knowledge. *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '13*. New York, New York, USA: ACM Press, 2013, s. 483-486. DOI: 10.1145/2485760.2485810.
- [64] DAHLBERG, E. *Electricity in a 2D mechanics simulator for education*. Umea, 2011. 60 s. Diplomová práce. Umea University.

- [65] Algorix Simulation. *Algodo forum* [online]. 2010 [cit. 2013-10-01]. Dostupné z: <http://www.algodo.com/forum>.
- [66] SHEEHAN, R. a READ, J. A 2D Physics Simulator as a Design Tool for a Children's Programming Environment. In *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*. Chesapeake, VA: ACE, 2009, pp. 1647-1652.
- [67] CROCODILE CLIPS, Ltd. *Yenka.com* [online]. 2010 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.yenka.com>.
- [68] BOSTAN, C. G. a ANTOHE, Ș. *Computer modeling in Physics' experiments*. [online]. 2010 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: http://www.icvl.eu/2010/disc/icvl/documente/pdf/met/ICVL_ModelsAndMethodologies_paper20.pdf.
- [69] ČECH, M. *Konkrétní ukázky užití simulačního programu ve výuce* [online]. 2011. [cit. 2013-02-03]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Jindřiška Svobodová. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/174054/pdf_m/29796.pdf.
- [70] BOSTAN, C. G. Physics experiments with Yenka software. *Physics experiments with Yenka software*. 2011. Dostupné z: http://www.icvl.eu/2011/disc/icvl/documente/pdf/met/ICVL_ModelsAndMethodologies_paper41.pdf.
- [71] DESIGN SIMULATION TECH. *Interactive physics* [online]. 2007 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.design-simulation.com/ip/index.php>.
- [72] ROTH, W. M. Affordances of computers in teacher student interactions: The case of Interactive physics(tm). *Journal of research in science teaching*, 1995, **32**(4), 329-347.
- [73] JANEČEK, P. Interactive Physics – moderní nástroj ve výuce fyziky. *Matematika, fyzika, informatika*. Praha: Prometheus, 2005, **14**(7), 433-438.
- [74] VAN JOOLINGEN, W.R. a DE JONG, T. SimQuest, authoring educational simulations. In: *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments: Toward cost-effective adaptive, interactive, and intelligent educational software*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2003, pp. 1-31. ISBN 14-020-1772-3.
- [75] VAŠIČKANIN, J., *Informačná technika vs. fyzické pomocky na hodine fyziky*. In: *Tvorivý učiteľ fyziky II, Národný festival fyziky 2009*. 2009. Košice: Slovenská fyzikálna spoločnosť. ISBN 978-80-969124-8-3.
- [76] BROWN, D. a J. COX, A. Innovative Uses of Video Analysis. *The Physics Teacher*. 2009, **47**(3), 145-150. DOI: 10.1119/1.3081296.
- [77] BÖHM, P. a JERMÁŘ, J. Školní experimentální a měřicí systém Vernier. In *Počítač ve škole 2011*. Nové město na Moravě: Gymnázium Vincence Makovského, 2011. s. 27. ISBN 978-80-254-9426-4.
- [78] SCHAUER, F., LUSTIG, F., DVOŘÁK, J. a OŽVOLDOVÁ, M. An easy-to-build remote laboratory with data transfer using the Internet School Experimental System. *European Journal of Physics*. 2008, **29**(4), 753-765. DOI: 10.1088/0143-0807/29/4/010.
- [79] PRŮCHA, J., WALTEROVÁ, E. a MAREŠ, J. *Pedagogický slovník*. 6. aktualizované a rozšířené vyd. Praha: Portál, 2009. ISBN 978-80-7367-647-6.
- [80] JANÍK, T. Didaktika obecná a oborová. *Akreditační komise* [online]. 2011 [cit. 2013-09-15]. Dostupné z: http://www.akreditačníkomise.cz/attachments/article/279/didaktika_obecna_a_oborova_Janik.pdf.
- [81] SMÉKALOVÁ, L. Psychodidaktika a její význam ve vyučování. *Paidagogos* [online]. 2005, č. 1 [cit. 2013-21-10]. Dostupné na WWW. <http://www.paidagogos.net/issues/2005/1/3/article.html>. ISSN 1213-3809.

- [82] PETLÁK, E. *Všeobecná didaktika*. Bratislava: Iris, 2004. 311 s. ISBN 80-89018-64-5.
- [83] BRDIČKA, B. *Bloomova taxonomie pro kreativní prostředí* [online]. 2011 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://clanky.rvp.cz/clanek/s/Z/12573/BLOOMOVA-TAXONOMIE-PRO-KREATIVNI-PROSTREDI.html/>>.
- [84] HUDECOVÁ, D. *Revize Bloomovy taxonomie edukačních cílů* [online]. Publ. 2003-10-3 [cit. 2013-10-17]. Dokument MS Word. Dostupné z: <http://aplikace.msmt.cz/DOC/NHRevizeBloomovytaxonomieedukace.doc>.
- [85] FISHER, D. *Models -- Course Development Instructional Design -- The Taxonomy Table* [online]. 2011 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://oregonstate.edu/instruct/coursedev/models/id/taxonomy/index.htm>.
- [86] BAUTISTA, R. G. The Convergence of Mayer's Model and Constructivist Model towards Problem solving in Physics. In: *Journal of Education and Practice JEP* [online]. 2012 [cit. 2013-09-29]. ISSN 2222-288x. Dostupné z: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/JEP/article/view/2529/2545>.
- [87] ABBOTT, M. L. *Constructivist teaching and student achievement: The results of a school-level classroom observation study in Washington*. Seattle Pacific University: Washington School Research Center [online]. 2003 [cit. 2013-09-29]. Dostupné z: <http://www.spu.edu/orgs/research/ObservationStudy-2-13-03.pdf>.
- [88] AKINBOBOLA, A. O. a AFOLABI, F. Constructivist practices through guided discovery approach: The effect on students' cognitive achievement in Nigerian senior secondary school physics. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*. 2010, **2**(1),16-25.
- [89] REDISH, E. F. Implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*. 1994, **62**(9), 796-803. DOI: 10.1119/1.17461. Dostupné z: <http://link.aip.org/link/?AJP/62/796/1>.
- [90] ŠKODA, J. a DOULÍK, P. *Psychodidaktika: metody efektivního a smysluplného učení a vyučování*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2011, 206 s. ISBN 978-802-4733-418.
- [91] MANDÍKOVÁ, D. a TRNA, J. *Žakovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Brno: Paido, 2011, 245 s. ISBN 978-807-3152-260.
- [92] VACULOVÁ, I., TRNA, J. a JANÍK, T. Učební úlohy ve výuce fyziky na 2. stupni základní školy: vybrané výsledky CPV videostudie fyziky. *Pedagogická orientace*. 2008, **18**(4), 59-79. ISSN 1211-4669.
- [93] ŠVEC, V. Konstrukce poznání. In *Konstruktivismus a jeho aplikace v integrovaném pojetí přírodovědného vzdělávání: Úvodní studie*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2006, s. 30-40. ISBN 80-244-1258-6.
- [94] HRBÁČKOVÁ, K. Konstruktivismus – teoretická východiska. In *Konstruktivismus a jeho aplikace v integrovaném pojetí přírodovědného vzdělávání: Úvodní studie*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2006, s. 30-40. ISBN 80-244-1258-6.
- [95] STRAKOVÁ, J., POTUŽNÍKOVÁ, E. a TOMÁŠEK, V. Vědomosti, dovednosti a postoje českých žáků v mezinárodním srovnání. In: *(Ne)rovné šance na vzdělání, vzdělanostní nerovnosti v České republice*. Praha: Academia, 2006. s. 118-143. ISBN 80-200-1400-4.
- [96] PALEČKOVÁ, J. a kol. *Hlavní zjištění výzkumu PISA 2006. Poradí si žáci s přírodními vědami?* Praha: Ústav pro informace ve vzdělávání, 2007, 24 s. ISBN 978-80-211-0541-6.
- [97] DVOŘÁK, L. *Lze učit fyziku zajímavěji a lépe?: příručka pro učitele*. 1. vyd. Praha: Matfyzpress, 2008. ISBN 80-737-8057-7.

- [98] ČINČERA, J. *Práce s hrou: pro profesionály*. 1. vydání. Praha: Grada, 2007, 115 s. ISBN 978-802-4719-740.
- [99] WATTS, M. a POPE, M. Thinking about Thinking, Learning about Learning: Constructivism in Physics Education. *Physics education*. 1989, **24**(6), 326-31.
- [100] VYGOTSKIJ, L. S. *Psychologie myšlení a řeči*. 1. vydání. Překlad PRŮCHA, J. Praha: Portál, 2004, 135 s. Psychologie (Portál). ISBN 80-717-8943-7.
- [101] FILOVÁ, H. *Konstruktivistické pojetí vyučování* [online]. 2006 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: http://is.muni.cz/el/1441/jaro2006/ZS1BP_SEVV/Ep.Konstruktivismus.pdf.
- [102] HEJNÝ, M., NOVOTNÁ, J. a STEHLÍKOVÁ, N. *25 kapitol z didaktiky matematiky*. Praha: Univerzita Karlova v Praze - Pedagogická fakulta, 2004, 212 s. ISBN 80729018931.
- [103] SHULMAN, L. S. Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*. 1987, **57**(1), 1-22.
- [104] JANÍK, T. *Metodologické problémy výzkumu didaktických znalostí obsahu*. Brno: Paido, 2008, 144 s. ISBN 978-807-3151-652.
- [105] KANSANEN, P. Oborové didaktiky jako základ znalostní báze pro učitele–nebo tomu budeme raději říkat pedagogical content knowledge. In: *Pedagogical content knowledge nebo didaktická znalost obsahu?* Brno: Paido, 2007. 124 s. Pedagogický výzkum v teorii a praxi. 2007, 11-22. ISBN 978-80-7315-139-3.
- [106] SOLÁROVÁ, M. Žák, text a sebereflexe. In: *Aktuálne problémy vyučovania chémie na základných a stredných školách – Zborník z Medzinárodnej konferencie DIDCHEM*. Bratislava: ŠPÚ, 1998, s. 90-94. ISBN 80-85756-40-4.
- [107] MAREŠ, J. *Styly učení žáků a studentů*. 1. vydání. Praha: Portál, 1998, 239 s. ISBN 80-717-8246-7.
- [108] KIRSCHNER, P. A., SWELLER, J. a CLARK, R. E. Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*. 2006, **41**(2), 75-86. DOI: 10.1207/s15326985ep4102_1.
- [109] VAN DRIEL, J. H., VERLOOP, N. a DE VOS, W. Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*. 2008, **45**(3), s. 673-695.
- [110] VEAL, W. R. a MAKINSTER, J. G. Pedagogical content knowledge taxonomies. *Electronic Journal of Science Education* [online]. 1999, **3**(4), [cit. 2013-09-25]. Dostupné z: <http://ejse.southwestern.edu/article/viewArticle/7615/5382>.
- [111] MISHRA, P.; KOEHLER, M. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *The Teachers College Record*, 2006, **108**(6), 1017-1054.
- [112] RUTTEN, N., VAN JOOLINGEN W. R. a VAN DER VEEN, J. T. The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*. 2012, **58**(1), 136-153. DOI: 10.1016/j.compedu.2011.07.017.
- [113] STERN, L., BARNEA, N. a SHAULI, S. The Effect of a Computerized Simulation on Middle School Students' Understanding of the Kinetic Molecular Theory. *Journal of Science Education and Technology*. 2008, **17**(4), 305-315. DOI: 10.1007/s10956-008-9100-z. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10956-008-9100-z>.
- [114] STUHLÍKOVÁ, I. O badatelsky orientovaném vyučování. In: *DiBi 2010: didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování: sborník příspěvků semináře 25. a 26. března 2010*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2010, s. 129-135. ISBN 978-80-7394-210-6.

- [115] DURÁN, M. J., GALLARDO, S., TORAL, S. L., MARTÍNEZ-TORRES R. a BARRERO, F. J. A learning methodology using Matlab/Simulink for undergraduate electrical engineering courses attending to learner satisfaction outcomes. *International Journal of Technology and Design Education*. 2007, **17**(1), 55-73. DOI: 10.1007/s10798-006-9007-z.
- [116] MCKAGAN, S. B., HANDLEY, W., PERKINS, K. K. a WIEMAN, C. E. A research-based curriculum for teaching the photoelectric effect. *American Journal of Physics*. 2009, **77**(1), s. 87-94. DOI: 10.1119/1.2978181.
- [117] JIMOYIANNIS, A. a KOMIS, V. Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers*. 2001, **36**(2), 183-204. DOI: 10.1016/S0360-1315(00)00059-2.
- [118] RIEFOVÁ, S., L. *Nesoustředěné a neklidné dítě*. Praha: Portál, 2007. 256 s. ISBN 978-80-7367-257-7.
- [119] HANSEN, E. The Role of Interactive Video Technology in Higher Education: Case Study and a Proposed Framework. *Educational Technology*. 1990, **30**(9), 13-21.
- [120] BRYAN, J. A. a SLOUGH, S. W. Converging lens simulation design and image predictions. *Physics Education*. 2009, **44**(3), 264-275. DOI: 10.1088/0031-9120/44/3/006.
- [121] HMELO-SILVER, C. E., DUNCAN, R. G. a CHINN, C. A. Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*. 2007, **42**(2), 99-107. DOI: 10.1080/00461520701263368.
- [122] OGBORN, J.. Curriculum Development in Physics: Not Quite So Fast!. *Scientia in educatione* [online]. 2012, **3**(2), 3-15 [cit. 2013-09-29]. Dostupné z: <http://www.scied.cz/FileDownload.aspx?FileID=439>.
- [123] SIORENTA, A. a JIMOYIANNIS, A. Physics instruction in secondary schools: An investigation of teachers' beliefs towards physics laboratory and ICT. *Research in Science & Technological Education*. 2008, **26**(2), 185-202.
- [124] MARSHALL, J. A. a YOUNG, E. S. Preservice teachers' theory development in physical and simulated environments. *Journal of research in science teaching*. 2006, **43**(9), 907-937.
- [125] DOULÍK, P. Současný stav výzkumu dětských pojetí. In ŠKODA, J. *Současné trendy v přírodovědném vzdělávání*. Acta Universitatis Purkynianae č. 106. Studia paedagogica. Ústí nad Labem: UJEP, 2005. 66 s. ISBN 80-7044-696-X.
- [126] OTERO, V., JOHNSON, A., GOLDBERG, F. *How does the computer facilitate the development of physics knowledge by prospective elementary teachers?* Journal of Education, 1999, **181**(2), 57-89.
- [127] PIAGET, J., The Growth of Logical Thinking, citováno z BAYKAL, A. a DIYARBEKIR, G. The Effect of Demonstrative Computer Simulation in Developing Intuition: Accomplishment of Acceleration Concept. In: *Literacy Information and Computer Education Journal* [online]. 2010, [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.infonomics-society.org/LICEJ/Contents Page Volume 1 Issue 2.pdf>. ISSN 20402589.
- [128] STRAKA, J. Využití informačních technologií učiteli na středních školách. *Metodický portál: Články* [online]. 24. 11. 2011, [cit. 2013-10-06]. Dostupné z: <http://clanky.rvp.cz/clanek/c/O/14305/VYUZITI-INFORMACNICH-TECHNOLOGII-UCITELI-NA-STREDNICH-SKOLACH.html>. ISSN 1802-4785.
- [129] GURUNG, R. A. a SCHWARTZ, B. M. *Optimizing teaching and learning: practicing pedagogical research*. Malden, MA: Wiley-Blackwell, 2009, 232 p. ISBN 14-051-6179-5.

- [130] FERJENČÍK, J. *Úvod do metodologie psychologického výzkumu: jak zkoumat lidskou duši*. 2. vydání. Překlad Petr Bakalář. Praha: Portál, 2010, 255 s. ISBN 978-807-3678-159.
- [131] HENDL, J. *Kvalitativní výzkum: základní teorie, metody a aplikace*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Portál, 2008, 407 s. ISBN 978-80-7367-485-4.
- [132] GAVORA, P. a kol. 2010. *Elektronická učebnice pedagogického výzkumu*. [online]. Bratislava: Univerzita Komenského, 2010. [cit. 2013-10-17] Dostupné z: <http://www.e-metodologia.fedu.uniba.sk/> ISBN 978-80-223-2951-4.
- [133] ANTHONY COLES, J. M. *Your education research project handbook*. Harlow: Longman/Pearson Education, 2010, 198 p. ISBN 14-082-2124-1
- [134] REID, N. *Getting started in pedagogical research in the physical sciences*. Hull, England: LTSN Physical Sciences Centre, 2003, 70 p. ISBN 19-038-1507-X.
- [135] WALKER, I. *Výzkumné metody a statistika*. 1. vydání. Praha: Grada, 2013, 218 s. ISBN 978-802-4739-205.
- [136] KERLINGER, F. N. *Základy výzkumu chování*. Praha: Academia, 1972, 705 s. ISBN 509-21-875.
- [137] COHEN, L., MANION, L. a MORRISON, K.. *Research methods in education*. 6th ed. New York: Routledge, 2007, 638 p. ISBN 978-020-3029-053.
- [138] MAŇÁK, J. a JANÍK, T.. Výukové metody jako předmět výzkumu. In: JANÍKOVÁ, M. a VLČKOVÁ K. *Výzkum výuky: tématické oblasti, výzkumné přístupy a metody*. 1. vydání Brno: Paido, 2009, s. 83-96. ISBN 9788073151805.
- [139] SHAUGHNESSY, J. J., ZECHMEISTER, E. B., a ZECHMEISTER, J. S. *Research methods in psychology*. 9th ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2011, 488 p. ISBN 00-780-3518-X.
- [140] WALLIMAN, N. *Research methods the basics*. London: Routledge, 2010, 194 p. ISBN 978-020-3836-071.
- [141] BARNETT, A. G. Regression to the mean: what it is and how to deal with it. *International Journal of Epidemiology*. 2004, **34**(1), 215-220. DOI: 10.1093/ije/dyh299.
- [142] COOK, T. D. a CAMPBELL, D. T. *Quasi-experimentation: design*. Boston: Houghton Mifflin, 1979, 405 p. ISBN 978-039-5307-908.
- [143] DRAPER, S. W. The Hawthorne, Pygmalion, placebo and other effects of expectation: some notes. *University of Glasgow* [online]. 2008 [cit. 2013-09-29]. Dostupné z: <http://www.psy.gla.ac.uk/~steve/hawth.html>.
- [144] PTÁČEK, R. a RABOCH, J. Určení rozsahu souboru a power analýza v psychiatrickém výzkumu. *Čes. a slov. Psychiatr*, 2010, **106**(1), 33-41.
- [145] BLAIKIE, Norman W. *Analyzing quantitative data: from description to explanation*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications Ltd, 2003, 353 p. ISBN 07-619-6758-3.
- [146] COHEN, Jacob. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates, 1988, 567 p. ISBN 08-058-0283-5.
- [147] BLAHUŠ, P. Statistická významnost proti vědecké průkaznosti výsledků výzkumu. *Česká kinantropologie*, 2000, **4**(2), 53-71.
- [148] COLLIVER, J. Effectiveness of Problem-based Learning curricula: Research and Theory. *Academic Medicine*. 2000, **75**(3), 259-266.
- [149] JACKSON, S. L. *Research Methods and Statistics: A Critical Thinking Approach*. Wadsworth: Cengage Learning, 2008, 448 p. ISBN 0495510017.

- [150] LAŠEK, J. a MANĚNOVÁ, M. *Základy statistického zpracování pedagogicko-psychologického výzkumu*. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 2003, 42 s. ISBN 80-704-1749-8.
- [151] IVANOVÁ, K. a ZIELINA, M. *Etika pro vědecko-výzkumné pracovníky*. Olomouc: Moravská vysoká škola Olomouc o.p.s., 2010. Dostupné z: http://www.mvso.cz/Files/WEB/APSYS/42Etika_pro_vedecko-vyzkumne_pracovniky.pdf.
- [152] BYČKOVSKÝ, Petr. *Základy měření výsledků výuky: Tvorba didaktického testu*. Praha: ČVUT, 1983, 149 s.
- [153] JEŘÁBEK, O. a BÍLEK, M.. *Teorie a praxe tvorby didaktických testů*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010, 91 s. ISBN 978-80-244-2494-1.
- [154] MANĚNA, V. a CHRZOVÁ, M. *Metodologie vytváření testu* [online]. Hradec Králové, 2008 [cit. 2013-09-29]. Dostupné z: http://fim.uhk.cz/oliva/tvorba_vedeni/REKAP-www/M1.pdf
- [155] CHRÁSKA, M. *Didaktické testy*. 1.vydání. Brno: Paido, 1999, 91 s. ISBN 80-859-3168-0.
- [156] CHRÁSKA, M.. *Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2007, 265 s. ISBN 978-80-247-1369-4.
- [157] KOREŠ, J. a STRAKA, J. Phun a simulace ve fyzice. *Matematika - fyzika - informatika*. 2010, **19**(4), 212-216. ISSN 1210-1761.
- [158] SEARLE, A. *Introducing research and data in psychology: a guide to methods and analysis*. New York: Routledge, 1999, 263 p. ISBN 04-151-8875-X.
- [159]KEPPEL, G. a WICKENS, T. D. *Design and analysis: a researcher's handbook*. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2004, 611 p. ISBN 01-351-5941-5.
- [160] LEPIL, O., BEDNAŘÍK, M. a ŠIROKÁ, M. *Fyzika: sbírka úloh pro střední školy*. 3. vydání. Praha: Prometheus, 2003, 269 s. Učebnice pro střední školy. ISBN 978-80-7196-266-3.
- [161] KRUŽÍK, M. *Sbírka úloh z fyziky: pro žáky středních škol*. 2. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1974. 315 s.
- [162] LEPIL, O. *Fyzika pro gymnázia – Mechanické kmitání a vlnění*. 4. vydání., dotisk. Praha: Prometheus, 2010, 129 s. ISBN 978-807-1963-875.
- [163] NAHODIL, J. *Fyzika v běžném životě*. 2., rozš. vydání. Praha: Prometheus, 2004, 206 s. ISBN 80-719-6278-3.
- [164] MATTHEWS, M. R, GAULD, C. F. a STINNER, A. *The pendulum: scientific, historical, philosophical and educationa perspectives*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2005, 542 p. ISBN 978-140-2035-258.
- [165] KRANJC, Tomaž. Simulations as a complement and a motivation element in the teaching of physics. *Metodički obzori*. 2011, **6**(2).
- [166] BEDNAŘÍK, M. a ŠIROKÁ, M. *Fyzika pro gymnázia - Mechanika*. 4. vydání, dotisk. Praha: Prometheus, 2011, 288 s. ISBN 978-807-1963-820.
- [167] Newton's Laws Of Motion (1) : The Law Of Inertia In: *Youtube* [online]. 19.03.2010. [cit. 2013-10-22]. Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=Q0Wz5P0JdeU>. Kanál uživatele ESocast.
- [168] AKREDITAČNÍ KOMISE. *Zpráva Akreditační komise o hodnocení doktorských studijních programů z oblasti oborových didaktik přírodních věd*. 2010 [cit. 2013-09-29]. Dostupné z: http://www.akreditacnikomise.cz/attachments/231_hodnoceni_dsp_didaktiky_2010.pdf

- [169] KOREŠ, J. Using Phun to Study “Perpetual Motion” Machines. *The Physics Teacher*. 2012, **50**(5), 278-280. DOI: 10.1119/1.3703542. Dostupnéz: <http://link.aip.org/link/PHTEAH/v50/i5/p278/s1>
- [170] KOREŠ, J. Modelujeme perpetuum mobile programem Phun. *Matematika - fyzika - informatika*. 2013, **22**(2), 130-135. ISSN 1210-1761.
- [171] Úlohy 1. kola 54. ročníku fyzikální olympiády. Kategorie A. *Fyzikální olympiáda* [online]. 2012, č. 54 [cit. 2013-09-29]. Dostupné z: http://fyzikalniolympiada.cz/archiv/54/fo54a1_z.pdf
- [172] JANEČEK, P. *Počítačový model jako moderní nástroj pro podporu výuky fyziky na základní a střední škole*. Olomouc, 2011. Rigorózní práce. Univerzita Palackého. Vedoucí práce Oldřich Lepil.

PUBLIKAČNÍ AKTIVITY

Vlastní publikační aktivity doktoranda rozděleny na tematické části.

Část knihy:

KOREŠ, J. Školní WiFi síť - jak a proč? In: BRDIČKA, B. et al. *Informační a komunikační technologie ve škole*. Praha: VÚP Praha, 2010, s. 63-66. ISBN 978-80-87000-31-1.

Časopisy:

KOREŠ, J. *Přírodovědná praktika*. Metodický portál RVP [online]. 2008, [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://clanky.rvp.cz/clanek/t/G/2508/PRIRODOVEDNA-PRAKTIKA.html> ISSN 1802-4785.

NÝDL, V., KOREŠ, J. a STRAKA, J., editoři, *Sborník příspěvků konference ICTE Junior* [CD-ROM], Č. Budějovice 28.-29. 6. 2008. ISBN 978-80-7394-107-9

KOREŠ, J. a STRAKA, J. Phun a simulace ve fyzice. *Matematika - fyzika - informatika*. 2010, **19**(4), 212-216. ISSN 1210-1761.

KOREŠ, J. *Volitelný seminář z informatiky*. Metodický portál RVP [online]. 27. 4. 2010, [cit. 2013-10-17]. ISSN 1802-4785. Dostupné z: <http://clanky.rvp.cz/clanek/c/G/8259/VOLITELNY-PREDMET-SEMINAR-Z-INFORMATIKY.html>

KOREŠ, J. *Netradiční laboratorní úlohy z fyziky*. Metodický portál RVP [online], 25. 01. 2011, [cit. 2013-10-17]. ISSN 1802-4785. Dostupné z: <http://clanky.rvp.cz/clanek/c/G/10037/NETRADICNI-LABORATORNI-ULOHY-Z-FYZIKY.html>.

KOREŠ, J. *Účinnost rychlovarné konvice*, Metodický portál RVP [online]. 11. 01. 2011 [cit. 2013-10-17]. ISSN 1802-4785. Dostupné z: <http://clanky.rvp.cz/clanek/c/G/10157/UCINNOST-RYCHLOVARNE-KONVICE.html>

STRAKA, J. a KOREŠ, J. *Čokoláda aneb Ohřátí jednoho litru vody*. Metodický portál RVP [online]. 14. 04. 2011 [cit. 2013-10-17]. ISSN 1802-4785. Dostupné z: <http://clanky.rvp.cz/clanek/s/O/10893/COKOLADA-ANEB-OHRATI-JEDNOHO-LITRU-VODY.html/>

KOREŠ, J. a STRAKA, J. *Nástroje pro tvorbu fyzikálních modelů a simulací*. Metodický portál RVP [online]. 29. 04. 2011 [cit. 2013-10-17]. ISSN 1802-4785. Dostupné z: <http://clanky.rvp.cz/clanek/s/G/10433/NASTROJE-PRO-TVORBU-FYZIKALNICH-MODELU-A-SIMULACI.html/>

KOREŠ, J. *Jednotky množství informace prakticky*. Metodický portál RVP [online]. 22. 08. 2011 [cit. 2013-10-17]. ISSN 1802-4785. Dostupné z: <http://clanky.rvp.cz/clanek/s/G/10879/JEDNOTKY-MNOZSTVI-INFORMACE-PRAKTICKY.html/>

KOREŠ, J. Using Phun to Study “Perpetual Motion” Machines. *The Physics Teacher*. 2012, **50**(5), 278-280. DOI: 10.1119/1.3703542. Dostupné z: <http://link.aip.org/link/PHTEAH/v50/i5/p278/s1>

KOREŠ, J. Modelujeme perpetuum mobile programem Phun. *Matematika - fyzika - informatika*. 2013, **22**(2), 130-135. ISSN 1210-1761.

KOREŠ, J. Co je těžší? *3pól - Magazín plný pozitivní energie* [online]. 24. 6. 2013 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://3pol.cz/1432-co-je-tezsi>

KOREŠ, J. Perpetuum na vodu. *3pól - Magazín plný pozitivní energie* [online]. 13. 3. 2013 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://3pol.cz/1374-perpetuum-na-vodu>

KOREŠ, J. Perpetuum mobile podle Simona Stevina a biskupa Johna Wilkinse. *3pól - Magazín plný pozitivní energie* [online]. 1. 2. 2013 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://3pol.cz/1360-perpetuum-mobile-podle-simona-stevina-a-biskupa-johna-wilkinse>

KOREŠ, J. PM aneb perpetuum mobile. *3pól - Magazín plný pozitivní energie* [online]. 22. 11. 2012 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://3pol.cz/1322-pm-aneb-perpetuum-mobile>

KOREŠ, J. Další možnosti Trackeru. *3pól - Magazín plný pozitivní energie* [online]. 26. 10. 2012 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://3pol.cz/1310-dalsi-moznosti-trackeru>

KOREŠ, J. Pokročilé možnosti programu Tracker. *3pól - Magazín plný pozitivní energie* [online]. 10. 9. 2012 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://3pol.cz/1292-pokrocile-moznosti-programu-tracker>

KOREŠ, J. Využití počítače při fyzikálním měření. *3pól - Magazín plný pozitivní energie* [online]. 29. 6. 2012 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://3pol.cz/1260-vyuziti-pocitace-pri-fyzikalnim-mereni>

KOREŠ, J. Gamabeta zkoumala radioaktivitu v Temelíně. *3pól - Magazín plný pozitivní energie* [online]. 31. 8. 2011 [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://3pol.cz/1113-gamabeta-zkoumala-radioaktivitu-v-temeline>

MATOULEK, M. a KOREŠ, J. Za vším hledej energii. *Obesity News* [online]. 18. 1. 2012. [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.obesity-news.cz/?pg=uvod&id=358>

MATOULEK, M. a KOREŠ, J. Redukční dieta a úsporná žárovka – co mají společného? *Obesity News* [online]. 14. 3. 2012. [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.obesity-news.cz/?pg=uvod&id=370>

MATOULEK, M. a KOREŠ, J. Jak na redukci váhy? Stejně jako na údržbu motoru. *Obesity News* [online]. 16. 4. 2012. [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.obesity-news.cz/?pg=uvod&id=378>

MATOULEK, M. a KOREŠ, J. Jak změny počasí a teplot ovlivňují náš bazální výdej? *Obesity News* [online]. 21. 5. 2012. [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.obesity-news.cz/?pg=uvod&id=388>

MATOULEK, M. a KOREŠ, J. Vyplatí se, nebo nevyplatí sluneční energie? *Obesity News*. [online]. 27. 6. 2012. [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.obesity-news.cz/?pg=uvod&id=399>

MATOULEK, M. a KOREŠ, J. Mechanismus ukládání tuku v organismu aneb příprava na zimní spánek začíná již v září! *Obesity News* [online]. 19. 9. 2012. [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.obesity-news.cz/?pg=uvod&id=422>

MATOULEK, M. a KOREŠ, J. Mozková činnost, energie a hubnutí. *Obesity News* [online]. 26. 10. 2012. [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.obesity-news.cz/?pg=uvod&id=436>

Přednáška nebo poster:

KOREŠ, J. a STRAKA, J. Výukový web snadno a rychle aneb Chcete vlastní výukové internetové stránky? In: *Pedagogický software 2008*, Č. Budějovice, 4.-5. června 2008, s. 357-359. ISBN 80-85645-59-9.

KOREŠ, J. Počítačem podporovaná výuka molekulové fyziky a termiky na gymnáziu. In: *Sborník příspěvků konference ICTE - Junior*. České Budějovice: Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2008, ISBN 978-80-7394-107-9.

KOREŠ, J. a STRAKA, J. Zhodnocení e-learningového kurzu. In: *Sborník příspěvků konference Ditech 2008*. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, 2008.

KOREŠ, J. Využití autorských nástrojů při výuce fyziky. In: *Information and Communication Technology in Education: Ph.D. student's section*. Ostrava: University of Ostrava, 2009. s. ISBN 978-80-7368-460-0.

KOREŠ, J. Využití autorských nástrojů při výuce fyziky. In: *Technológie vzdelávania v príprave učiteľov prírodovedných a technických predmetov*. 1. vyd. Prešov: FHPV PU, 2011, s. 178-182. ISBN 978-80-555-0438-4.

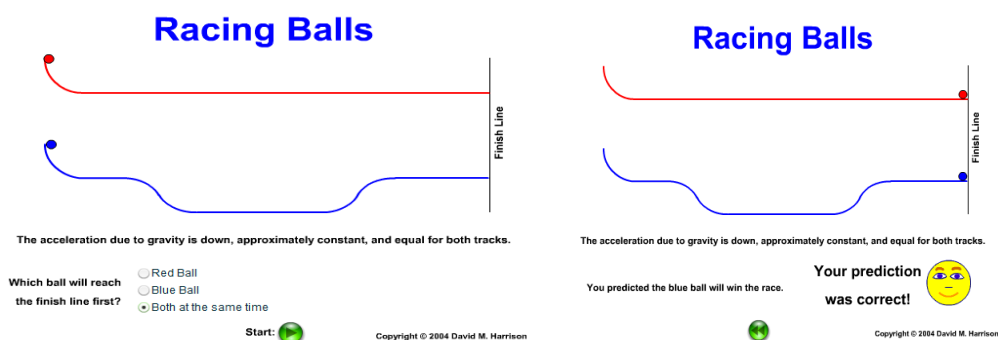
Další články:

KOREŠ, J. Přírodovědná praktika. *Pilot G/GP – Tvorba a ověřování pilotních ŠVP ve vybraných gymnáziích* [online]. 2008 [cit. 2013-10-29]. Dostupné z: http://www.pilotg-gp.cz/index.php?p=H_praktika&site=budejovice.

PŘÍLOHY

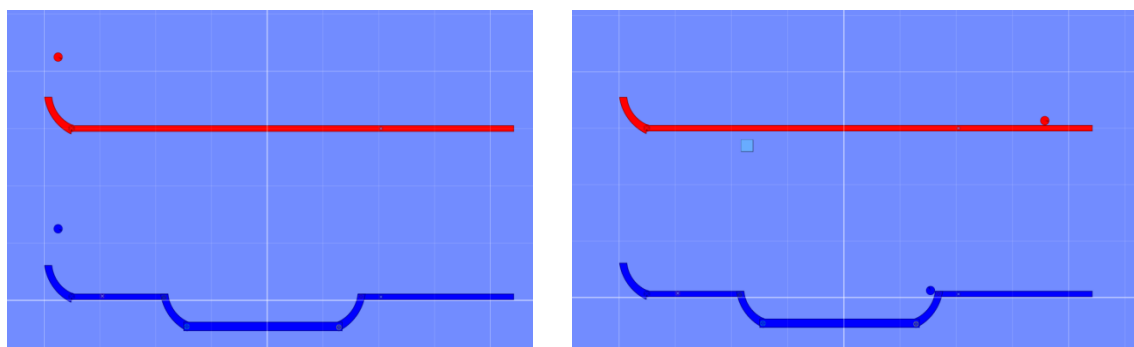
Příloha A Závod koulí

Příkladem fyzikálně nesprávné animace může být flashová animace z webu [<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/>]. Na začátku animace je položena otázka, která z koulí dorazí do cíle dříve. Správnou odpovědí (dle animace) je, že dříve dorazí koule modrá. Vzhledem k tomu, že se jedná o animaci, není pohyb koulí popsán fyzikálně, ale pouze manuálně či automaticky nastaven.



Obrázek 14 Ukázka animace – závod koulí

Tuto úlohu se nám při realizaci v Algodoo nepodařilo nasimulovat. Je to způsobeno tím, že při sjezdu do prohlubně se kulička vždy pohybovala vodorovným vrhem a při dopadu na spodní plochu se odrazila a začala dále skákat. Při snížení pružnosti kuličky došlo k výraznému poklesu její energie a kulička se nevrátila do původní výšky.

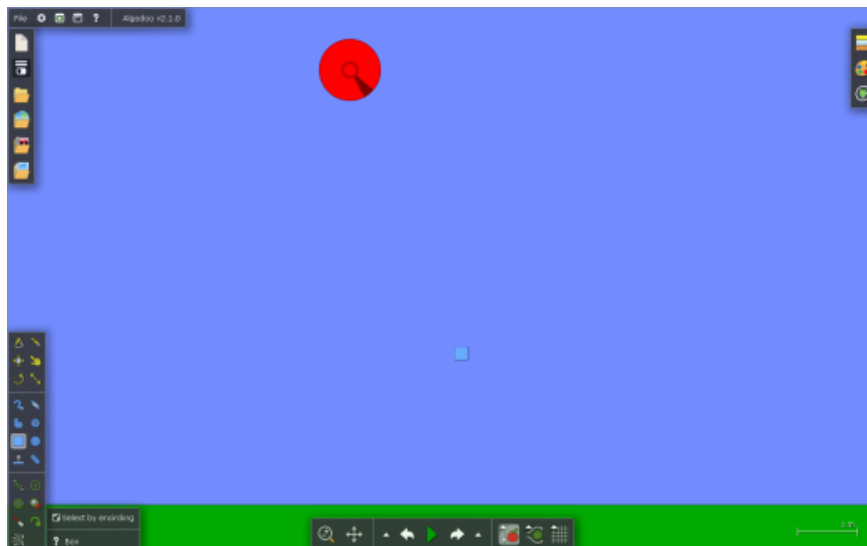


Obrázek 15 Ukázka simulace – závod koulí, Algodoo

Příloha B Ukázky simulací, naplňujících různé stupně Bloomovy taxonomie

B. 1) Znalost

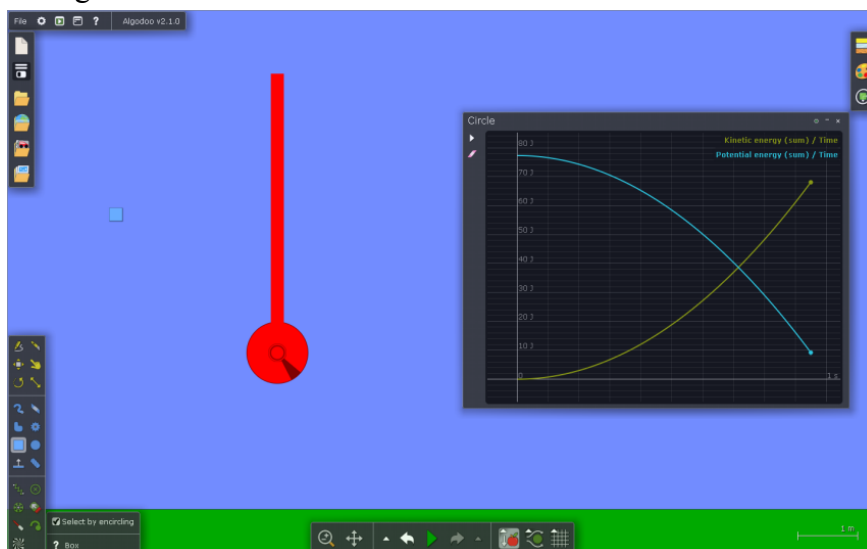
Na obrázku máme kuličku v homogenním gravitačním poli. Jaké má formy energie v různých fázích pohybu?



Obrázek 16 Simulace k Bloomově taxonomii – znalost

B. 2) Porozumění

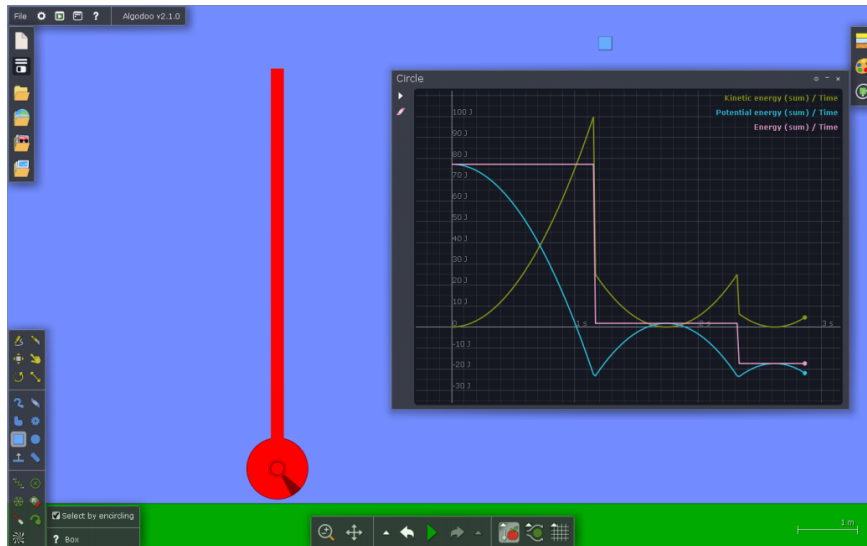
Zobrazíme graf popisující pohyb kuličky. Jaký bude průběh křivek popisujících potenciální a kinetickou energii?



Obrázek 17 Simulace k Bloomově taxonomii – porozumění

B. 3) Aplikace

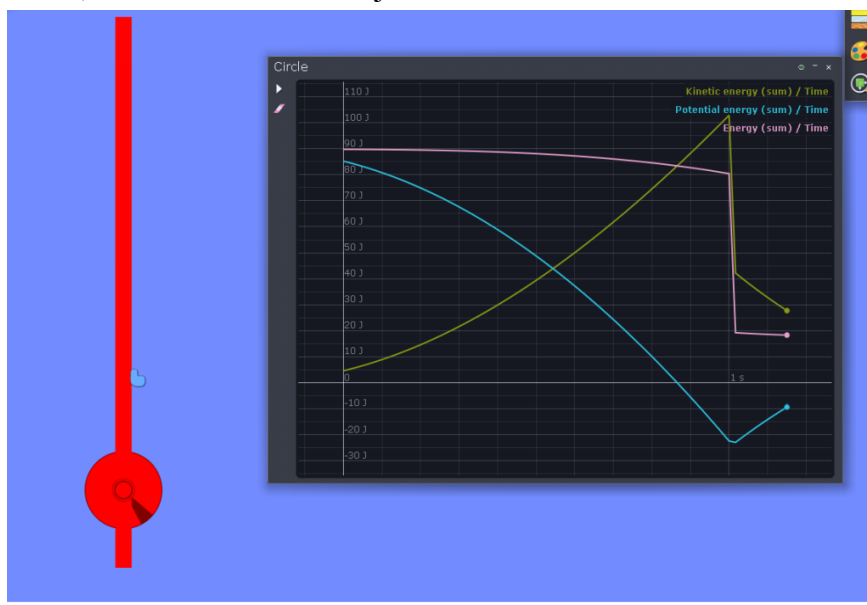
Pozorujeme graf popisující kinetickou a potenciální energii. Popište podle grafu chování kuličky. Okomentujte místa, kde docházelo ke změně celkové mechanické energie. Jak je možné, že výsledná energie bude na konci děje podle grafu záporná?



Obrázek 18 Simulace k Bloomově taxonomii – aplikace

B. 4) Analýza

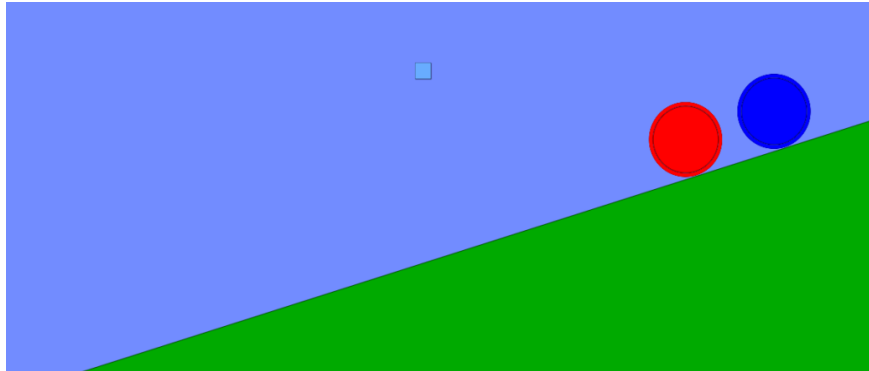
Z grafu určete, jaké odporové síly působí na pohyb kuličky ve vzduchu. Dochází ke snižování celkové mechanické energie stále, nebo je v určitých okamžicích? Jsou tyto změny konstantní, nebo na něčem závisejí?



Obrázek 19 Simulace k Bloomově taxonomii – analýza

B. 5) Syntéza

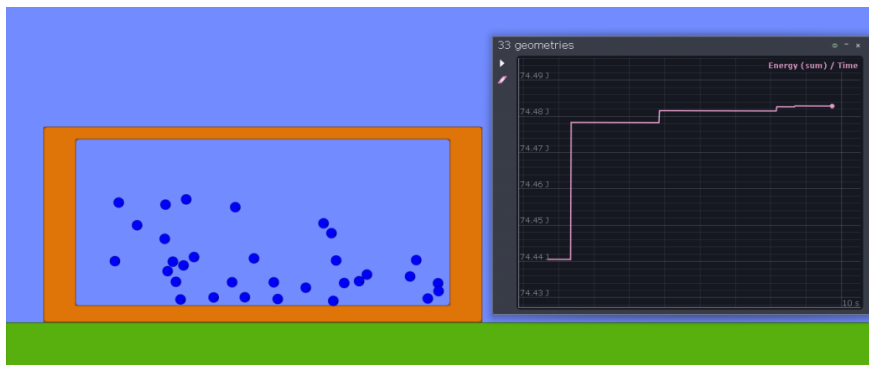
Co se skutálí z nakloněné roviny rychleji – plný válec, nebo dutý válec, naplněný vodou tak, aby měl stejnou hmotnost jako válec plný? Rozměry válců jsou stejné, uvažujeme viskozitu vody.



Obrázek 20 Simulace k Bloomově taxonomii – syntéza

B. 6) Hodnocení

Odpovídá chování uzavřené krabice s kuličkami zákonu zachování energie? Čím jsou případné neshody způsobeny? Na tělesa nepůsobí odpor vzduchu a jsou dokonale pružná.

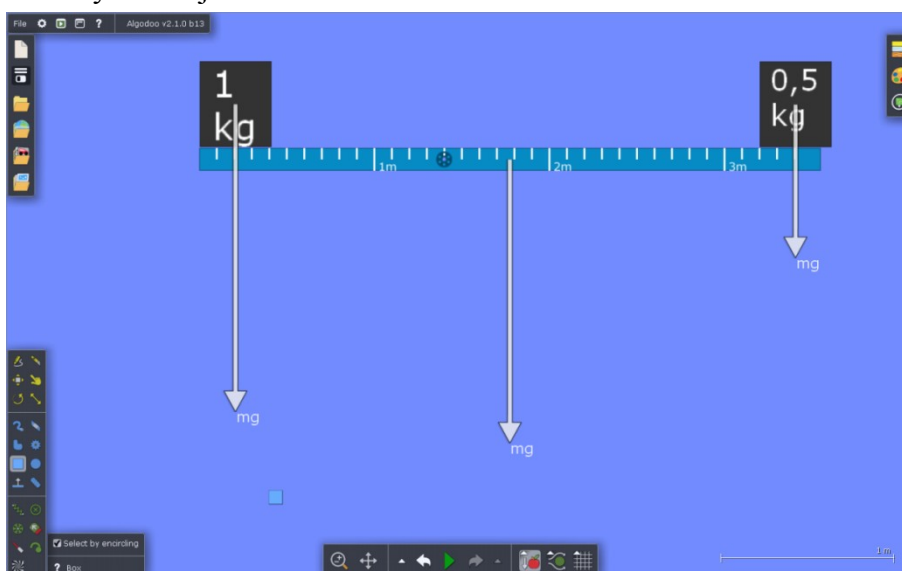


Obrázek 21 Simulace k Bloomově taxonomii – hodnocení

Příloha C Nenulová hmotnost

V Algodoo nelze vytvořit těleso s nulovou hmotností. To sice odpovídá realitě, avšak ne fyzikálním zjednodušením. Jako příklad uvádím rovnoramenné váhy – i když jsou tělesa na vahách umístěna tak, aby výsledný moment sil byl nulový (bez uvažování samotných vah), budou se váhy díky nerovnoměrnému rozdělení jejich vlastní hmotnosti překlápět.

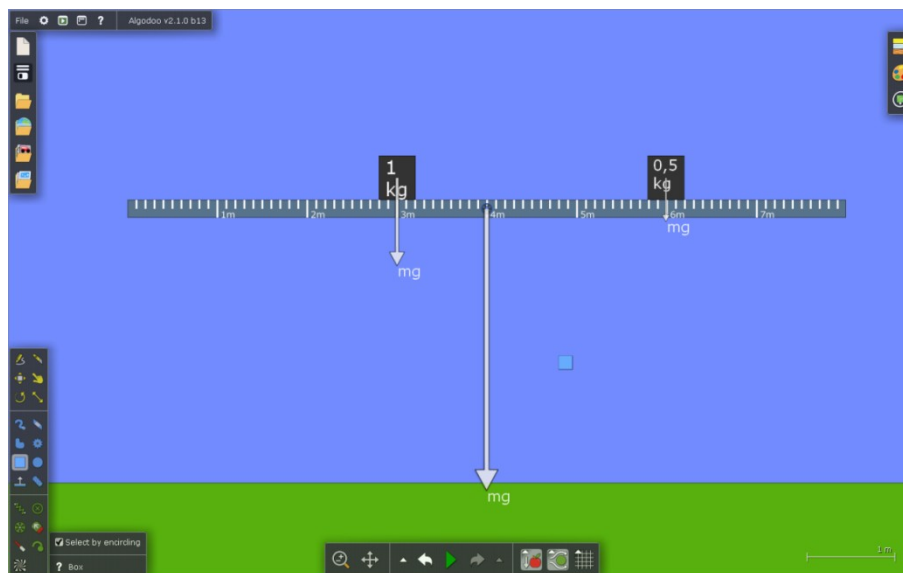
Z výše uvedeného vyplývá, že v Algodoo nelze vytvořit nerovnoramenné váhy v souladu s učivem fyziky pro střední i základní školu. V této úrovni totiž vědomě uvažujeme hmotnost samotných vah jako nulovou.



Obrázek 22 Nerovnoramenné váhy

Na obrázku vidíme model nerovnoramenných vah s vyznačením působících sil. Pokud by bylo možné v Algodoo vytvářet tělesa s nulovou hmotností, nepůsobila na váhy jejich tíha a závaží by pak byla v rovnováze.

Částečným řešením je výrazné zvýšení plošné hustoty závaží (tedy jejich hmotnosti) a naopak maximální snížení hmotnosti vah. V tomto případě nesmíme zapomenout na vypnutí působení vzduchu (odpor i vztlak).

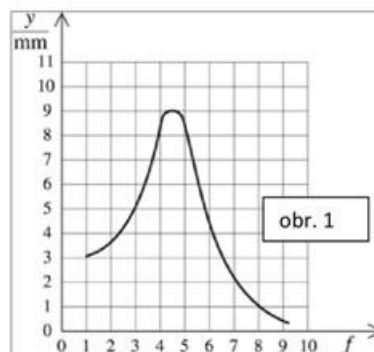


Obrázek 23 Nerovnoramenné váhy reprezentované pomocí vah rovnoramenných

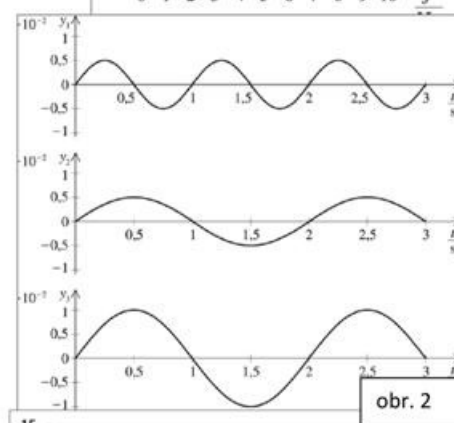
Problém lze též vyřešit tím, že i k simulaci vah nerovnoramenných, budeme využívat váhy rovnoramenné. V tom případě bude vliv hmotnosti vah na obě ramena stejný. U žáků však může dojít k miskonceptci, když budou váhy nerovnoramenné považovat za váhy rovnoramenné. Navíc takto nelze ukázat nerovnoramennou páku.

Příloha D Test k experimentu mechanické kmitání s vyznačením typu úloh.

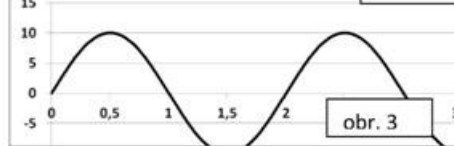
1. Kyvadlo je tvořeno tělesem, zavěšeným na 20 cm závěsu. Jaká je perioda jeho kmitů? (T)
2. Z jakého důvodu dochází ke kmitání těles? (T)
3. Co je to tlumení oscilátoru a čím je způsobeno? (T)
4. Co je to rezonance mech. oscilátoru, kdy k ní dojde? (T)
5. Proč, když nesete plnou sklenici vody, se z ní po chvíli začne vylévat voda? Jak byste ji nesli, aby se nevyčila? (P)
6. Jak se změní amplituda a frekvence při rozhoupávání houpačky? Nakresli. (P)
7. Jak se změní perioda kmitání dětské houpačky, jestliže a) místo jednoho dítěte se budou současně houpat dvě děti, b) dítě na houpačce bude nejdříve sedět a pak se postaví? (P,P)
8. Kyvadlo je tvořeno nádobou s pískem zavěšenou na pevném vlákně. Jak se bude měnit perioda kmitání, když se písek z nádoby postupně vysypává? Změnu polohy těžiště při sypaní písku neuvažujte. (P)
9. Těžké závaží zavěšené na niti můžeme rozkmitat foukáním. Navrhněte a vysvětlete postup. (P)
10. Na obr. 1 je rezonanční křivka nosníku, na kterém je připevněn elektromotor. Při jaké frekvenci otáčení elektromotoru se nosník silně rozkmitá? (G)
11. Čím se navzájem liší kmitání, jejichž časové diagramy jsou na obr. 2? Napište veličiny, popisující kmitání a rovnice pro okamžitou výchylku zobrazených harmonických kmitání. (T,G)
12. Napište rovnici harmonického kmitání, které má amplitudu výchylky 5 cm, periodu 0,5 s a nulovou počáteční fázi. (T)
13. Pokus se pomocí vlastního obrázku vysvětlit, co je to fáze kmitavého pohybu. (G)
14. Na obr. 3 je zobrazen kmitavý pohyb. Které z dalších zobrazených kmitání (obr. 4, 5, 6) by jsi použil(a) na jeho co nejvyšší rozkmitání? Vysvětli. (G)
15. Z dálky pozoruješ bungee jumping. Lze poznat, který skokan je těžší, pokud se pružné lano ve všech případech protáhne stejně? (P)
16. Na obr. 7 je Lissajousův obrazec. Víš, co to je a jaké jsou poměry frekvencí ve směru osy x a y? (T,P)



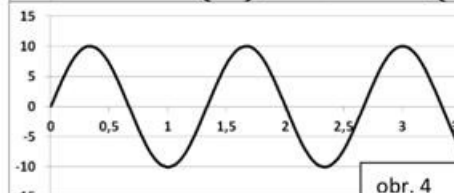
obr. 1



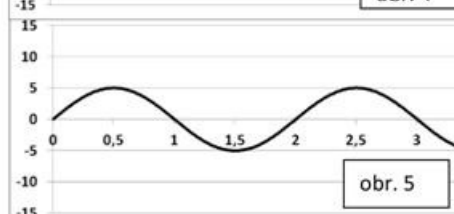
obr. 2



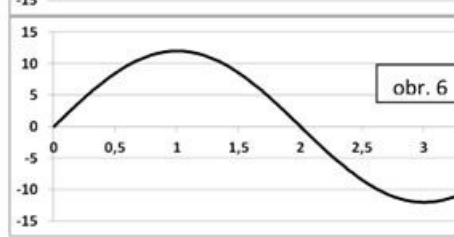
obr. 3



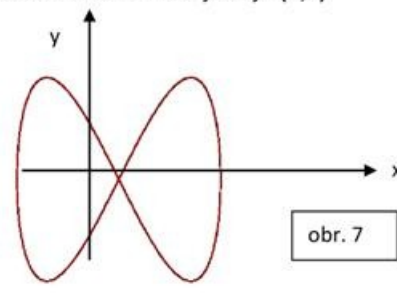
obr. 4



obr. 5



obr. 6



obr. 7

Příloha E Test k experimentu mechanické vlnění s vyznačením typu úloh.

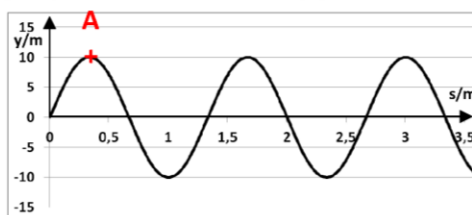
Odpovědi můžeš doplnit i obrázky.

Jméno:

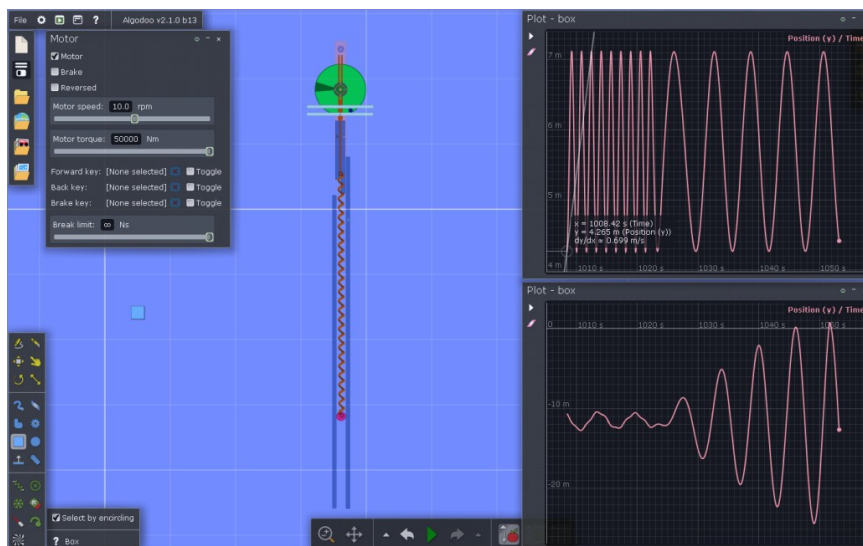
Třída:

Datum:

1. Co je to vlnová délka? **(T)**
2. Mechanickým vlněním se přenáší hmota, energie, nebo oboje? **(T)**
3. Co je to interference vlnění, jak k ní dochází? **(T)**
4. Vysvětli, jak dochází k Dopplerovu jevu. **(P)**
5. Je možné „vyrušit“ vlnění? Za jakých podmínek a v jakém rozsahu? **(P)**
6. Proč je rozdíl ve zvuku automobilu, když se k nám přibližuje a když se vzdaluje? **(T,P)**
7. Na čem závisí, jak výrazný bude ohyb vlnění? Uveď a vysvětli příklady výrazného ohybu. **(P)**
8. Když někdo udeří do dlouhé duté kovové tyče, uslyšíme na druhém konci úderu dva. Proč? **(P)**
9. Proč používají netopýři k orientaci ultrazvuk a ne zvuk? (ultrazvuk má vyšší frekvenci). **(P)**
10. Jak budou vypadat vlnoplochy z rovinného a bodového zdroje? Nakresli a vyznač vlnovou délku. **(G)**
11. Na grafu je znázorněn bod A. Vyznač do grafu body B, C, D, které jsou posunuté o $\lambda/4$, $\lambda/2$ a 2λ . **(G)**
12. Jaká bude výchylka za polovinu periody, pokud se z bodu A přesuneme o vzdálenost $1,5\lambda$. **(G)**
13. Na čem závisí výsledek interference dvou stejných vlnění? Uveď příklad. **(P)**
14. Proč jsou vlny na moři mnohem nižší, než u břehu? **(P)**
15. Proč zvuk se zvyšující se vzdáleností slábne? **(P)**
16. Jaká je vlnová délka vlnění, které se šíří rychlostí $1\,500\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a má frekvenci $1\,000\text{ Hz}$? **(T)**

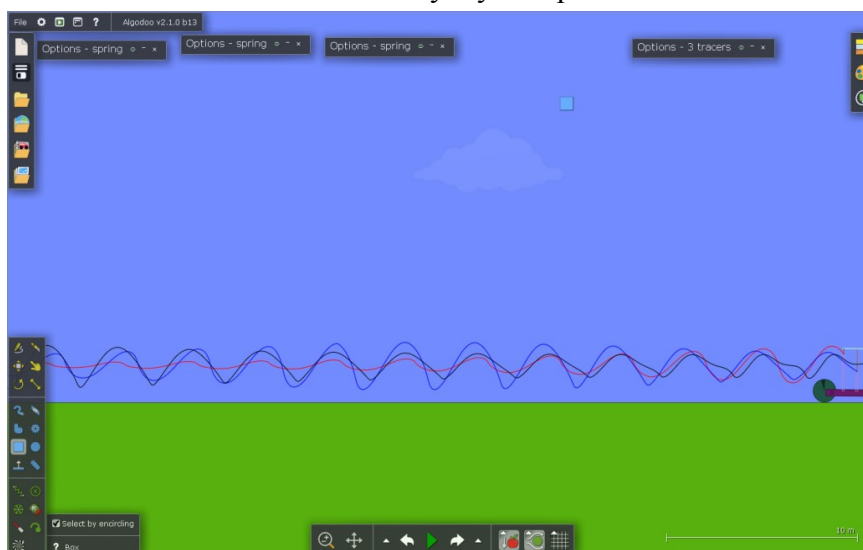


Příloha F Simulace k tématu rezonance



Obrázek 24 Simulace rezonance

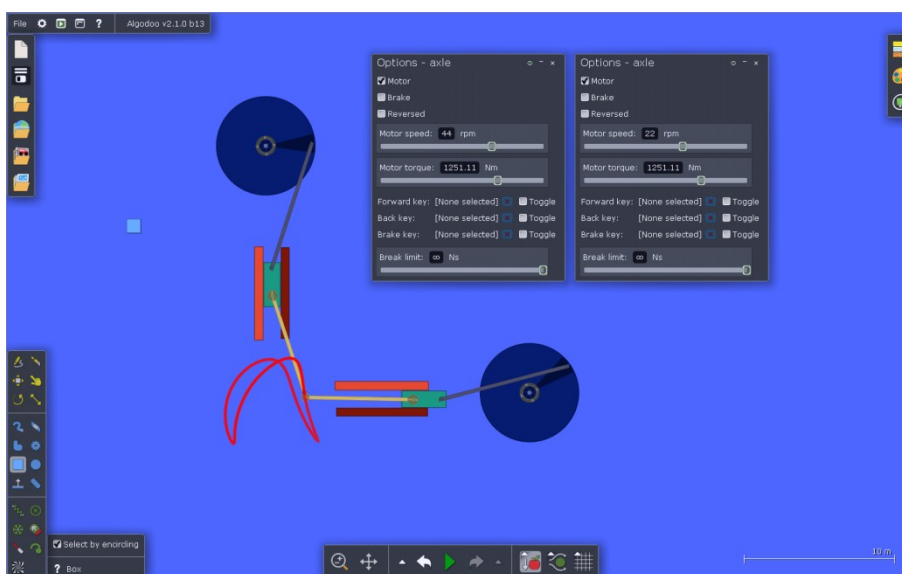
Oscilátor, tvořený tělesem na pružině, je buzen vnější periodickou silou. Na horním grafu vidíme závislost výchylky budící síly na čase, dole je stejná závislost pro oscilátor. Frekvenci budící síly je možné měnit pomocí změny počtu otáček zeleného kola. Z grafů je vidět, že oscilátor bude kmitat s maximální výchylkou při konkrétní frekvenci.



Obrázek 25 Simulace rezonance – vozítko

Na obrázku je vidět trajektorie třech různých oscilátorů, připevněných na vozítko s excentrickými koly. Protože jsou kola excentrická, vozítko vykonává kmitavý pohyb. Toto kmitání nuceně rozkmitává připevněné oscilátory. Z trajektorií jednotlivých oscilátorů je vidět, že každý oscilátor kmital s nejvyšší amplitudou v jiném místě – jak se zmenšuje rychlost pohybu vozítka, tak se snižuje i frekvence nuceného kmitání.

Příloha G Simulace k tématu Lissajousovy obrazce

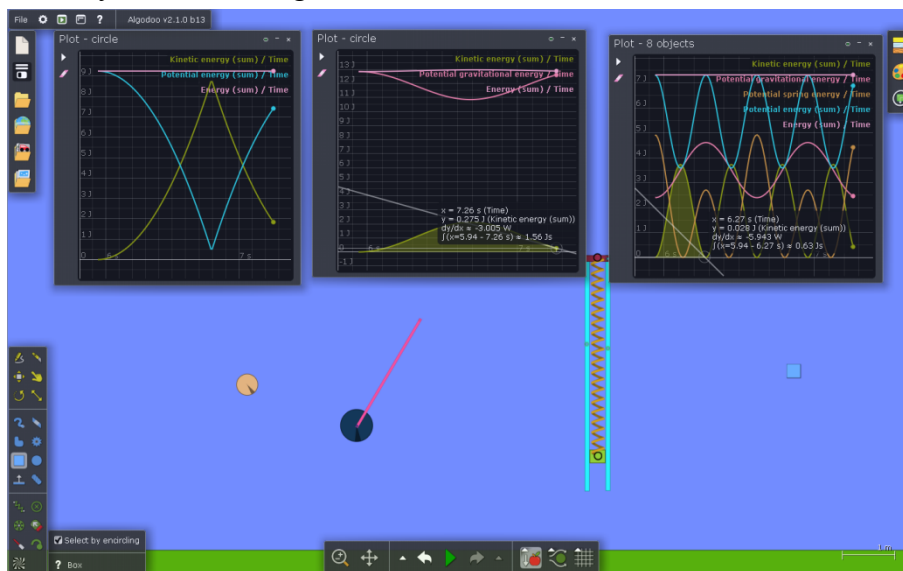


Obrázek 26 Simulace Lissajousovy obrazce

Dva oscilátory s různými frekvencemi jsou navzájem spojeni, pohyb spoje je vykreslován popisovačem. Pokud budou frekvence obou oscilátorů v určitém poměru, vzniknou uzavřené Lissajousovy obrazce. Frekvence obou oscilátorů lze měnit.

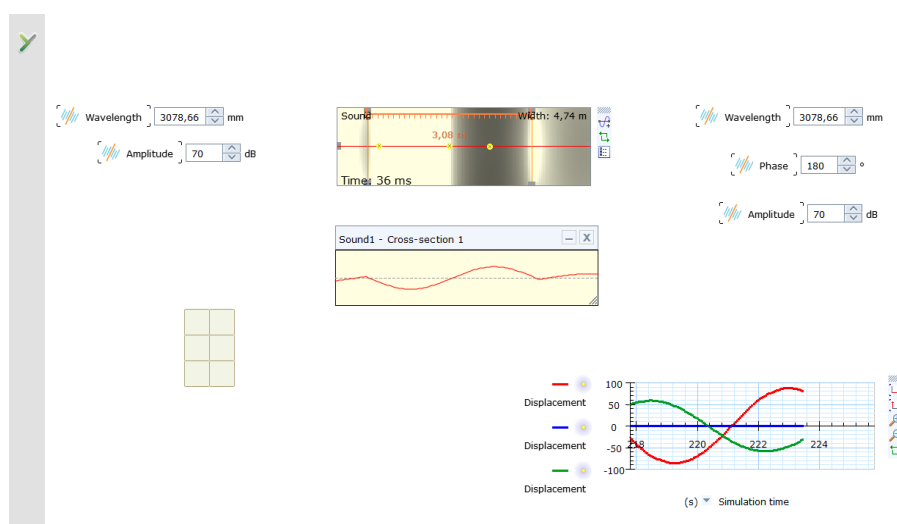
Příloha H Simulace oscilátorů

Simulována jsou tři tělesa, vykonávající periodický pohyb. Z grafů lze odečíst periodu a amplitudu kmitů i to, které těleso vykonává harmonické kmity a které ne. Také je ukázáno, že celková energie oscilátorů (bez odporu prostředí) je konstantní a při kmitání dochází k přeměnám různých forem energie.



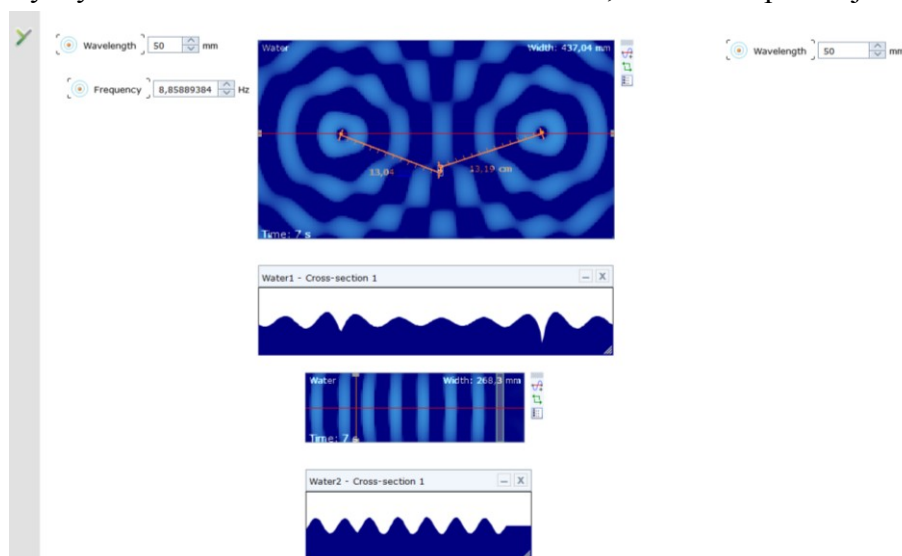
Obrázek 27 Simulace oscilátory

Příloha I Simulace k tématu interference



Obrázek 28 Interference rovinných vln

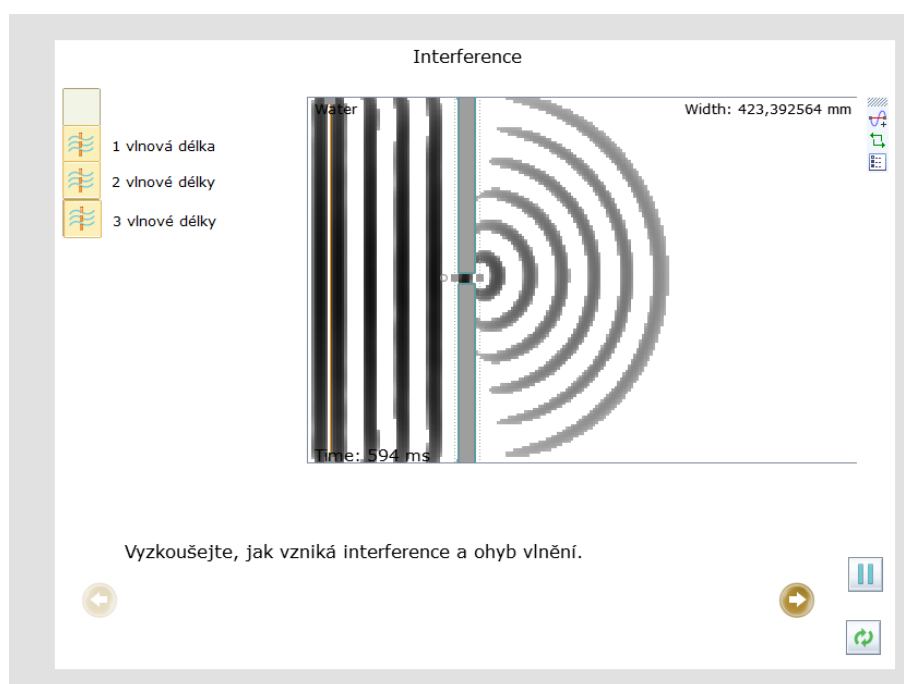
V prostředí jsou umístěny dva rovinné zdroje vlnění. Změnou frekvencí, jejich vzdáleností a fázovým posunem lze zobrazit výsledné vlnění. Barevný graf ukazuje výchylky v určitých místech. Na tomto grafu lze vidět jak výslednou výchylku v daném místě, tak také to, že výchylka vlnění závisí na frekvenci a na místě, kde vlnění pozorujeme.



Obrázek 29 Interference kulových vln

Oproti předchozí simulaci je v tomto případě použit bodový zdroj, opět lze pozorovat výsledné vlnění ve vybraném místě a jeho závislost na vzdálenosti od obou zdrojů, jejich frekvenci a fázovém posunu.

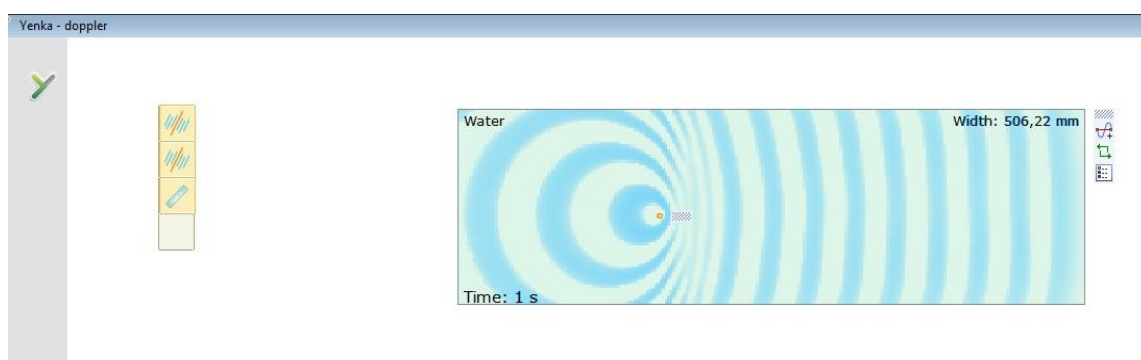
Příloha J Simulace k tématu ohyb



Obrázek 30 Simulace ohybu vlnění

Na této simulaci je demonstrován jak ohyb vlnění, tak závislost míry ohybu na šířce štěrbin. Změnou šířky štěrbin, nebo změnou frekvence (vlnové délky) vlnění lze ukázat, kdy je ohyb největší.

Příloha K Simulace Dopplerova jevu



Obrázek 31 Simulace Dopplerova jevu

V prostředí je umístěn bodový zdroj, který se může pohybovat. Změnou rychlosti pohybu (udávané jako poměr k rychlosti zvuku v daném prostředí) lze pozorovat změnu vlnoploch, vznikajících kolem zdroje. Lze pozorovat zhuštění vlnoploch ve směru pohybu zdroje vlnění a naopak jejich zředění za pohybujícím se tělesem. Lze také ukázat tvar vlnoploch, pokud se zdroj vlnění bude pohybovat rychlostí zvuku a rychlostí vyšší, než je rychlost zvuku v daném prostředí.

Příloha L Výsledky experimentu mechanické kmitání

Tabulka 13 Výsledky experimentální skupiny v pretestu

ID	Číslo otázky																		
	1	2	3	4	5	6	7a	7b	8	9	10	11a	11b	12	13	14	15	16a	16b
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

V tabulce jsou uvedeny výsledky jednotlivých žáků experimentální skupiny v pretestu. Sloupce reprezentují bodové hodnocení v dané otázce, řádky jednotlivé žáky. Písmena a, b u některých otázek jsou využita k rozlišení hodnocení různých typů úloh u otázek, které zjišťovaly znalosti v různých typech úloh (T, P, G). Značka X je uvedena u žáka, který se nezúčastnil celého experimentu.

Tabulka 14 Výsledky experimentální skupiny v posttestu

ID	Číslo otázky																		
	1	2	3	4	5	6	7a	7b	8	9	10	11a	11b	12	13	14	15	16a	16b
1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0
15	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
16	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
17	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1
18	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1

Tabulka 15 Výsledky kontrolní skupiny v pretestu

ID	Číslo otázky																		
	1	2	3	4	5	6	7a	7b	8	9	10	11a	11b	12	13	14	15	16a	16b
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
27	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 16 Výsledky kontrolní skupiny v posttestu

ID	Číslo otázky																		
	1	2	3	4	5	6	7a	7b	8	9	10	11a	11b	12	13	14	15	16a	16b
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
9	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
22	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
24	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
28	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 17 Přírůstky bodů jednotlivců v experimentální skupině

ID	Číslo otázky																		
	1	2	3	4	5	6	7a	7b	8	9	10	11a	11b	12	13	14	15	16a	16b
1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	0	1	0	-1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0
15	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
16	1	1	1	0	-1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
17	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1
18	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
bodové zlepšení:	5	6	4	7	12	7	15	6	14	3	6	8	0	0	9	6	4	6	8
zlepšení v procentech:	17	21	14	24	41	24	52	21	48	10	21	28	0	0	31	21	14	21	28

Tabulka 18 Přírůstky bodů jednotlivců v kontrolní skupině

ID	Číslo otázky																		
	1	2	3	4	5	6	7a	7b	8	9	10	11a	11b	12	13	14	15	16a	16b
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
9	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0
22	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
24	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0
27	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
28	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
bodové zlepšení	1	1	4	6	6	4	2	3	2	7	2	7	0	0	0	7	1	0	0
zlepšení v procentech	3	3	13	19	19	13	6	10	6	23	6	23	0	0	0	23	3	0	0

Tabulka 19 Výsledky experimentální a kontrolní skupiny v jednotlivých typech úloh

ID žáka	Experimentální			Kontrolní		
	T	P	G	T	P	G
1	0,29	0,38	0,25	0,14	-0,13	0,25
2	0,14	0,13	0,25	0,14	0,00	0,25
3	0,00	0,13	0,00	0,29	-0,13	0,00
4	0,57	0,75	0,25	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,29	0,50	0,50	0,00	0,13	0,25
7	0,00	0,13	0,25	0,00	0,25	0,00
8	0,00	0,13	0,00	0,14	0,25	0,25
9	0,29	0,63	0,25	0,29	0,38	0,25
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,29	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,14	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
14	0,29	0,38	0,50	0,00	-0,13	0,00
15	0,14	0,63	0,00	0,00	0,13	0,00
16	0,57	0,25	0,50	0,14	0,00	0,00
17	0,71	0,75	0,75	0,00	0,00	0,00
18	0,14	0,50	0,00	0,14	0,00	0,00
19	0,29	0,50	0,25	0,00	0,13	-0,25
20	x	x	x	0,29	0,38	0,00
21	0,43	0,25	0,25	0,14	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25
23	x	x	x	0,14	0,25	0,25
24	0,14	0,25	0,25	0,14	0,38	0,25
25	0,00	0,25	0,25	x	x	x
26	0,43	0,75	0,00	-0,29	0,00	-0,50
27	0,00	0,13	0,00	0,29	0,25	0,50
28	0,00	0,00	-0,25	0,57	0,38	0,00
29	0,00	0,38	0,50	0,00	0,13	0,25
30	0,00	0,13	0,00	0,14	0,00	0,00
31	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00
32	x	x	x	0,00	0,00	0,25
Celkové zlepšení	18 %	30 %	18 %	9 %	10 %	7 %

Tabulka 20 Výsledky statistického testování – kvaziexperiment mechanické kmitání

	T	P	G
F-test	0,09	0,03	0,34
T-test	0,03	0,0002	0,02
ES	0,59	1,03	0,62

V tabulce jsou uvedeny p-hodnoty příslušných testů, použitých při porovnání výsledků experimentální a kontrolní skupiny v jednotlivých typech úloh. Zároveň je uveden effect-size (ES) pro jednotlivé typy úloh.

Příloha M Výsledky experimentu mechanické vlnění

Tabulka 21 Výsledky experimentální skupiny v pretestu

ID	Číslo otázky																			
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7	8	9	10	11a	11b	11c	12	13	14	15	16
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
24	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
29	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

V tabulce jsou uvedeny výsledky jednotlivých žáků experimentální skupiny v pretestu. Sloupce reprezentují bodové hodnocení v dané otázce, řádky jednotlivé žáky. Písmena a, b u některých otázek jsou využita k rozlišení hodnocení různých typů úloh u otázek, které zjišťovaly znalosti v různých typech úloh (T, P, G).

Tabulka 22 Výsledky experimentální skupiny v posttestu

ID	Číslo otázky																			
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7	8	9	10	11a	11b	11c	12	13	14	15	16
1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
3	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
6	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
19	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
21	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
23	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
24	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
25	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1
26	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1
27	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1
28	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1
29	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
30	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
31	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Tabulka 23 Výsledky kontrolní skupiny v pretestu

ID	Číslo otázky																			
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7	8	9	10	11a	11b	11c	12	13	14	15	16
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
29	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 24 Výsledky kontrolní skupiny v posttestu

ID	Číslo otázky																			
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7	8	9	10	11a	11b	11c	12	13	14	15	16
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
13	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
14	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
15	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1
18	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
21	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
23	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
24	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
25	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
29	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 25 Přírůstky bodů jednotlivců v experimentální skupině

ID	Číslo otázky																			
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7	8	9	10	11a	11b	11c	12	13	14	15	16
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	-1
2	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	-1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
8	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
13	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
15	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
18	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
21	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
24	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
25	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	1
29	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bodové zlepšení	10	3	5	8	6	0	8	2	6	0	1	2	7	9	7	2	1	1	0	16
zlepšení v procentech	33	10	17	27	20	0	27	7	20	0	3	7	23	30	23	7	3	3	0	53

Tabulka 26 Přírůstky bodů jednotlivců v kontrolní skupině

ID	Číslo otázky																			
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7	8	9	10	11a	11b	11c	12	13	14	15	16
1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	-1	1	0	0	0	0	1
3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
6	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	1	-1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	-1	0	1
9	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
15	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
19	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
21	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
23	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
24	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	-1	0	0	0	1
25	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	-1	0	1	0	1
26	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1
27	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	-1	1	0	0	0
28	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	-1	0	1
29	0	-1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
30	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
bodové zlepšení	15	1	8	7	12	8	8	3	12	2	5	6	11	9	11	-2	3	4	3	13
zlepšení v procentech	50	3	27	23	40	27	27	10	40	7	17	20	37	30	37	-7	10	13	10	43

Tabulka 27 Výsledky experimentální a kontrolní skupiny v jednotlivých typech úloh

ID žáka	Experimentální			Kontrolní		
	T	P	G	T	P	G
1	0,17	0,44	0,80	-0,17	0,00	0,60
2	0,17	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00
3	0,33	0,00	0,60	X	X	X
4	0,00	0,00	0,00	0,50	0,11	0,00
5	0,50	0,11	0,60	0,17	0,11	0,00
6	0,50	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
7	X	X	X	0,17	0,00	0,40
8	0,50	0,33	0,80	0,00	0,00	0,00
9	-0,17	0,00	0,00	0,33	0,00	0,60
10	0,00	0,11	0,00	0,33	0,00	0,00
11	X	X	X	0,33	0,22	0,00
12	0,33	0,22	0,00	0,33	0,00	0,60
13	0,17	0,00	0,00	0,50	0,00	0,40
14	0,50	0,11	0,80	0,00	0,11	0,80
15	-0,17	0,00	0,00	0,17	0,11	0,00
16	0,50	0,22	0,00	0,67	0,00	0,00
17	0,83	0,00	0,00	0,67	0,56	0,00
18	-0,17	0,11	0,00	0,67	0,11	0,00
19	0,50	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,67	0,22	0,00	0,17	0,11	0,00
21	0,17	0,33	0,80	0,33	0,22	1,00
22	0,00	0,11	0,20	0,17	0,00	0,00
23	0,67	0,44	0,00	0,00	0,00	0,60
24	0,67	0,00	0,60	0,50	0,11	0,40
25	0,33	0,22	0,40	0,33	0,11	0,00
26	0,50	0,56	0,60	0,67	0,22	0,00
27	0,17	0,56	-0,20	0,33	0,00	0,60
28	0,50	0,22	0,80	0,17	0,00	-0,60
29	0,33	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,50	0,11	0,00	0,67	0,00	0,00
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
32	0,50	0,11	0,00	x	x	x
Celkové zlepšení	32 %	17 %	23 %	27 %	7 %	18 %

Tabulka 28 Výsledky statistického testování – kvaziexperiment mechanické vlnění

	T	P	G
F-test	0,62	0,06	0,99
T-test	0,23	0,004	0,27
ES	0,31	0,76	0,29

V tabulce jsou uvedeny p-hodnoty příslušných testů, použitých při porovnání výsledků experimentální a kontrolní skupiny v jednotlivých typech úloh. Zároveň je uveden effect-size (ES) pro jednotlivé typy úloh.

Příloha N Zadání dotazníku s ukázkou vyplnění

Dotazník

- 1) Výuka s počítačem pro mě byla přínosnější, než bez něj. Ano, spíše ano, spíše ne, ne, nevím.
- 2) Výuka s počítačem mi pomohla: Ano, spíše ano, spíše ne, ne, nevím.
 - a) s pochopením výkladu: Ano, spíše ano, spíše ne, ne, nevím.
 - b) s představením si probírané látky: Ano, spíše ano, spíše ne, ne, nevím.
 - c) se spojením probírané látky s praktickými jevy: Ano, spíše ano, spíše ne, ne, nevím.
 - d) se soustředěním na výuku: Ano, spíše ano, spíše ne, ne, nevím.
 - e) s odpověďmi na test: Ano, spíše ano, spíše ne, ne, nevím.
 - f) s počítáním příkladů: Ano, spíše ano, spíše ne, ne, nevím.
- 3) Test byl zaměřen na: teorii, pochopení, oboje, nevím.
- 4) Při odpovídání na otázky v testu jsem se snažil si: vzpomenout, odhadnout, tipnout, představit si, nevím.
- 5) Jak změnil experiment tvůj postoj k fyzice? Zlepšil, zhoršil, nězměnil, nevím.
- 6) Fyziku se snažím: naučit, pochopit, nevím, nesnažím se.
- 7) Fyziku je těžší se: naučit se, pochopit, nevím.
- 8) Při výuce bez počítače: se lépe naučím, lépe pochopím, neovlivňuje mě to, nevím.
- 9) Při výuce s počítačem: se lépe naučím, lépe pochopím, neovlivňuje mě to, nevím.
- 10) Chyběly při výuce bez počítače informace, potřebné k vyplnění testu? (Ano, spíše ano, spíše ne, ne, nevím)
- 11) Chyběly při výuce s počítačem informace, potřebné k vyplnění testu? (Ano, spíše ano, spíše ne, ne, nevím)
- 12) Kdy se snažil vyučující při výuce vysvětlit látku lépe? S počítačem, bez počítače, bylo to stejné, nevím.
- 13) Lišil se přístup vyučujícího při výuce s počítačem a bez něj? Pokud ano, v čem? (Ano, spíše ano, spíše ne, ne, nevím)
- 14) Která forma výuky pro tebe byla přínosnější? S počítačem, bez počítače, bylo to stejné, neovlivnilo mě to, nevím.
- 15) Napiš v pořadí 3 přínosy výuky s počítačem a 3 přínosy výuky bez něj.

+ lepší představa
+ snazší pochopení děje

- člověk se nesoustředí na výuku ale da animace, ...
- bez počítače více uhlavním

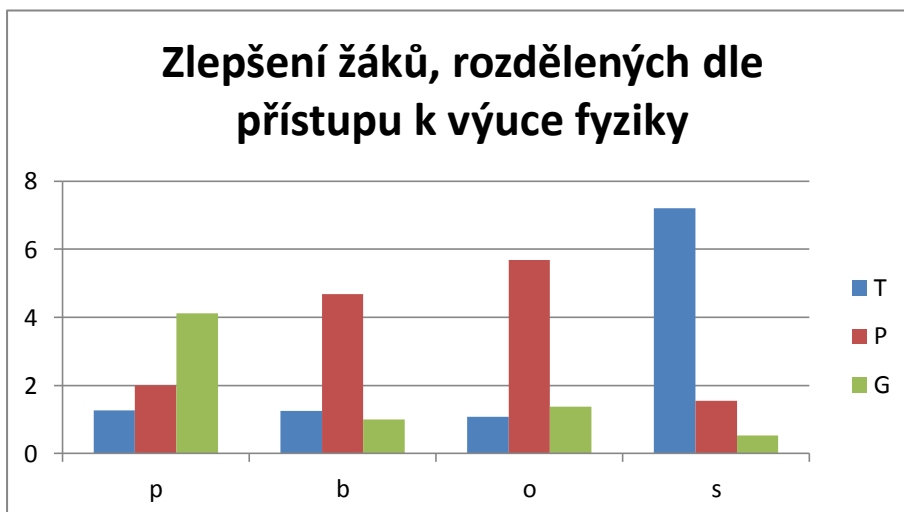
Příloha O Vyhodnocení dotazníku

	ano	spíše ano	spíše ne	ne	nevím
1) Výuka s počítačem pro mě byla přínosnější, než bez něj:	9	13	4	0	2
2) Výuka s počítačem mi pomohla:	8	15	4	0	0
a) s pochopením výkladu:	6	14	7	1	0
b) s představením si probírané látky:	18	7	2	0	1
c) se spojením probírané látky s praktickými jevy:	13	10	2	1	1
d) se soustředěním na výuku:	5	10	6	4	2
e) s odpověďmi na test:	4	8	8	6	1
f) s počítáním příkladů:	0	5	10	10	2
10) Chyběly při výuce bez počítače informace, potřebné k vyplnění testu?	0	5	19	3	1
11) Chyběly při výuce s počítačem informace, potřebné k vyplnění testu?	0	5	17	5	1
13) Lišil se přístup vyučujícího při výuce s počítačem a bez něj? Pokud ano, v čem?	4	3	10	11	0
	teorii	pochopení	oboje	nevím	x
3) Test byl zaměřen na:	2	9	16	0	
	vzpomenout	odhadnout	tipnout	představit si	nevím
4) Při odpovídání na otázky v testu jsem se snažil si:	10	2	1	11	0
	zlepšil	zhoršil	nezměnil	nevím	x
5) Jak změnil experiment tvůj postoj k fyzice?	10	0	17	0	
	naučit	pochopit	nevím	nesnažím se	x
6) Fyziku se snažím:	4	20	1	1	
7) Fyziku je těžší se:	4	23	1		
	lépe naučím	lépe pochopím	neovlivňuje	nevím	x
8) Při výuce bez počítače:	4	5	15	1	
9) Při výuce s počítačem:	1	16		16	
	S počítačem	bez počítače	stejně	nevím	x
12) Kdy se snažil vyučující při výuce vysvětlit látku lépe?	4	6	17	0	
	S počítačem	bez počítače	stejně	neovlivnilo	nevím
14) Která forma výuky pro tebe byla přínosnější?	13	4	5	5	1



Obrázek 32 Graf výsledků žáků v závislosti na jejich klasifikaci

Hodnoty v grafu ukazují, kolikrát vyšší bylo zlepšení v jednotlivých typech úloh při výuce s autorskými nástroji a bez nich u žáků dle jejich klasifikace z fyziky. Pololetní klasifikace žáků je vynesena na ose x.



Obrázek 33 Graf výsledků žáků v jednotlivých typech úloh v závislosti na jejich přístupu k výuce fyziky

Rozdělení žáků do skupin je vysvětleno v kapitole 5.2.3. Poměr přírůstků bodů je určen jako podíl přírůstků bodů v experimentální části k počtu bodů v kontrolní části. Žáci byli rozděleni podle přístupu k výuce fyziky do skupiny „pocitiví“ (p), „bez zájmu“ (b), „ostatní“ (o) a „snaživí“ (s).

Příloha Q Test k experimentu Newtonovy zákony s vyznačením typu úloh

Napište 1. Newtonův zákon

Napište 2. Newtonův zákon

Jaké účinky má působení síly na těleso?

Jaká výsledná síla působí na auta na obrázku, pokud jede každé jinou rychlostí? **Sílu zakreslete do obrázku, nebo odpověď napište.**¹

Působí nějaké síly, pokud tlačíme rukou na stěnu? Síly buď napište (a porovnejte jejich velikosti), nebo nakreslete.

Cyklista přestane šlapat. Nebrzdí a kolo postupně zpomaluje. Působí na kolo nějaká síla?

Jaké síly působí na míček, který jste vyhodili svisle vzhůru, ve vyznačených bodech (obr. 2)? Působení vzduchu neuvažujte. **Zakreslete do obrázku.**

Jak velkou silou se přitahuje Země a její družice? **Síly nakreslete do obrázku.**

Na obrázku jsou dva spojené siloměry, tmavý má tuhost pružiny 2x menší, než světlý. Napište, jaká bude výchylka na světlém siloměru, pokud tmavý při napínání ukáže výchylku 8 N.

Dvě stejná auta, z nichž jedno je v klidu, a druhé se pohybuje, do sebe narazí.

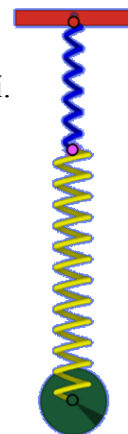
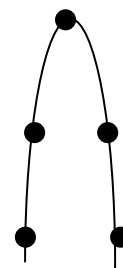
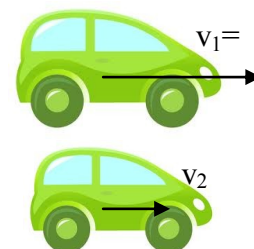
Porovnejte na ně působící síly.

Petr před sebou tlačí vozík. **Nakreslete do obrázku působící síly.**

Jaké síly působí na knihu, ležící na stole. **Nakreslete.**

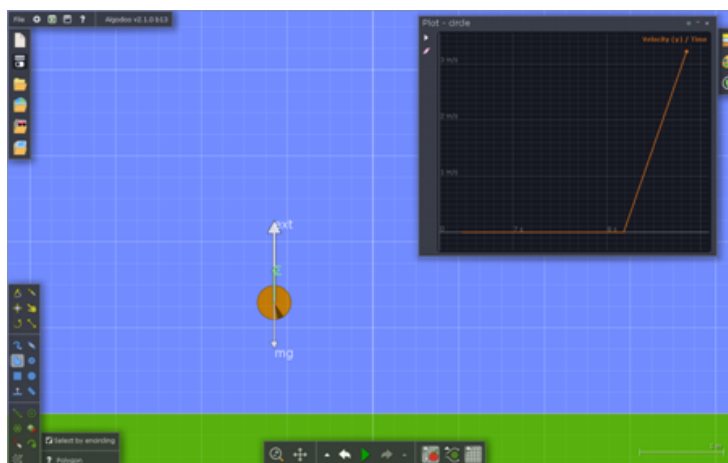
Síly znázornujte šipkami – jejich délka by měla odpovídat velikosti síly.

Jméno:
Třída:
Datum:



¹ Zdroj obrázku: <http://www.designbox.cz/cz/tutorial:-nakreslete-eko-auticko-v-illustratoru-1404036420.html>

Příloha R Simulace k 1. Newtonovu zákonu



Obrázek 34 Simulace k 1. NZ – GJVJ, skupina B

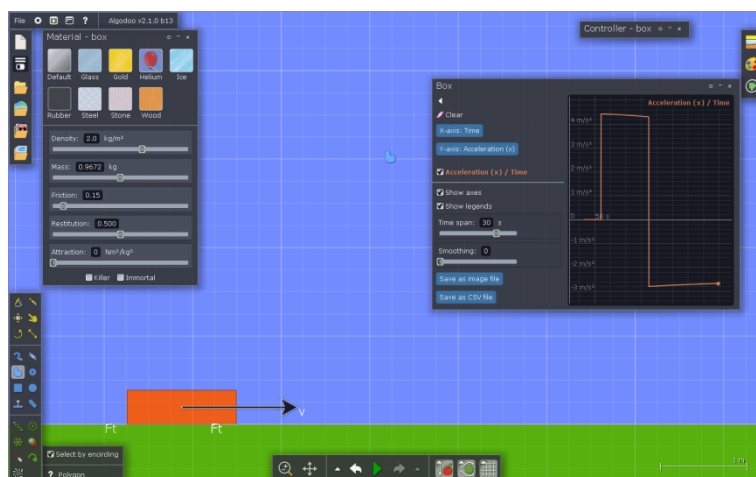
Směr síly, působící na kuličku je ovládán kurzorovými klávesami. Pokud klávesy nejsou stisknuty, na kuličku nepůsobí žádná síla. V grafu je zobrazena závislost velikosti rychlosti ve směru osy y na čase. Při vypnutí gravitačního pole dojde ke změně grafu: pokud gravitační pole působí, rychlost bude konstantní, pokud je gravitační pole zapnuto, bude kulička padat a její rychlost se bude měnit.



Obrázek 35 Simulace k 1. NZ – GJVJ, skupina A²

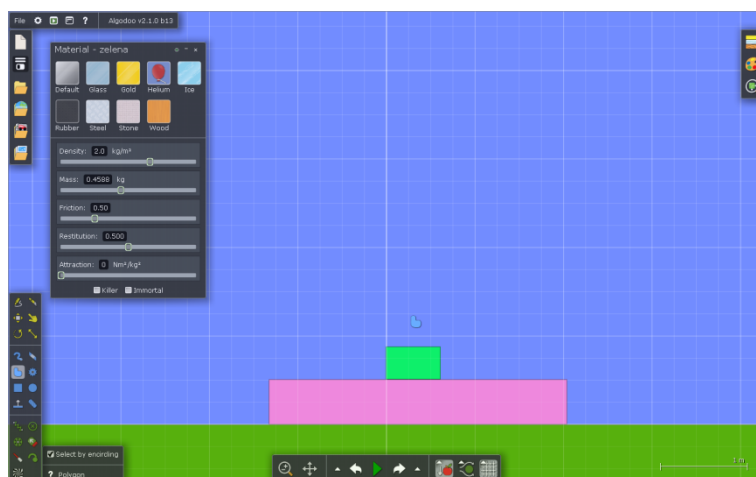
Simulace založena pohybu cyklisty. Pomocí nástroje „Thruster“ je možné na těleso stále silově působit. V simulaci jsou znázorněny působící síly a také je zobrazen graf rychlosti ve směru osy x v závislosti na čase. Změnou velikosti působící síly (na obrázku označena ext) se mění velikost rychlosti. Pokud nastavíme působící sílu stejně velkou jako sílu tření a odpor vzduchu, bude velikost rychlosti konstantní. Lze ukázat, že velikost vnější síly, nutné k dosažení rovnoměrného pohybu, nezávisí na rychlosti pohybu tělesa (nesmíme zapomenout vypnout odpor vzduchu).

² Zdroj obrázku: <http://www.zzspak-odbory.wz.cz/>



Obrázek 36 Simulace k 1. NZ – Gymnázium Jihlava

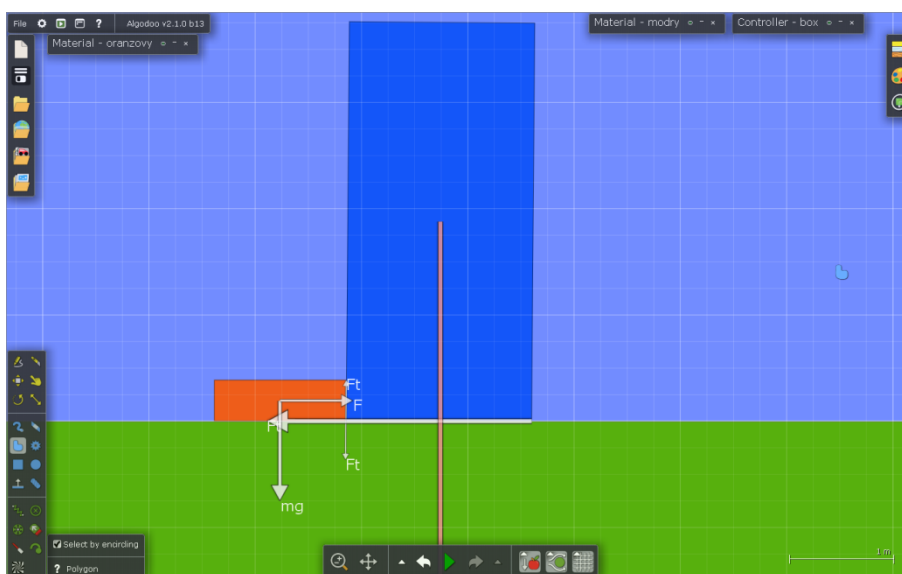
Tato simulace byla využita k demonstraci tvrzení, že při působení síly se těleso pohybuje zrychleně. Ovládání působení sil je realizováno kurzorovými klávesami, na grafu je znázorněno aktuální zrychlení tělesa ve směru osy x. Zároveň je zobrazen vektor rychlosti a síly, působící na těleso. Volbou vlastností tělesa (zejména koeficientu smykového tření) je možné demonstrovat platnost zákona setrvačnosti.



Obrázek 37 Simulace k 1. NZ – SOŠ Č. Budějovice

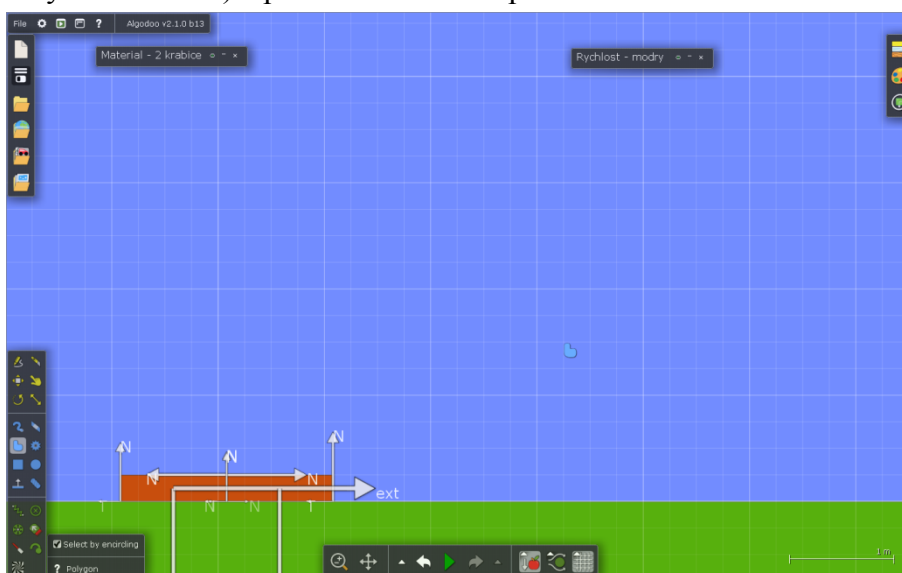
U simulace lze měnit součinitel smykového tření zeleného tělesa, pohyb růžového tělesa je ovládán kurzorovými klávesami. Pokud bude součinitel smykového tření nulový, zůstane zelené těleso při rozjždění růžového tělesa na místě. Další možností je rozpochybovat obě tělesa s nenulovým koeficientem smykového tření, a při pohybu zmenšit tento koeficient na nulovou hodnotu. Pak bude růžové těleso brzdit a zelené jej bude předbíhat (pohybovat se konstantní rychlostí).

Příloha S Simulace k 3. Newtonovu zákonu



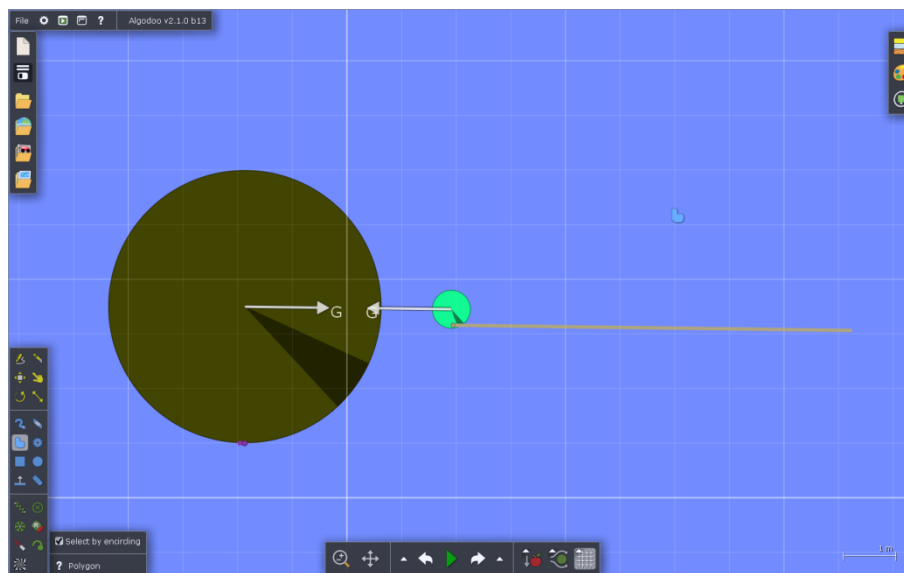
Obrázek 38 Simulace k 3. NZ – GJVJ, skupina C

Simulace ukazuje velikosti sil, působící na dvě různá tělesa. Oranžové těleso tlačí silou na modré těleso. V simulaci lze měnit vlastnosti obou těles (zejména jejich hmotnost a koeficient smykového tření) a pozorovat velikost působících sil.



Obrázek 39 Simulace k 3. NZ – Gymnázium Jihlava

V simulaci jsou zobrazeny síly, působící na dvě tělesa během jejich srážky, nebo pokud jedno těleso tlačí druhé. Lze měnit vlastnosti obou těles a velikost působících síly.



Obrázek 40 Simulace k 3. NZ – SOŠ Č. Budějovice

Simulace ukazuje gravitační působení mezi dvěma tělesy. Lze měnit hmotnost obou těles. Popisovač, připojený k oběma tělesům ukazuje jejich pohyb. Na něm je vidět, že i hmotnější těleso se pohybuje.

Příloha T Výsledky experimentu Newtonovy zákony

Tabulka 29 Výsledky jednotlivců v pretestu – GJVJ, skupina B

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
27	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

V tabulce jsou uvedeny výsledky jednotlivých žáků experimentální skupiny v pretestu. Sloupce reprezentují bodové hodnocení v dané otázce, řádky jednotlivé žáky.

Tabulka 30 Výsledky jednotlivců v posttestu – GJVJ, skupina B

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
7	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
10	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
11	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
12	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
14	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
17	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
18	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
19	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
20	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
21	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
22	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
23	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
25	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
26	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
27	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
28	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Tabulka 31 Výsledky jednotlivců v pretestu – GJVJ, skupina C

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 32 Výsledky jednotlivců v posttestu – GJVJ, skupina C

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1
4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
6	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
8	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
10	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0
11	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
13	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1
14	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
16	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
17	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
18	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
19	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
22	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
27	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
28	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
29	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
30	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
31	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0

Tabulka 33 Výsledky experimentu GJVJ

ID	GJVJ_B			GJVJ_C		
	1. NZ E	3. NZ K	T	1. NZ K	3. NZ E	T
1	0,25	0,00	0,33	0,25	0,00	0,00
2	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	-1,00	0,25	0,60	0,33
4	0,25	0,60	0,67	0,00	0,00	0,33
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,33
6	0,50	0,60	0,67	0,00	0,00	0,67
7	0,75	0,00	0,33	0,00	0,20	0,00
8	0,00	0,00	-0,33	0,00	0,80	0,67
9	0,50	0,40	0,67	0,00	0,00	-0,33
10	0,50	0,00	0,33	0,25	0,40	0,33
11	0,00	0,60	0,33	0,50	0,20	0,00
12	0,25	0,20	0,00	0,00	0,40	0,00
13	0,25	0,00	-0,33	0,50	0,60	0,00
14	0,00	0,00	0,33	0,75	0,80	0,67
15	0,00	0,00	0,33	0,25	0,20	0,00
16	0,25	0,00	-0,33	0,25	0,00	0,67
17	0,50	0,20	0,33	0,00	0,60	0,00
18	0,50	0,40	0,33	0,00	0,20	0,33
19	0,25	0,40	0,00	0,00	0,20	0,00
20	0,50	0,20	0,00	0,00	0,00	-0,33
21	0,50	0,00	0,33	0,00	0,40	0,00
22	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	0,00	-0,33	0,25	0,20	0,33
24	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00
25	0,75	0,20	0,33	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,33	0,00	0,60	0,33
27	0,25	0,00	0,67	0,25	0,60	0,33
28	0,00	0,20	1,00	0,25	0,40	0,00
29	0,00	0,00	-0,33	0,00	0,00	0,00
30	0,00	0,20	0,33	0,25	0,20	0,33
31	x	x	x	0,25	0,20	0,33
Zlepšení	23 %	15 %	18 %	13 %	26 %	17 %

Výsledky respondentů v jednotlivých typech úloh. Ve sloupcích je uveden typ úloh, ve kterém jsou jednotlivým žákům počítány přírůstky bodů. Ve sloupcích T jsou body za teoretické otázky, ve sloupci 1. NZ jsou přírůstky bodů z otázek zjišťujících pochopení 1. Newtonova zákona, body za zlepšení v oblasti pochopení 3. Newtonova zákona jsou ve sloupci 3. NZ. Písmena E, K označují, zda daná skupina byla v dané tématické oblasti kontrolní, či experimentální.

Tabulka 34 Výsledky statistického testování – GJVJ

	1. NZ	3. NZ	T
F-test	0,18	0,22	0,02
T-test	0,05	0,03	0,95
ES	0,53	0,57	0,02

V tabulce jsou uvedeny p-hodnoty příslušných testů, použitých při porovnání výsledků experimentální a kontrolní skupiny v jednotlivých typech úloh. Ve sloupci 1. NZ jsou uvedeny p-hodnoty pro tematickou oblast chápání 1. Newtonova zákona, ve sloupci 3. NZ jsou p-hodnoty pro oblast chápání 3. Newtonova zákona. Ve sloupci T jsou p-hodnoty, zjištěné z testování zlepšení v oblasti teoretických otázek.

Zároveň je uveden effect-size (ES) pro jednotlivé typy úloh.

Tabulka 35 Výsledky jednotlivců v pretestu – Gymnázium Jihlava, skupina G

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
14	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
20	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 36 Výsledky jednotlivců v posttestu – Gymnázium Jihlava, skupina G

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1
10	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
14	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
16	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
18	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0
22	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
25	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
26	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
27	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1
28	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
30	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0

Tabulka 37 Výsledky jednotlivců v pretestu – Gymnázium Jihlava, skupina S

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 38 Výsledky jednotlivců v posttestu – Gymnázium Jihlava, skupina S

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
5	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
11	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1
20	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
24	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1

Tabulka 39 Výsledky experimentu Gymnázium Jihlava

ID	GYMJI_S			GYMJI_G		
	1. NZ E	3. NZ K	T	1. NZ K	3. NZ E	T
1	0,00	0,00	0,33	0,00	0,60	0,00
2	0,25	0,20	-0,33	0,00	0,20	0,33
3	0,25	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00
4	0,25	0,40	0,00	0,00	0,40	0,00
5	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,25	0,60	0,67
7	0,25	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,33
9	0,00	0,00	0,67	0,25	1,00	0,00
10	0,25	0,40	-0,33	0,00	0,00	0,67
11	0,00	0,00	0,67	0,50	0,40	0,00
12	0,25	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	-0,20	0,00	0,50	0,20	0,33
14	0,25	0,20	-0,33	0,25	0,60	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00
16	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
17	0,75	0,00	0,00	0,25	0,40	0,00
18	0,00	0,00	0,00	0,25	0,60	0,67
19	0,50	0,40	0,00	-0,25	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,67	0,25	0,00	0,00
21	0,75	0,00	-0,33	0,25	0,60	0,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67
23	0,00	0,20	0,33	0,00	0,00	-0,33
24	0,25	0,20	0,67	0,25	0,40	0,67
25	x	x	x	0,00	0,20	0,33
26	x	x	x	0,00	0,20	0,00
27	x	x	x	0,00	0,80	0,33
28	x	x	x	0,25	0,20	0,67
29	x	x	x	0,00	0,40	0,00
30	x	x	x	0,25	0,40	0,00
Zlepšení	20%	8%	8%	11%	28%	19%

Výsledky respondentů v jednotlivých typech úloh. Ve sloupcích je uveden typ úloh, ve kterém jsou jednotlivým žáků počítány přírůstky bodů. Ve sloupcích T jsou body za teoretické otázky, ve sloupci 1. NZ jsou přírůstky bodů z otázek zjišťujících pochopení 1. Newtonova zákona, body za zlepšení v oblasti pochopení 3. Newtonova zákona jsou ve sloupci 3. NZ. Písmena E, K označují, zda daná skupina byla v dané tématické oblasti kontrolní, či experimentální.

Tabulka 40 Výsledky statistického testování – Gymnázium Jihlava

	1. NZ	3. NZ	T
F-test	0,11	0,01	0,58
T-test	0,05	0,0003	0,14
ES	0,55	1,08	0,42

V tabulce jsou uvedeny p-hodnoty příslušných testů, použitých při porovnání výsledků experimentální a kontrolní skupiny v jednotlivých typech úloh. Ve sloupci 1. NZ jsou uvedeny p-hodnoty pro tematickou oblast chápání 1. Newtonova zákona, ve sloupci 3. NZ jsou p-hodnoty pro oblast chápání 3. Newtonova zákona. Ve sloupci T jsou p-hodnoty, zjištěné z testování zlepšení v oblasti teoretických otázek.

Zároveň je uveden effect-size (ES) pro jednotlivé typy úloh.

Tabulka 41 Výsledky jednotlivců v pretestu – SOŠ Č. Budějovice, skupina 1

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
20	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 42 Výsledky jednotlivců v posttestu – SOŠ Č. Budějovice, skupina 1

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
19	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
20	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
21	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1
24	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
28	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0

Tabulka 43 Výsledky jednotlivců v pretestu – SOŠ Č. Budějovice, skupina 2

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 44 Výsledky jednotlivců v posttestu – SOŠ Č. Budějovice, skupina 2

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
24	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
27	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Tabulka 45 Výsledky experimentu SOŠ Č. Budějovice

ID	SOS_2			SOS_1		
	1. NZ E	3. NZ K	T	1. NZ K	3. NZ E	T
1	0,00	0,20	0,67	0,00	0,40	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,33
3	0,75	0,20	1,00	0,00	0,00	0,33
4	0,00	0,00	0,00	0,25	0,60	0,00
5	0,50	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,33
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
8	0,25	0,20	0,00	0,25	0,00	0,33
9	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	-0,33
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
11	0,50	0,40	0,67	0,25	0,40	0,33
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,67
15	0,00	-0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
17	0,50	0,40	0,33	0,00	0,20	0,00
18	0,00	0,00	0,00	0,25	1,00	0,33
19	0,50	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,67
21	0,25	0,20	0,00	0,00	0,20	0,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	0,20	0,00	0,00	0,20	0,67
24	0,75	0,20	0,00	0,00	0,20	0,00
25	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
27	0,75	0,20	0,33	0,75	0,20	0,00
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,33
29	0,75	0,00	0,33	0,00	0,40	0,00
30	0,00	0,40	0,00	x	x	x
Zlepšení	18%	9%	11%	7%	21%	14%

Výsledky respondentů v jednotlivých typech úloh. Ve sloupcích je uveden typ úloh, ve kterém jsou jednotlivým žáků počítány přírůstky bodů. Ve sloupcích T jsou body za teoretické otázky, ve sloupci 1. NZ jsou přírůstky bodů z otázek zjišťujících pochopení 1. Newtonova zákona, body za zlepšení v oblasti pochopení 3. Newtonova zákona jsou ve sloupci 3. NZ. Písmena E, K označují, zda daná skupina byla v dané tématické oblasti kontrolní, či experimentální.

Tabulka 46 Výsledky statistického testování – SOŠ Č. Budějovice

	1. NZ	3. NZ	T
F-test	0,005	0,01	0,85
T-test	0,03	0,02	0,34
ES	0,58	0,64	0,26

V tabulce jsou uvedeny p-hodnoty příslušných testů, použitých při porovnání výsledků experimentální a kontrolní skupiny v jednotlivých typech úloh. Ve sloupci 1. NZ jsou uvedeny p-hodnoty pro tematickou oblast chápání 1. Newtonova zákona, ve sloupci 3. NZ jsou p-hodnoty pro oblast chápání 3. Newtonova zákona. Ve sloupci T jsou p-hodnoty, zjištěné z testování zlepšení v oblasti teoretických otázek.

Zároveň je uveden effect-size (ES) pro jednotlivé typy úloh.

Příloha U Výsledky doplňkového experimentu Newtonovy zákony

Tabulka 47 Výsledky jednotlivců v pretestu – GJVJ, skupina A

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1
10	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
21	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 48 Výsledky jednotlivců v posttestu – GJVJ, skupina A

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1
6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
7	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
8	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1
9	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0
10	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0
11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
12	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
13	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
16	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
17	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
18	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
19	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
20	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
21	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
22	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
24	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
25	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
26	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
27	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0
28	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0
29	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
30	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1

Tabulka 49 Výsledky jednotlivců v pretestu – GJVJ, skupina T

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
2	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
9	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
16	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
20	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
21	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1
22	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
23	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
26	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
27	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1
28	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0

Tabulka 50 Výsledky jednotlivců v posttestu – GJVJ, skupina T

ID	Číslo otázky											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0
2	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
3	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
4	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1
5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
6	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0
10	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
13	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
15	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
16	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
20	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
21	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
22	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
27	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
28	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
29	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0

Tabulka 51 Výsledky experimentu GJVJ – skupiny A, T

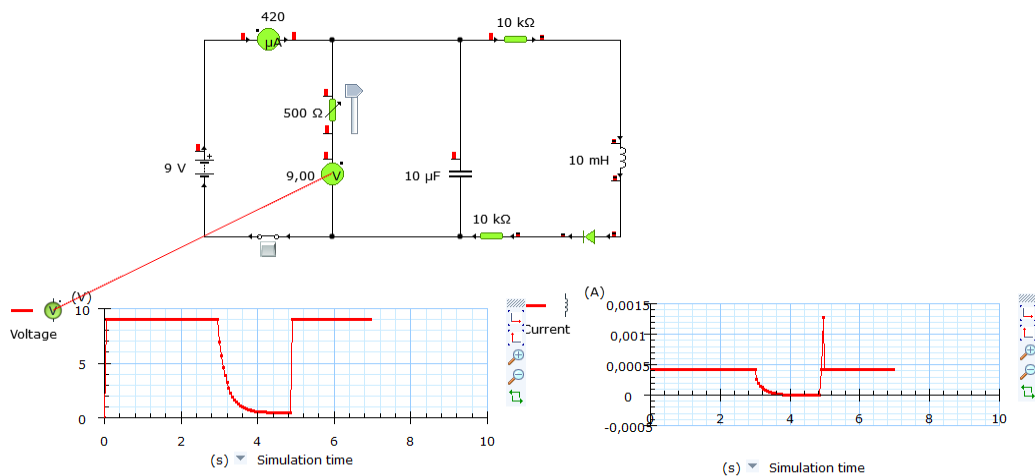
ID	GJVJ_A			GJVJ_T		
	1-E	3-K	OST	1-E	3-K	OST
1	0,00	0,00	-0,33	0,50	-0,20	0,67
2	0,50	0,40	0,67	0,00	0,20	0,33
3	0,25	0,00	-0,33	0,00	0,60	0,67
4	0,25	0,00	0,67	0,25	0,60	1,00
5	0,50	0,60	0,00	0,50	0,00	0,00
6	0,25	0,20	0,33	0,25	0,00	0,67
7	0,50	0,40	1,00	0,00	0,00	0,00
8	0,50	0,60	0,67	0,00	-0,40	0,33
9	0,25	0,00	0,33	0,50	0,20	0,33
10	0,25	0,40	0,67	0,00	0,20	0,00
11	0,25	0,20	-0,33	0,25	-0,20	0,00
12	0,75	0,40	0,67	0,25	0,40	1,00
13	0,75	0,20	0,33	0,00	0,00	0,33
14	0,00	0,00	0,00	-0,25	-0,20	0,33
15	0,50	0,20	1,00	0,00	0,00	0,67
16	0,50	0,20	1,00	0,50	0,00	0,33
17	0,25	0,20	0,67	0,00	0,00	-0,33
18	0,75	0,40	0,67	0,00	0,00	0,00
19	0,75	0,20	0,00	0,00	-0,20	0,67
20	0,00	0,20	0,67	0,25	0,00	0,67
21	0,25	0,20	0,33	0,00	-0,60	0,00
22	0,25	-0,20	0,33	0,25	0,20	0,67
23	0,00	0,20	0,00	0,75	0,60	0,67
24	0,00	0,20	0,67	0,00	0,00	0,00
25	0,50	0,20	0,67	0,25	-0,20	0,67
26	0,25	0,20	0,00	0,00	0,00	-0,33
27	0,50	0,40	0,00	0,25	-0,40	0,33
28	1,00	0,20	0,67	0,25	0,00	0,00
29	0,25	0,20	0,00	0,00	0,00	0,67
30	0,75	0,60	0,33	x	x	x
Zlepšení	38%	23%	39%	15%	3%	33%

Tabulka 52 Výsledky statistického testování – doplňkový experiment GJVJ

třída	1. NZ	3.NZ	T	p-hodnota	ES
GJVJ_A	38%	23%	39%	0,001	0,91
GJVJ_T	15%	3%	33%	0,009	0,72

V tabulce uvádíme výsledky jednotlivých tříd zvlášť. U každého typu úloh (úlohy na pochopení 1. NZ, úlohy na pochopení 3. NZ a úlohy teoretické) je uvedeno procentuelní zlepšení celé třídy. U statistického vyhodnocení byl použit párový t-test, protože stejná skupina byla jak kontrolní i experimentální. U obou tříd uvádíme p-hodnotu t-testu, zjišťující rozdíl mezi výsledky kontrolní a experimentální skupiny.

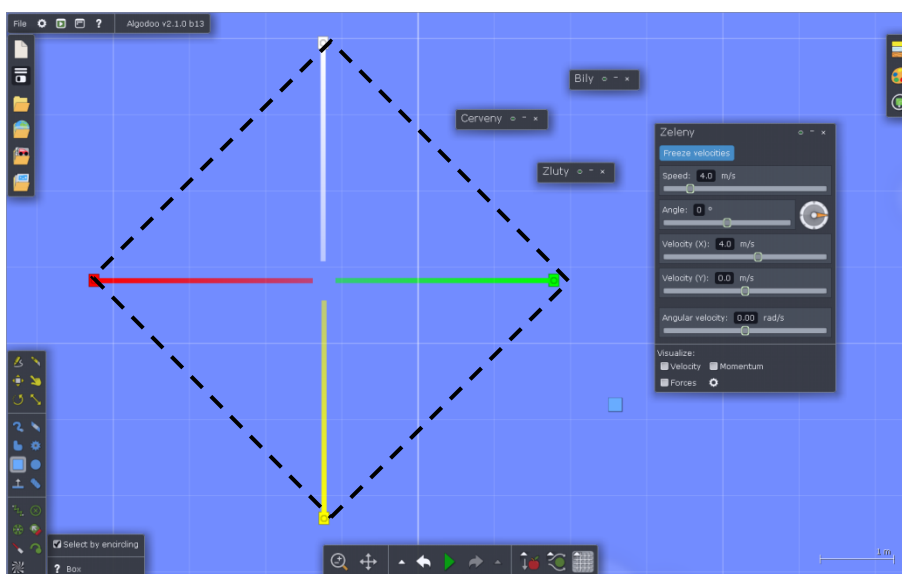
Příloha V Řešení úlohy fyzikální olympiády



Obrázek 41 Schéma dle zadání Fyzikální olympiády

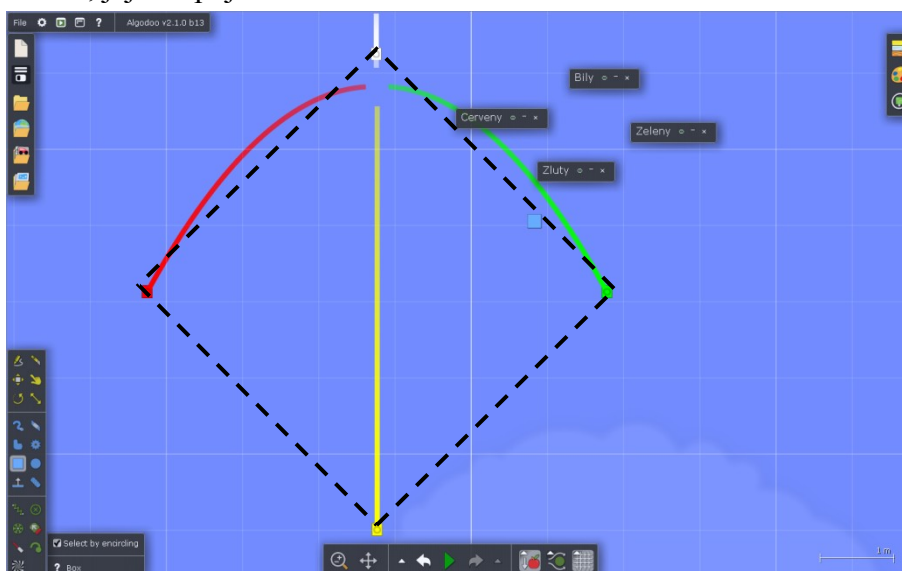
Do obvodu byl připojen ochranný rezistor, protože použité součástky jsou ideální, tedy nemají vnitřní odpor. Na grafech je vidět vybíjení kondenzátoru a pokles proudu cívky. Změna rozsahu voltmetru je realizována paralelním rezistorem.

Příloha W Simulace k problémové úloze z tématu gravitační pole



Obrázek 42 Simulace k problémové úloze z tématu gravitační pole bez odporu vzduchu

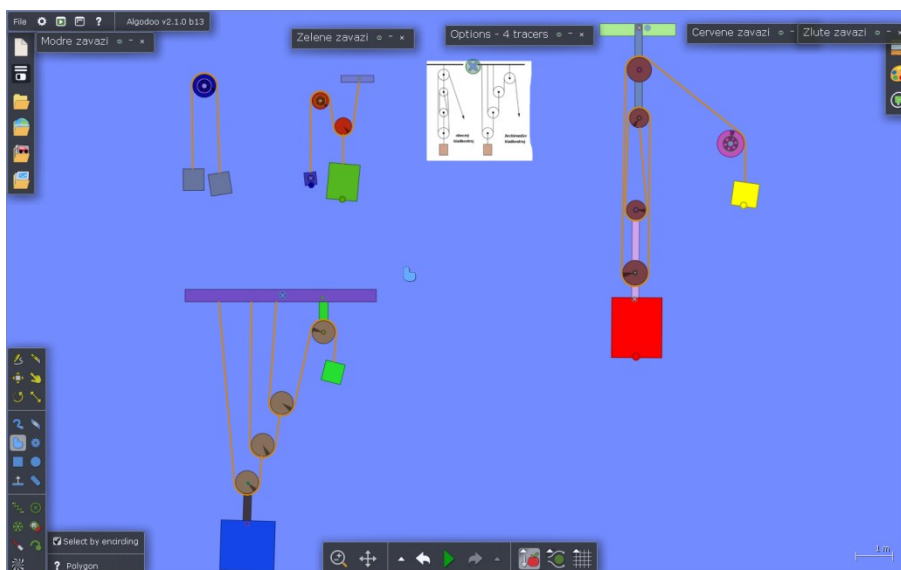
Pohyb částí světlice bez přítomnosti gravitačního pole. Rychlost všech částí je nastavena na stejnou hodnotu. Pro názornost jsou jednotlivé body po určitém čase propojeny, a jak je zřejmé ze zadání, jejich spojením vznikne čtverec.



Obrázek 43 Simulace k problémové úloze z tématu gravitační pole s odporem vzduchu

Pohyb částí světlice v gravitačním poli. Jedinou změnou oproti předchozí simulaci je zapnutí gravitace (ikona jablka). Spojením všech částí získáme opět čtverec, i když trajektorie jednotlivých částí je jiná, než v předchozím případě.

Příloha X Simulace kladkostroje



Obrázek 44 Simulace kladkostroje

Simulace různých typů kladkostroje. Zaměřeno jak na pochopení principu kladkostroje, tak i na určení poměru tíhy závaží a minimální působící silou. Zejména u složitějších kladkostroju lze takto ukázat, že poměr sil nezávisí jen na počtu kladek, ale také na jejich propojení. Obvykle si totiž žáci myslí, že poměr tíhy a působící síly závisí na počtu kladek. Ke každému tělesu byl připojen značkovač, aby bylo ukázáno, že součin síly a dráhy je konstantní a nezávisí na konstrukci kladkostroje.