TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta přírodovědně-humanitní
a pedagogická

Software pro simulaci fyzikálních jevů

Bakalářská práce

Studijní program: B1101 – Matematika
Studijní obory: 1802R023 – Informatika se zaměřením na vzdělávání
7504R015 – Matematika se zaměřením na vzdělávání

Autor práce: **Ing. Miroslav Vavroušek**
Vedoucí práce: Ing. Igor Kopetschke

Liberec 2016

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická
Akademický rok: **2014/2015**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Ing. Miroslav Vavroušek**
Osobní číslo:	**P12000817**
Studijní program:	**B1101 Matematika**
Studijní obory:	**Informatika se zaměřením na vzdělávání**
	Matematika se zaměřením na vzdělávání
Název tématu:	**Software pro simulaci fyzikálních jevů**
Zadávající katedra:	**Katedra aplikované matematiky**

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je navrhnout, algoritmizovat a naprogramovat kolekci úloh pro simulaci vybraných fyzikálních dějů na základních a středních školách. V teoretické části práce bakalant zpracuje teoretickou rešerši zabývající se problematikou tvorby a implementace počítačových modelů ve výuce fyziky na základních a středních školách. Součásti teoretické části práce bude komparace dosavadních softwarových prostředků pro simulaci fyzikálních jevů na úrovni fyziky základních a středních škol. V praktické části práce student sestaví algoritmy a napíše programy ve vývojovém prostředí Unity pro simulaci fyzikálních jevů z oblasti kinematiky a dynamiky hmotného bodu, mechaniky tuhého tělesa a mechanického kmitání a vlnění. Jednou ze signifikantních vlastností bude určitá míra variability úloh, včetně tematické konzistentnosti. Ve vytvořených naprogramovaných úlohách bude uplatněno grafické interaktivní rozhraní. Bakalant následně vytvořené úlohy verifikuje a zhodnotí jejich implementaci do výuky fyziky v praxi.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **cca 45 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- **LEPIL, Oldřich.** *Fyzika aktuálně: příručka nejen pro učitele*. **1. vyd. Praha: Prometheus, 2009. ISBN 978-807-1963-813.**
- **GEIB, Mike.** *Sams teach yourself unity game development in 24 hours: 1st edition.* **Praha: Prometheus, 2009. ISBN 978-067-2336-966.**
- *Unity Manual.* **[online]. [cit. 2014-06-10]. Dostupné z http://docs.unity3d.com/Manual/.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Igor Kopetschke**
Ústav nových technologií a aplikované informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **30. dubna 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. května 2016**

L.S.

doc. RNDr. Miroslav Brzezina, CSc.
děkan

doc. RNDr. Miroslav Koucký, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 30. dubna 2015

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Anotace

Bakalářská práce se svým obsahem zabývá využitím informačních a komunikačních technologií při výuce a návrhem konkrétní výukové aplikace pro podporu výuky fyziky. Stručně je nastíněn význam počítačové gramotnosti žáků v dnešním světě a diskutovány jsou také přínosy a úskalí využití informačních a komunikačních technologií ve výuce. Obzvláště je zvážen význam informační a komunikační technologie při výuce přírodovědně a technicky zaměřených předmětů. Vytvořený rozbor je doplněn teoretickým úvodem do náplně výukové aplikace realizované v praktické části bakalářské práce. Mezi nastíněné oblasti patří například pojmy a vztahy z kinematiky hmotného bodu a Newtonovy pohybové zákony v rozsahu probíraném na základní škole. Práce obsahuje rešerši programů využitelných při výuce fyziky. Závěrečné kapitoly první části stručně popisují nástroje a prostředky využívané pro vývoj aplikací obsahující pokročilé formy vizualizace procesů. V druhé části je popsán návrh a implementace výukové aplikace a rozčlenění probíraného tématu do jednotlivých úloh, včetně výběru, konstrukce a koncepce zadaných příkladů. Nastíněny jsou možnosti ovládání programu a očekávané výstupy. V závěru práce jsou shrnuty poznatky z využití výpočetní techniky při výuce.

Klíčová slova

ICT, výukové aplikace, kinematika, Newtonovy pohybové zákony

Annotation

This bachelor paper deals with using information and communication technologies for learning and designing a specific teaching application for support of teaching physics. The paper further briefly outlines the importance of computer literacy of students today and it also discusses contributions and difficulties of using information technologies for teaching. Special emphasis is put on the importance of information and communication technologies for teaching natural scientific and technical subjects. The created analysis is supplemented with a theoretical introduction into the contents of the teaching application realized in the practical part of the paper. Among the outlined fields there are for example terms and relations from the kinematics of a physical point and Newton's Laws of Motion on the primary school level. The paper also contains a research of programmes usable for teaching physics. The final chapters of the first part briefly describe tools and means used for the development of applications containing advanced forms of process visualization. The second part describes the design and implementation of the teaching application and also division of the discussed subject into individual tasks including selection, construction and conception of given examples. The paper further outlines the possibilities of controlling the program and expected outputs. The conclusion summarizes pieces of knowledge from using information technology for teaching.

Key words

ICT, teaching applications, kinematics, Newton's Laws of Motion

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl především poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Igoru Kopetschke za cenné rady, připomínky k práci a za odborné vedení při jejich tvorbě. V neposlední řadě bych zde chtěl poděkovat své rodině za veškerou podporu během celého studia.

Obsah

1 Úvod 13

2 Využití informačních technologií při výuce 14

2.1 Možnosti uplatnění výpočetní techniky při výuce 14

2.2 Přínosy využití informačních technologií při výuce 17

2.3 Úskalí využití informačních technologií při výuce 20

2.4 Využití softwarových nástrojů při výuce fyziky 22

2.4.1 Současná situace nástrojů pro podporu výuky fyziky 22

2.4.2 Aplikace pro modelování fyzikálních dějů Modellus 23

2.4.3 Nástroj pro fyzikální modelování Phun 24

2.4.4 Prostředí pro návrh modelů Algodoo 25

2.4.5 Aplikace pro vizualizaci a simulaci modelů VirMo 26

2.4.6 Interaktivní simulace PhET 27

2.4.7 Geometrická aplikace GeoGebra 28

2.4.8 Analytický nástroj SciDAVis 29

2.4.9 Fyzika zajímavě 29

2.4.10 Dynamický skicář GEONExT 30

2.4.11 Simulační program Physion 31

2.5 Kinematika a Newtonovy zákony pro základní školu 31

2.5.1 Obecné kinematické vztahy a výpočty ... 33
2.5.2 Newtonův pohybový zákon setrvačnosti ... 34
2.5.3 Newtonův pohybový zákon síly ... 35
2.5.4 Newtonův pohybový zákon akce a reakce ... 35
2.5.5 Kmitání a kyvný pohyb ... 36
2.6 Návrh výukového softwaru ... 37
2.6.1 Rozhraní pro vykreslování akcelerované grafiky ... 40
2.6.2 Jazyk C# ... 40
2.6.3 Vývojové prostředí Unreal Engine 4.0 ... 41
2.6.4 Prostředí Unity ... 42
2.6.5 Vývojové prostředí Blender ... 43
2.6.6 Editor modelů MeshLab ... 44
2.6.7 Grafický editor GIMP 2 ... 44
3 Výukový a demonstrační software MFyz ... 46
3.1 Volba vývojového prostředí ... 47
3.2 Návrh aplikace ... 48
3.3 Úlohy aplikace ... 48
3.3.1 Výtah a obecné kinematické vztahy ... 50
3.3.2 Míč na korbě nákladního automobilu a zákon setrvačnosti ... 51
3.3.3 Auto ve větru na silnici a zákon síly ... 52

3.3.4 Vagóny na kolejích a zákon akce a reakce 53

3.3.5 Houpačka a kyvný pohyb 54

3.4 Nasazení a využití softwaru MFyz 55

Závěr 56

Seznam použitých zdrojů 57

Seznam obrázků

Obrázek 1 Prostředí Modellus 23

Obrázek 2 Ukázkový model v aplikaci Phun 24

Obrázek 3 Simulační prostředí Algodoo 25

Obrázek 4 Prostředí VirMo 26

Obrázek 5 Prostředí programu PhET 27

Obrázek 6 Nástroj GeoGebra 28

Obrázek 7 Prostředí SciDAVis 29

Obrázek 8 Dynamická geometrie v GEONExT 30

Obrázek 9 Simulace v programu Physion 31

Obrázek 10 Vývojové prostředí UnrealEngine 4.0 41

Obrázek 11 Vývojové prostředí Unity 5 42

Obrázek 12 Modelační nástroj a vývojové prostředí Blender 43

Obrázek 13 Editor modelů MeshLab 44

Obrázek 14 Rastrový grafický editor GIMP 2 45

Obrázek 15 Menu aplikace MFyz 49

Obrázek 16 Úloha výtahu 50

Obrázek 17 Úloha s míčem a nákladním automobilem 51

Obrázek 18 Úloha auto ve větru 52

Obrázek 19 Úloha vagony na kolejích 53

Obrázek 20 Úloha zahradní houpačky 54

Obrázek 21 Hodina fyzikálního kroužku 55

Seznam použitých veličin

Název veličiny	Použitá značka	Jednotka
F	Síla	N
m	Hmotnost	kg
a	Zrychlení	m/s^2
v	Rychlost	m/s
s	Draha	m
t	Čas	t

1 Úvod

Bakalářská práce se zaměřuje na využití **ICT** při výuce v rámci dalších předmětů na druhém stupni ZŠ. Cílem práce je nastínit možnosti využití informačních technologií při výuce zejména přírodovědně zaměřených předmětů. Z předmětů na druhém stupni základní školy byla vybraná fyzika. Dnešní možnosti využití **ICT** jsou demonstrovány na softwarové aplikaci pro výuku a opakování kinematiky a Newtonových pohybových zákonů. Aplikace je vhodná pro zpestření výkladu probíraných témat v sedmé třídě anebo k opakování v deváté třídě základní školy.

V úvodní části práce jsou zváženy přínosy a úskalí využití ICT při výuce se zaměřením na přírodovědné a technicky zaměřené předměty. V následujících kapitolách je provedena rešerše existujících nástrojů pro podporu výuky pomocí ICT. Rešerše je zaměřena na možnosti jednotlivých aplikací a vhodnost využití při výuce na základní škole s ohledem na snadnost jejich použití. Další část se zaměřuje na možnosti technické realizace a tvorby podpůrných softwarových prostředků. Stručně je popsán programovací jazyk C# a grafická rozhraní pro interpretaci a popis vizualizované scény. Charakterizované pojmy jsou doplněny rozborem nástrojů pro vývoj aplikací. V závěru úvodní části jsou popsané aplikace pro úpravy prvků scény jako například modely a textury.

V praktické části práce je popsán návrh aplikace pro podporu výuky fyziky. Vyvíjená aplikace je zaměřená na zpestření výuky a usnadnění pochopení probíraných témat. Aplikace obsahuje prezentaci a vysvětlení pohybu a důsledků Newtonových pohybových zákonů. Vytvořená prezentace je doplněna čtyřmi interaktivními modely, které demonstrují probírané pojmy a situace vyplývající z platnosti Newtonových zákonů. Iterativní modely umožňují snadnou a širokou konfigurovatelnost.

2 Využití informačních technologií při výuce

Moderní informační technologie hrají v našich životech stále významnější roli, přestože je hodinová dotace pro předměty **ICT** (Informační a komunikační technologie) na druhém stupni poměrně malá. Důležitým faktorem dnešní výuky je vyváženost, pestrost a mnohotvárnost. V přípravě různorodé náplně výuky lze stále častěji a vhodněji využívat možností výpočetní techniky pro zpestření práce žáků i v jiných předmětech. Žáci získávají kromě probírané oblasti kompetence a zkušenosti také v oblasti **ICT**. Využití výpočetní techniky je velmi rozmanité a prostředky lze využít od výuky jazyků po kreativně zaměřenou výtvarnou činnost. Velmi dobře lze prostředky výpočetní techniky také uplatnit v přírodovědně a technicky zaměřených předmětech. Mohou být jen pomůckami při každodenní práci v různých typech a fázích výuky a zároveň také být využity jako specializované prostředky pro různá konkrétní témata a doplňovat nebo nahrazovat drahé reálné modely a další učební pomůcky. Další třídou jsou výukové programy, které mohou pokrývat všechny fáze výuky. Část nástrojů je vyčleněna a využívána pro výklad nového učiva. Další programy mohou být zaměřeny na upevnění a procvičování nových dovedností. Softwarové nástroje lze také využít pro opakování a testovaní již osvojených znalostí a při hodnocení pokroků žáka. Při využití těchto prostředků je nutné vždy zvážit všechny přínosy i úskalí, které využití výpočetní techniky provází.

2.1 Možnosti uplatnění výpočetní techniky při výuce

Uplatnění výpočetní techniky jako pomůcky při výuce vedené učitelem je velmi široké. Prvky výpočetní techniky mohou být využívány například jako elektronický zápisník, který usnadňuje práci s textem i jeho další zpracování. Při práci s elektronickým zápisníkem lze využít široké palety nástrojů jako je například prohledávání textu. Žák si však neprocvičuje jemnou motoriku,

kterou by prohluboval při ručním zápisu. Nejčastější využití informační techniky nalezneme při výpočtech, kde pomůcka bývá reprezentována elektronickým kalkulátorem. Dnes jsou snadno dostupné různé programovatelné kalkulátory, které umožňují rozšiřovat své funkce pomocí instalací nových aplikací. Další významnou třídou jsou grafické kalkulátory, které dokážou vizualizovat data a výpočty, mohou být vhodné pro řadu oblastí matematiky a fyziky. Například při výkladu a studiu goniometrických funkcí. Student často začne na kalkulátory velmi spoléhat a neprocvičuje si základní numerické operace, představivost a úsudek, zda je dosažený výsledek reálný. Častým důsledkem je obtížné řešení elementárních matematických úloh v běžném životě bez použití kalkulátorů. Zajímavé uplatnění mohou prvky výpočetní techniky nalézt i ve zcela jiných oblastech. Datový projektor může být využit například k promítání obkreslovaného základu velkoformátového společného díla v hodinách výtvarné výchovy.

Výpočetní techniku lze využít pro realizaci specializovaných pomůcek a modelů k podpoře výuky. Virtuální modely a pomůcky mohou být nápomocné při motivaci žáků před začátkem nového tématu. Mohou napomáhat při učení nebo například k lepšímu pochopení probíraných témat pomocí ilustrace a demonstrace řešeného problému. Výhodou jsou často menší náklady na pořízení a nároky na využití a provoz těchto pomůcek, protože nemusí být fyzicky skladovány a udržovány. Další výhodou je také možnost sledovat jevy, které by bylo možné na reálném modelu sledovat jen velmi obtížně. Nevýhodou je, že virtuální forma nemusí dostatečně a srozumitelně demonstrovat skutečný problém, jak by ho prezentovala reálná pomůcka nebo model. Vlastnosti, důsledky a důkazy prezentované reálnou pomůckou jsou pro žáky snáze přijatelné a uvěřitelné.

Informační technologie mohou být využity také pro přípravu, distribuci a použití digitálních učebních materiálů pro studium. Tyto materiály mohou být distribuovány i mezi institucemi, čímž se snižují náklady a čas na přípravu

při zpracovávání více pracovníky. Nevýhodou společně připravovaných podkladů může být koncepční nejednotnost a také různá kvalita připravených materiálů.

Výukové, cvičební nebo testovací programy na sebe převezmou danou část výuky a lze je využít pro výuku řízenou učitelem nebo samostatnou práci. Z pedagogického hlediska velmi záleží na návrhu programů, aby měly vhodný vliv na žákovu výuku. Je třeba zvážit velké množství faktorů, aby program vhodně zastával svou úlohu. Mezi tyto faktory patří například věk cílové skupiny, rozsah probíraného tématu a další aspekty. U nástrojů určených pro samostudium zvolené oblasti je velmi důležitá část pro srozumitelný výklad nových znalostí. V části pro testování získaných znalostí je velmi důležitá zpětná vazba, případně cílené zaměření na oblasti, které studentovi dělají největší problémy.

Při zaměření pouze na softwarovou a aplikační výbavu pro výuku je zřetelné, že ji lze rozdělit podle mnoha atributů. Prvním charakterem může být zaměření a komplexnost. Zda se jedná pouze o pomůcku, digitální výukový materiál nebo o komplexní výukový systém. Dalším možným rozdělením může být také dostupnost. Dostupnost záleží na provedení aplikace, licenci a technických možnostech instituce.

Informační a komunikační technologie lze využít nejen při výuce, ale také při správě chodu instituce. V současnosti je k dispozici řada nástrojů pro administrativní záležitosti školy. Aplikace zastanou řadu různých úloh a mohou tak nahradit nebo doplnit řadu dokumentů a formulářů v papírové formě. Případně je možné fyzicky v tištěné podobě uchovávat pouze výstupy vytvořené programy. Aplikace jsou zpravidla komerční koncipované modulárně. Instituce také může využívat pouze určité prvky komplexního systému. Zakoupení potřebných částí snižuje pořizovací náklady. Jednotlivé moduly jsou zaměřeny na správu třídní knihy, docházky, záznamů o hodnocení

a elektronické žákovské knížky, vytvoření a distribuce školních vzdělávacích plánů nebo například přehled služeb a suplování. Využitím systémů pro správu výuky odpadá fyzické předávání třídních knih mezi hodinami nebo ztráty žákovských knížek. Výhodou je i to, že záznamy mohou být učitelům, žákům nebo rodičům neustále k dispozici. Nevýhodou může být obtížné zaškolování učitelského kolektivu do ovládání nástrojů pro správu pramenící z různé úrovně schopnosti práce s informačními a komunikačními technologiemi. Tyto obtíže a počáteční problémy v nasazení může v kolektivu vyvolat nechuť k požívání těchto systémů a v krajním případě i k odmítnutí. Proto je nasazení potřeba důkladně zvážit a zdůraznit uživatelům mnohé výhody. Výhodné je zkušební nasazení systému. Je třeba se ale vyvarovat vytváření redundantních úkonů práce a zvýšenému zatěžování pracovního kolektivu administrativními záležitostmi.

Stejně jako další prostředky a metody výuky i výpočetní technika by měla být využita s rozmyslem. Výuka by měla být vyvážená, proto by se jednotlivé formy a prostředky výuky měly pravidelně střídat a obměňovat, aby snáze udržely žákovu pozornost a motivaci. Nicméně v současném světě nelze opomíjet využití moderní výpočetní techniky.[15]

2.2 Přínosy využití informačních technologií při výuce

Moderní prostředky informačních a komunikačních technologií mají řadu výhod a přínosů pro výuku při vhodném využití. Hardwarové a softwarové prvky společně usnadňují studium široké palety oborů vědění. Poskytují virtuální pomůcku pro pochopení daného tématu a tím studentům umožňují lépe si představit probíranou oblast.

Aplikace zaměřené na výklad mohou využívat multimediálních nástrojů pro snazší vysvětlení nové látky. Prezentace vyučovaných pojmů a souvislostí například formou videa předkládající ucelený a zajímavý výklad může v žácích

snadno probudit zájem a vyvolat diskuzi. Nástroje zaměřené na procvičování a fixaci znalostí mohou využít generovaný obsah úloh a automaticky sestavovaná cvičení pro zvýšení možností práce s aplikací.

Přínosem softwarových výukových nástrojů je také individuální přístup k jednotlivým studentům a uživatelům. Aplikace mohou přímo podporovat různé úrovně výuky a procvičování, ale velkou výhodou je, že tempo výkladu definuje přímo student podle svých potřeb. Výklad může probíhat ve vlastních krocích. Multimediální obsah lze přehrát na požádání opakovaně, což je výhodné například při poslechu výslovnosti cizích jazyků. Pokročilejší nástroje mohou obsahovat značky, které lze do záznamu vkládat a přehrávat tak vybranou část.

Významným přínosem může být také aktuálnost informací, protože lze v digitálních výukových materiálech snadno provádět změny a žáci tak pracují vždy s aktuálními informacemi. Výhodou je také snadná dostupnost, kdy jsou materiály žákům dostupné i mimo školu. Snadná dostupnost výukových materiálů může podporovat samostudium u zvídavých dětí, protože jim předkládá pevnou cestu jak ve svém poznání dále pokračovat. V případě absence může žák digitální učební materiály využít při samostatném doplňování zameškané látky.

Při shrnutí výhod moderních komunikačních technologií nesmíme opomenout význam snadné vzdálené komunikace. Tyto prvky usnadňují zejména distanční výuku, kdy lze na dálku provádět instruktáže, konzultace i ověřování znalostí. Dialog může probíhat v mnoha formách. Mezi nejpoužívanější patří internetová telefonie realizovaná pomocí specializovaných programů. Příkladem může být program **Skype** a skupinově zaměřené programy **TeamSpeak** a **Ventrilo**. Velmi často je tato komunikace doplněna videem, které přibližuje dialog realitě a umožňuje ho doplnit o vizuální prvky. Vzdálenou diskuzi lze také realizovat pomocí textové

komunikace formou krátkých zpráv. Paleta nástrojů pro textovou informaci je velmi široká.

Při používání digitálních výukových materiálů, specializovaných pomůcek založených na **ICT** nebo softwarových nástrojů pro výuku klesají náklady na jednoho studenta s četností opakovaných použití. Pomůcka je také často odolnější vůči poškození než reálný model.

Digitální výukové materiály mohou vytvářet ucelenou studnici informací pro podporu výuky v mnoha předmětech v průběhu celého studia. To může být nápomocné při vedení studentů k samostudiu i lepší fixaci a efektivnímu opakování probíraných témat. Využití digitálních materiálů může přispět k ucelení a propojení vyučovaných oblastí. Výhodou je, že učební materiály a pomůcky mohou být snadno zpřístupněny například pro domácí opakování nebo doplnění učiva ze zameškaných hodin.

Využití informačních a komunikačních technologií při výuce nebo správě instituce může vyžadovat řadu změn v zaběhnutém chodu školy. Je třeba zvážit vybavenost a dostupnost počítačových učeben, prezentační nástroje v učebnách a možnost přístupu učitelů k potřebným nástrojům. Při pohledu na podpůrné výukové softwarové nástroje z hlediska institucí mohou sloužit také jako motor změn v celé instituci.

Vhodné využití učebních a výkladových softwarů, prezentačních a multimediálních nástrojů a digitálních pomůcek zvyšuje pestrost výuky. Výuka může být flexibilnější a přistupovat individuálně k jednotlivým studentům. Řada přínosných aspektů může mít pozitivní vliv na zvýšení efektivnosti výuky a na míru osvojení si probíraného učiva u žáků.

Díky existenci řady volně dostupných nástrojů může učitel vytvářet a upravovat své digitální pomůcky. Pokud to schopnosti nebo časové nároky neumožňují, může využit mnoha předpřipravených úloh a prezentací často

volně dostupných v archivech příkladů dané aplikace. Připravené materiály mohou sloužit při inovaci výuky i výukových materiálů a umožňovat tak studentům snadný přístup k informacím. Výhodou digitálních učebních materiálů oproti fyzickým je možnost prohledat text. Žák si také může zvýrazňovat a označovat důležité části bez poškození materiálů nebo bez potřeby vytváření kopií.

2.3 Úskalí využití informačních technologií při výuce

Prostředky podpory výukových softwarových nástrojů nejsou vhodné pro všechny typy studentů a pro všechny styly výuky. To je velmi důležité mít na paměti při úvahách o volbě a typu použitých nástrojů při výuce a také o způsobu jejich nasazení. Žáci mají dnes většinou k využití prostředků výpočetní techniky kladný vztah. Nicméně některým studentům nemusí užívání prvků moderní techniky vyhovovat. Situace se stále mírně liší na venkově a větších městech.

Kvalitní nástroje pro podporu výuky jsou velmi náročné na tvorbu, protože vyžadují podporu mnoha oblastí. Mezi tyto oblasti patří samozřejmě pedagogická koncepce vytvářené aplikace a její přínos při výuce, ale také technická stránka realizace, která vyžaduje spojení mnoha oborů techniky od programátorů, přes grafiky a designéry uživatelského rozhraní a dalších prvků, z kterých je výukový software složen.

Přesto, že cena informačních technologií v porovnání s jejich schopnostmi stále klesá, může být pro instituce finančně náročné vybavování a udržování počítačových učeben. Nevýhodou je rychlé morální zastarávání zařízení počítačových učeben a prvků školní sítě. V řadě škol je při nasazení digitálních prostředků výuky problémem absence či nízká kvalita infrastruktury počítačové sítě a nedostatek učeben vybavených prezentačními nástroji.

Při využití počítačem podporované výuky vzniká řada problémů technického rázu. Může se jednat o softwarové problémy používaných aplikací nebo o poruchy hardwaru a síťové infrastruktury. Problémy mohou postihovat zařízení žáků, ale také prezentační nástroje a elektronické pomůcky. Pro řešení tohoto typu úskalí je nutné jmenovat pracovníka správcem počítačové infrastruktury nebo rozdělit tuto práci mezi více pracovníků, například podle učeben. Samostatnou třídou obtíží jsou problémy, které nelze řešit v rámci instituce jako například výpadky elektrické sítě nebo nefungující připojení k internetu. Proto by v plánu hodiny vždy měla existovat alternativa k hlavnímu záměru využití informačních a komunikačních technologii.

Úprava infrastruktury a výměna nebo doplnění počítačové techniky může být pro instituci finančně velmi náročná. Škola může využít některého ze státních programů anebo prostředků sponzorů. Nicméně udržování informačních a komunikačních technologií může být pro školu nezanedbatelnou finanční položkou.

Již zmíněným problémem při nasazení systémů pro výuku nebo pro správu výuky jsou velmi významně odlišné schopnosti při využívání prostředků **ICT** v rámci učitelského kolektivu. To může vést k nechuti členů školy požívat tyto prostředky. Na členy uživatelského sboru může negativně působit množství změn v zaběhlých procesech, kterému se těžko přizpůsobují. Pro zlepšení počítačové gramotnosti a pochopení učebních pomůcek a nástrojů pro zprávu lze pořádat semináře a cvičení. Důležitá je srozumitelnost a poutavost setkání pro zvýšení zájmu posluchačů.

Úskalí významného nadužívání informačních a komunikačních technologií je i v potlačení standardní komunikace a přímého dialogu. Upozadění přímé komunikace vede k zhoršení vyjadřovací schopnosti žáků a nedostatečného rozvíjení mluveného projevu a rétoriky. Neuspokojivý rozvoj vede například k obtížím při skupinové práci nebo zhoršení klimatu třídy.[5]

2.4 Využití softwarových nástrojů při výuce fyziky

Na trhu lze nalézt řadu komerčních i volně dostupných nástrojů využitelných při podpoře výuky fyziky. Aplikace poskytují různý přístup k výuce. Programy jsou koncipovány do různých fází výuky. Část nástrojů a digitálních učebních materiálů se zabývá výkladem. Na komplexní výklad učiva v českém jazyce jsou obvykle zaměřené pouze komerční aplikace. Velká třída nástrojů se zaměřuje na procvičování, fixaci a rozšiřování získaných znalostí. Často využívanou metodou jsou fyzikální hry a simulace fyzikálních pokusů. Některé aplikace poskytují univerzální prostředí pro vytváření pokusů a simulací z elementárních prvků. Přístup volného skládání prvků rozvíjí kreativní schopnosti žáka. Aplikace se často odlišují formou definice pokusu. Část aplikací využívá analytický přístup a další aplikace spoléhají na grafické řešení a zachycení situace pomocí konstruktivní geometrie. Řada aplikací poskytuje paletu již hotových modelů, které lze v aplikaci pouze využívat a nezabývat se návrhem vlastních pokusů. Hotové modely lze stáhnout z webových stránek nebo přímo z prostředí aplikace.[8]

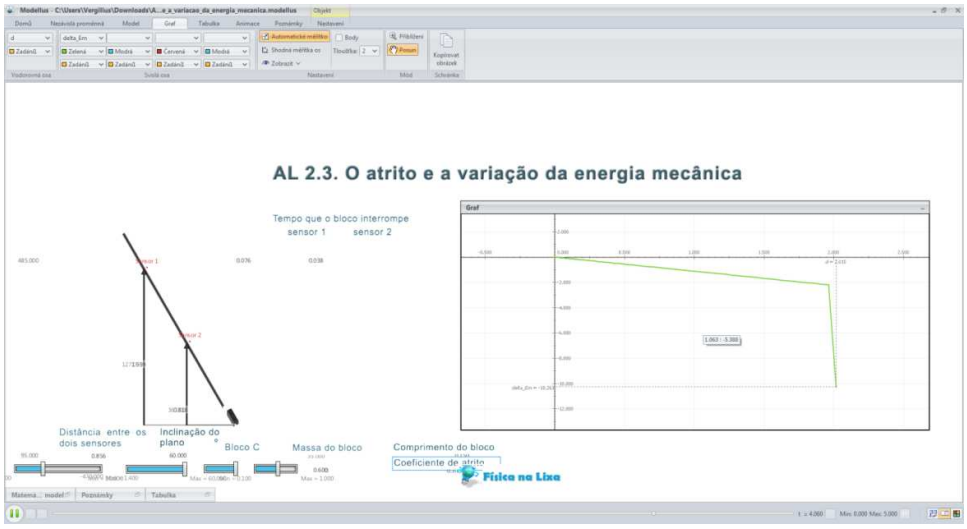
2.4.1 Současná situace nástrojů pro podporu výuky fyziky

V globálním prostředí výukových softwarů zaměřených na výuku fyziky lze využít volně dostupných i komerčních nástrojů pro všechny rozšířené platformy elektronických zařízení. Mnoho aplikací lze využít na stolních i mobilních aplikacích. Volně dostupné nástroje vznikají často v prostředí univerzit a lze je využít na různých stupních výuky od základních škol až po vysokoškolské vzdělávání. Přestože řada nástrojů vzniká v zahraničí, velká část je plně lokalizovaná do češtiny, což usnadňuje práci a pochopení programů jak žákům, tak učitelům. Lokalizace je často výsledkem mezinárodní spolupráce jednotlivých univerzit. Při volbě vhodného nástroje je nejdůležitější stanovit si cíl využití aplikace při výuce a očekávané výstupy. Důležitá může být také volba prostředí podle platformy, kterou školní počítačová

infrastruktura instituce využívá. Z podobného hlediska je potřeba také zohlednit minimální a doporučenou funkční konfiguraci pro provozování aplikace. S ohledem na základní školu je důležitá snadná použitelnost aplikace. Pro vzbuzení zájmu žáků i lepšího porozumění probíraného problému je důležitá grafická a uživatelská stránka aplikace. Většina aplikací se omezuje pouze na dvourozměrné modely, které řešeným programům plně dostačují a zvyšují přehlednost prezentované situace.

2.4.2 Aplikace pro modelování fyzikálních dějů Modellus

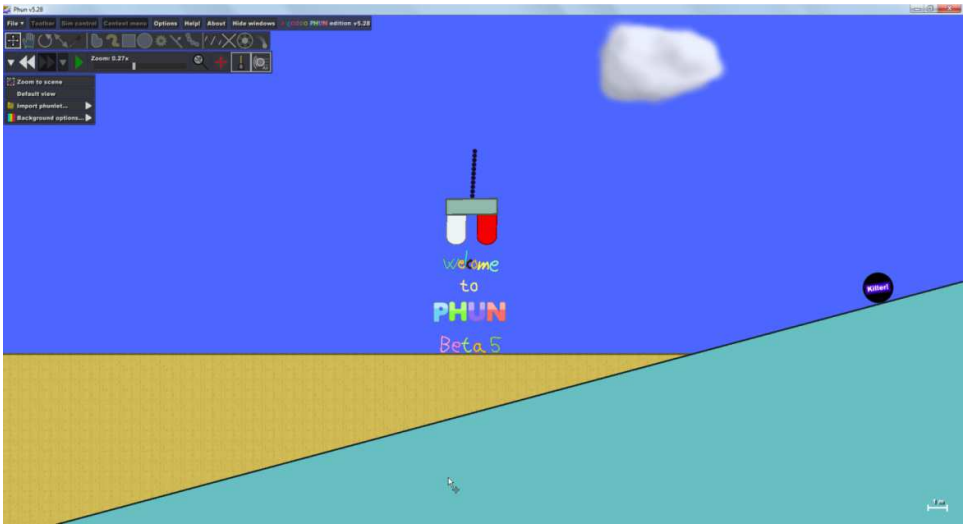
Software poskytuje široké nástroje pro modelování fyzikálních procesů zaměřených do oblastí kinematiky a dynamiky. Program byl vytvořen v Portugalsku a verze 2.5 je lokalizovaná do češtiny. Využití programu je velmi široké, ale také vyžaduje alespoň základní znalosti z oblasti tvorby modelů. V prostředí základní školy je vhodný pro prezentaci hotových modelů. Simulované výsledky je možné vykreslit pomocí grafů, které lze exportovat do množství různých formátů. Grafické prostředí je jednoduché, ale názorné. Uživatelské rozhraní je přehledně tvořené pásem karet a uživatelskými prvky modelu.



Obrázek 1 Prostředí Modellus

2.4.3 Nástroj pro fyzikální modelování Phun

Phun je prostředí pro tvorbu a simulaci mechanizmů v dvourozměrném světě. Prostředí je volně dostupné pro nekomerční použití. Nástroj vytvořil Emil Ernerfeldt na univerzitě Umeå ve Švédsku v rámci diplomové práce. Koncepce programu je založena na volné činnosti při vytváření mechanizmů někdy také nazývané jako pískoviště. Uživatel může své mechanizmy a modely vytvářet z řady základních prvků. Mezi tyto prvky patří základní tvary, lana, ozubená kola, pružiny, odrazové plochy a mnoho dalších. Aplikace podporuje konstruktivní tvorbu pevných těles pro vektorové modelování geometrických objektů. Tyto objekty se konstruují z primitivních geometrických těles. Mezi tyto tělesa patří například koule, kvádr, válec, kužel a toroid. Využívá se také operací sjednocení, průniku a rozdílu. Program je vhodný k tvorbě dynamických a kinematických modelů. Nástroj obsahuje poměrně jednoduché a intuitivní rozhraní. Vytvořené modely lze snadno simulovat a ovládat pomocí myši a klávesnice. Nevýhodou může být, že není lokalizován do češtiny.Simulační nástroj **Phun** je zachycen na obrázku 2 a znázorňuje uživatelské rozhraní a ukázkový příklad.[2]



Obrázek 2 Ukázkový model v aplikaci Phun

2.4.4 Prostředí pro návrh modelů Algodoo

Algodoo je simulační prostředí pro vytváření dvourozměrných modelů. Prostředí umožňuje vytvářet vlastní modely pomocí základních prvků nebo využívat již vytvořené modely z volně dostupné onlinové knihovny. Program je přímým následovníkem programů **Phun** a dále rozvíjí schopnosti této aplikace. Disponuje také novým systémem pro vizualizaci, který umožňuje bohatší a věrnější zpracování modelu. Program má k dispozici moderní uživatelské rozhraní, které významně ulehčuje práci. Program je také vybaven řadou výukových návodů, které usnadňují osvojení práce s programem a zaškolení nových uživatelů. Nevýhodou je, že program v základní verzi není lokalizován do češtiny. V aplikaci lze nastavit a upravit řadu parametrů prostředí a vlastností objektů jako třeba velikost tíhového zrychlení, odrazivost, tření, lom vlnění a hustotu. Program umožňuje simulaci a vizualizaci mnoha různých fyzikálních dějů z oblasti mechaniky, kinematiky, dynamiky a optiky. Nástroj je volně dostupný a je připravený pro platformy **Windows**, **Mac OS** a **iOS**. Vývojové a simulační prostředí **Algodoo** je zachyceno na obrázku 3.

Obrázek 3 Simulační prostředí Algodoo

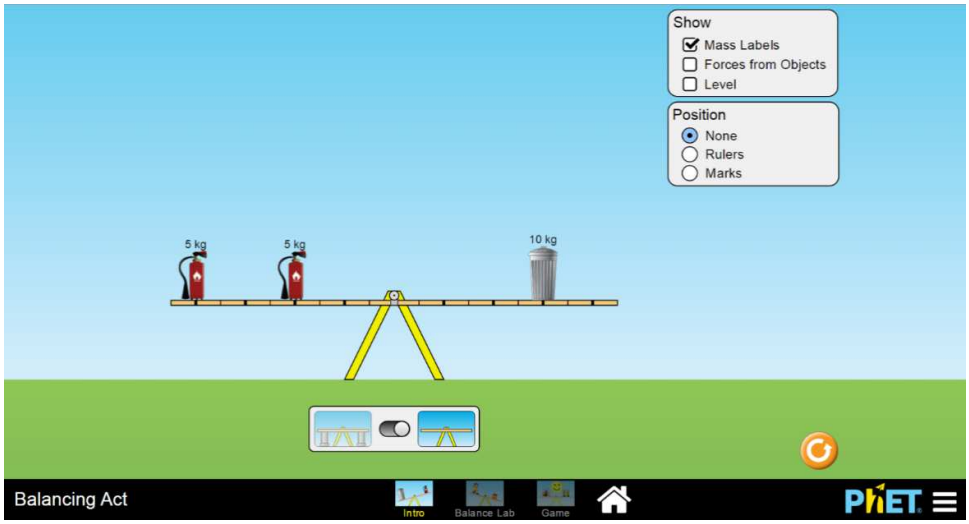
2.4.5 Aplikace pro vizualizaci a simulaci modelů VirMo

Program **VirMo** umožňuje vytváření, editaci, simulaci a vizualizaci kinematických a dynamických modelů. Program vznikl v rámci závěrečné práce na Technické univerzitě v Liberci. Byl vytvořen v jazyku **Object Pascal** a pro návrh bylo použito vývojové prostředí **Deplhi** od firmy **Borland**. Aplikace je volně dostupná a stavba modelů je tvořena motory, snímači a objekty. Objekty mohou být reprezentovány trojrozměrnými modely. Pro import a práci s modely je využit otevřený formát **ASCII Scene Export**. Návrh simulačního modelu využívá hiearchistickou strukturu. Motory mohou pracovat vektorově nebo na trajektoriích definovaných tabulkou. Pro řízení motoru a zpracování informací ze snímačů jsou využity bloková schémata vytvořená v prostředí **Matlab simulink**. Program obsahuje vlastní výpočetní jádro. Vytvořené modely mohou být také řízeny programovatelnými logickými automaty připojitelnými přes sériový port nebo počítačovou sít pomocí protokolu **Epsnet**. Vizualizace využívá grafického rozhraní **OpenGL**. Návrh simulované scény je poměrně náročný a vyžaduje profesionálně zaměřené aplikace pro definici modelů. Prostředí programu je zachycené na obrázku 4.

Obrázek 4 Prostředí VirMo

2.4.6 Interaktivní simulace PhET

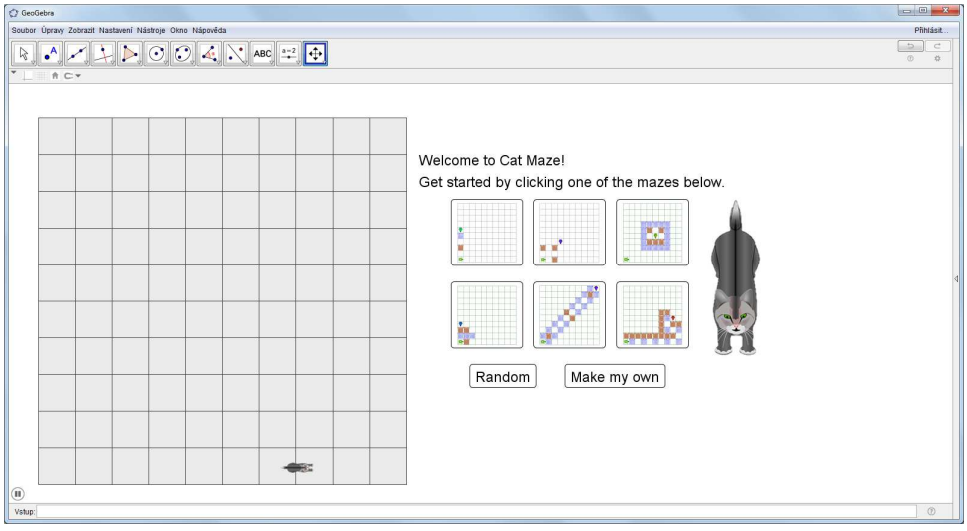
Projekt **PhET** vznikl na Coloradské univerzitě ve Spojený státech amerických v roce 2002. Program lze využít ve výuce mnoha přírodovědně zaměřených předmětů, kam patří fyzika, matematika, chemie a biologie. Prostředí aplikace je lokalizováno do mnoha světových jazyků, mezi kterými bohužel chybí čeština. Nástroj je koncipován pro výuku v různých úrovních vzdělávání. Knihovna iterativních modelů obsahuje modely určené pro první a druhý stupeň základních škol. Část pokročilejších modelů je zaměřena na výuku na středních školách a univerzitách. Vytvořené modely poskytují snadné a intuitivní ovládání pomocí základních ovládacích prvků a systému táhni a pusť. Aplikaci lze nainstalovat pod platformou **Windows** nebo může pracovat jako doplněk webového prohlížeče. Doplněk **PhET** funguje ve všech široce rozšířených webových prohlížečích. Program je volně dostupný pro studijní účely. Nástroj získal mnoho cen pro aplikace určené pro výuku. Mezi nejvýznamnější ocenění patří **Microsoft Education Tech Award** v roce 2011. Prostředí programu **PhET** je zachyceno na obrázku 5.



Obrázek 5 Prostředí programu PhET

2.4.7 Geometrická aplikace GeoGebra

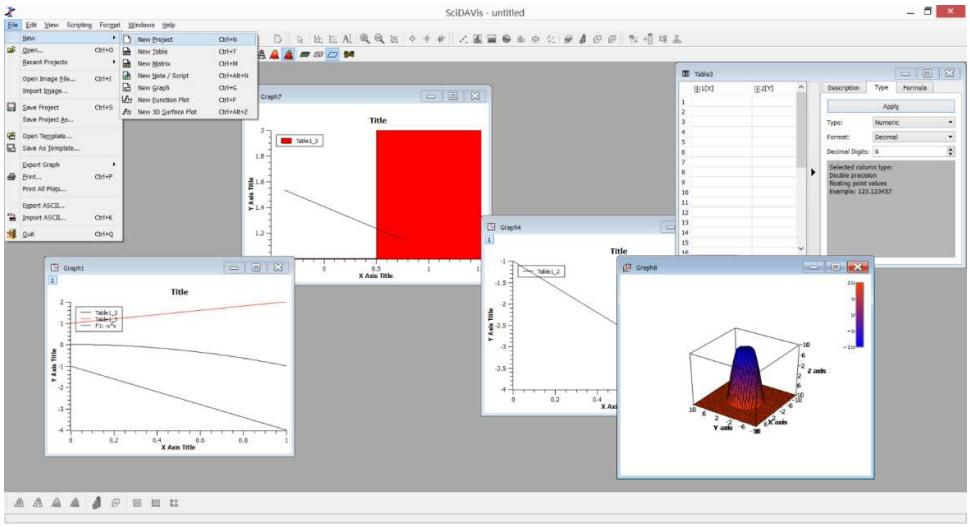
GeoGebra je program pro tvorbu interaktivní a dynamické geometrie. Vznikl v roce 2001 na univerzitě v Salzburgu a získal četná ocenění pro vzdělávací software v Evropě a USA. Nyní vývoj probíhá navíc na Floridské univerzitě a na univerzitě v Linci. Aplikace pokrývá nejen geometrii, ale poskytuje také nástroje pro algebru, vykreslování grafů a práci s tabulkami. Prostředí je plně lokalizované do mnoha jazyků včetně češtiny. Aplikaci lze provozovat na mnoha platformách. Mezi stolní platformy patří **Windows**, **Mac OS** a **Linux**. Program lze také provozovat na celé řadě mobilních platforem. Podporovány jsou platformy **Android**, **iOS** a **Windows Mobile**. Dostupná je také webová aplikace založená na **HTML5**. Práce s prostředím je založena na tvorbě modelů založených na konstruktivní geometrii a program umožňuje i tvorbu prvků uživatelského rozhraní jako jsou třeba tlačítka a posuvníky. Výběrem prvků v menu a přetažením myší lze snadno provádět úpravy geometrie modelů. Webová podpora programu také obsahuje bohatou volně dostupnou knihovnu návodů a hotových modelů. Prostředí programu **GeoGebra** je zachyceno na obrázku 6.[6]



Obrázek 6 Nástroj GeoGebra

2.4.8 Analytický nástroj SciDAVis

Nástroj **SciDAVis** slouží pro dynamické vykreslování grafů a datovou analýzu. Vývoj začal v roce 2007 jako odnož programu **QtiPlot** a aplikace je volně ke stažení pod **GNU General Public License**. Program je multiplatformní a lze ho provozovat na systémech **Microsoft Windows**, **OS X** a **Linux**. Pracovat s programem lze pomocí uživatelského rozhraní nebo pomocí skriptovacího jazyka **Python**. Program obsahuje řadu nástrojů pro práci s tabulkami a tvorbu grafů. Vytvořené výstupy lze exportovat a využít v jiných aplikacích. Uživatelské rozhraní zachycené na obrázku 7 je mírně zastaralé a méně přehledné.



Obrázek 7 Prostředí SciDAVis

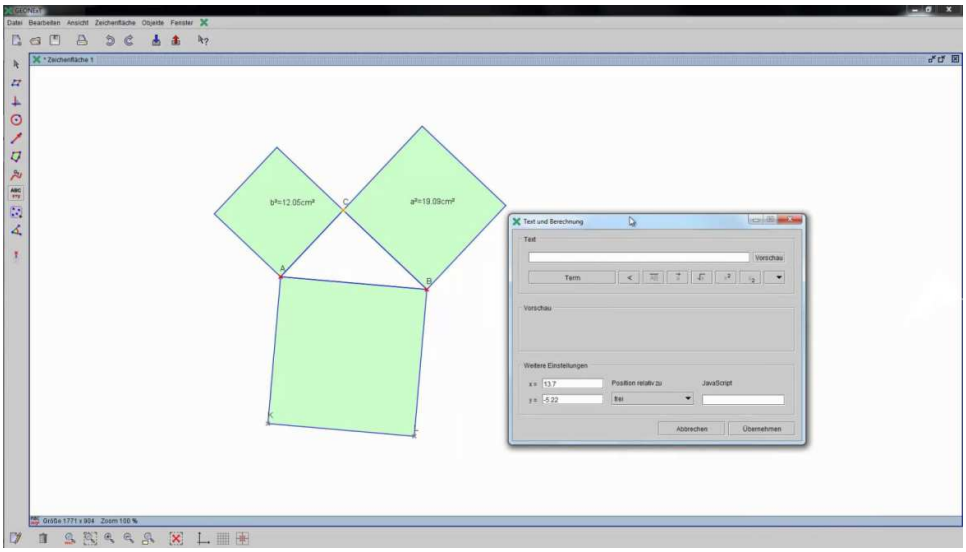
2.4.9 Fyzika zajímavě

Fyzika zajímavě je komplet deseti komerčních programů a elektronických učebnic od firmy **Pachner**. Aplikace pracují v prostředí Windows a lze je zakoupit jednotlivě. Elektronické učebnice se snaží vzbudit zájem čtenářů mnoha zajímavostmi, ale postrádají vyšší interaktivitu. Pokrytá témata jsou rozdělena do kapitol. Kapitola je rozčleněna do několika bodů. Každá kapitola

je pro ověření znalostí ukončena krátkým kvízem. Otázky i pořadí jsou neměnné, což snižuje možnosti využití programu při opakování.

2.4.10 Dynamický skicář GEONExT

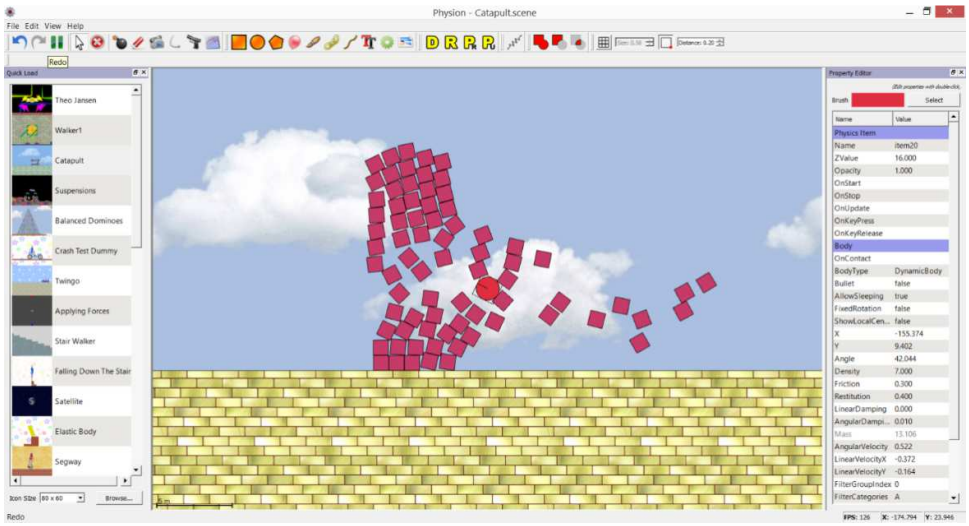
GEONExT je volný software šířený pod licencí **GNU General Public License** pro prostředí **Windows**, **Mac OS X** a **Linux**. Nástroj je využíván k tvorbě dynamické geometrie a byl naprogramován v jazyce **JAVA**. Program byl vytvořen na Fakultě matematiky a didaktiky Univerzity Bayreuth v Bavorsku z programu **GeoNet**. Lze jej využít k simulaci a prezentaci grafických řešení fyzikálních modelů. Program je podobný aplikaci **GeoGebra** a simulované modely jsou realizované pomocí konstruktivní interaktivní geometrie. Vytvořený model lze exportovat jako obrázek nebo jako webovou stranu. Uživatelské rozhraní aplikace je lokalizováno do českého jazyka. Prostředí programu je zachyceno na obrázku 8.



Obrázek 8 Dynamická geometrie v GEONExT

2.4.11 Simulační program Physion

Physion je prostředí pro snadný návrh interaktivních dvourozměrných animací. Aplikace umožňuje volnou práci a tvorbu modelů pomocí základních prvků. Mezi podstatné prvky patří základní geometrické tvary jako kruh, čtverec, polygon, ozubené kolo a další. Tyto objekty jsou spojeny pomocí vazeb. Vazbami mohou být pružiny, lana a mnohé další. Program umožňuje tvorbu krokovaných scénářů a interaktivních animací. K vytváření scénářů a k implementaci vlastní funkcionality je možné využít jazyk **JavaScript**. Program obsahuje vlastní aplikační rozhraní popsané v referenční příručce a soubor tutoriálů pro porozumění možnostem skriptování. Program využívá řadu volně dostupných knihoven a je k volnému stažení na platformy **Windows** a **Linux**. Knihovna modelů je přímo součástí programu. Prostředí programu **Physion** je zachyceno na obrázku 9.



Obrázek 9 Simulace v programu Physion

2.5 Kinematika a Newtonovy zákony pro základní školu

Kinematika a Newtonovy pohybové zákony jsou probírané v sedmé třídě základní školy. Žáci se s těmito tématy také setkají během opakování v deváté

třídě. Výklad kinematiky je zaměřený na přímočarý rovnoměrný pohyb, případně na přímočarý pohyb rovnoměrně zrychlený. Oblastí výkladů může být také pohyb po kružnici. Studentům jsou předkládány pouze základní pojmy, vztahy a úvahy o úměrách při změně parametrů, které mohou využít i vypozorovat v reálném životě. Základní rozvahy o pohybech hmotných těles jsou pokryty Newtonovými pohybovými zákony. Většina úloh je jednorozměrných. Žáci pracují pouze se skaláry. Během návrhu modelu jsou některé pojmy upozaděny a část skutečností jako například odpor prostředí jsou zanedbány. Důležité je porozumění základním principům a z toho plynoucích důsledků.[7]

Žákům je během výuky objasněn pojem trajektorie a dráha. Pobráno je také značení veličin a zopakovány délkové jednotky. Důležité je vysvětlení rozdílu mezi pojmy trajektorie a dráha. Žák by si měl ujasnit rozdělení pohybu podle tvaru trajektorie rozeznání a rozlišování pohybu přímočarého či křivočarého. Žák se také naučí rozlišovat mezi pohybem posuvným a otáčivým a rozezná, zda se jedná o pohyb rovnoměrný či nerovnoměrný. Student porozumí základním výpočetním vztahům pro přímočarý pohyb. Experimentálně určí rychlost rovnoměrného pohybu a průměrnou rychlost nerovnoměrného pohybu. Dovede pracovat s grafem závislosti dráhy na čase pro rovnoměrný pohyb. Znázorní orientovanou úsečkou sílu o známé velikosti, směru a působišti. Charakterizuje těžiště tělesa jako působiště gravitační síly působící na těleso a experimentálně určí polohu těžiště. Objasní principy a podstatu Newtonových pohybový zákonů. Použije získané znalosti o důsledcích Newtonových pohybových zákonů v běžných situacích z reálného světa. Žák dovede charakterizovat kyvný a kmitavý pohyb a uvést jeho příklady. Dovede popsat a vyjádřit periodu a frekvenci kmitu a kyvu. Dále dovede popsat závislosti při působení síly v kyvném a kmitavém pohybu a souvislost periody kmitu s délkou kyvadla. Student charakterizuje přeměnu polohové a pohybové energie při kyvném pohyb v tíhovém poli.[3],[11]

2.5.1 Obecné kinematické vztahy a výpočty

Fyzikální vztahy pro výpočty v oblasti obecné kinematiky jsou reprezentovány hlavně rovnoměrným přímočarým pohybem, který je popsán vztahem (1). Proměnná ***s*** reprezentuje dráhu. Proměnná ***t*** reprezentuje čas a poslední proměnná ***v*** je rychlost rovnoměrného přímočarého pohybu.

$$v = \frac{s}{t} \tag{1}$$

Žákovi jsou zadané vždy dvě veličiny a třetí veličinu si musí ze vztahu (1) vyjádřit. Vzhledem k možnostem zadání při dvou známých veličinách vznikají tři různé úlohy zaměřené na výpočet rychlosti, dráhy a času. Úlohy lze dobře aplikovat na situace z reálného života. Při řešení je vhodné procvičovat převody a práci s jednotkami délky, času a rychlosti.

Dráha a čas

V tomto zadání je definovaná celková dráha a čas pohybu. Dráha je zadaná v délkových jednotkách a čas v jednotkách času. Výsledkem je rychlost pohybujícího se hmotného bodu. Vztah je využit k výpočtu rychlosti u přímočarého pohybu anebo k výpočtu průměrné rychlosti u nerovnoměrného pohybu. Pro výpočet lze použít vztah (1).

Rychlost a čas

V druhém typu zadání je známá rychlost a doba pohybu. Neznámá je dráha pohybu reprezentovaná vzdáleností mezi polohou tělesa na počátku pohybu a na jeho konci. K vyjádření a výpočtu dráhy lze použít vztah (2). V oblasti nerovnoměrného pohybu může být vztah využit pro výpočet vykonané dráhy pomocí známého času a průměrné rychlosti.

$$s = v \cdot t \tag{2}$$

Dráha a rychlost

Třetí typ zadání je zaměřen na výpočet času potřebného k vykonání zadané dráhy danou rychlostí. Tento typ úlohy je žáku velmi dobře známý při určování času potřebného na cestu z reálného života. Fyzikální vztah pro výpočet času pomocí zadané dráhy a rychlosti je zachycen ve formuli (3).

$$t = \frac{s}{v} \tag{3}$$

Při procvičování je vhodné procvičovat všechny typy úloh společně. Žáci musí rozhodnout, o jaký typ úlohy se jedná. Potřeba úvahy zlepšuje pochopení problematiky a snižuje možnost řešení úloh pouze mechanickými výpočty. Známé údaje lze zadat v různých jednotkách. Zvýšit tak variabilitu úloh a procvičovat převody velmi využívaných jednotek délky, času a rychlosti. Vysvětlení základů jednotkové zkoušky zvýší pochopení úprav při vyjadřování neznámé veličiny a umožňuje kontrolu výsledku.[13]

2.5.2 Newtonův pohybový zákon setrvačnosti

Zákon setrvačnosti je v pořadí první Newtonův pohybový zákon. Newton formulací pohybových zákonů navazuje na Johannese Keplera, který se zabýval pohybem vesmírných těles pro interpretaci pohybu hvězd a planet na obloze. Zákon bývá v českém jazyce definován mnoha významově shodnými formulacemi. Jedno z nejpoužívanějších vyjádření je:

„Jestliže na těleso nepůsobí žádné vnější síly nebo výslednice sil je nulová, pak těleso setrvává v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu.“

Síla není příčinou pohybu, ale hybatelem změny. Vnější síly označíme $\boldsymbol{F_1}$, $\boldsymbol{F_2}$ až $\boldsymbol{F_n}$. Pokud je výslednice sil podle vztahu (4) nulová, potom těleso setrvává v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu.

$$\sum_{i=1}^{n} F_i = 0 \tag{4}$$

2.5.3 Newtonův pohybový zákon síly

Druhý Newtonův pohybový zákon vyjadřuje, že zrychlení tělesa je přímo úměrné síle, která na těleso působí a nepřímo úměrné hmotnosti tělesa. Zákon popisuje zrychlený nebo zpomalený pohyb a lze ho formulovat:

„Jestliže na těleso působí síla, pak se těleso pohybuje se zrychlením, které je přímo úměrné působící síle a nepřímo úměrné hmotnosti tělesa.“

Zákon popisují zrychlení ***a*** jako poměr výslednice vnějších sil ***F*** působících na těleso a jeho ***m*** hmotnosti. Směr působení zrychlení je shodný se směrem výslednice sil. Formulovaný vztah je zachycen v předpisu (5).

$$a = \frac{F}{m} \tag{5}$$

2.5.4 Newtonův pohybový zákon akce a reakce

Třetím Newtonovým pohybovým zákonem je pravidlo akce a rekce, které se zaměřuje na popis působení sil mezi dvěma tělesy. Pokud první těleso působí silou na druhé těleso, působí i druhé těleso na první stejně velkou silou, ale opačného smyslu. Zákon bývá často formulován:

„Proti každé akci vždy působí stejná reakce.“

Paleta realizovatelných pokusů pro znázornění důsledků třetího Newtonova zákona je velmi široká a řada z nich je snadno proveditelná. Význam zákona lze lehce demonstrovat na všech reaktivních pohonech. Jednou z možností je vytvoření rakety pomocí natlakované láhve. Výklad je dobré doplnit cvičeními pro určení akce, rekce a zúčastněných těles. Například úder kladivem do hlavičky hřebíku a následné působní hřebíku na dřevo. Vztah mezi silou akce $\boldsymbol{F_{12}}$ a reakce $\boldsymbol{F_{21}}$ je zachycen v předpisu (6).

$$F_{12} = -F_{21} \tag{6}$$

Zákon zachování hybnosti

Významnými důsledky třetího Newtonova pohybového zákona je zákon zachování celkové hybnosti izolované soustavy těles a zákon o změně hybnosti tělesa. Celková hybnost soustavy je rovna součtu hybností jednotlivých těles tvořících izolovanou soustavu v daném okamžiku a v čase se nemění. Zákon o změně hybnosti tělesa popisuje, že hybnost je přímo úměrná hmotnosti a rychlosti rovnoměrného přímočarého pohybu hmotného bodu. Důsledkem změny hmotnosti při konstantní hybnosti je změna rychlosti pohybu hmotných bodů nebo soustav z nich tvořených. Rychlost hmotného bodu nebo soustavy před změnou označíme $\boldsymbol{v_1}$ a hmotnost $\boldsymbol{m_1}$. Rychlost hmotného bodu nebo soustavy po změně hmotnosti označíme $\boldsymbol{v_2}$ a hmotnost $\boldsymbol{m_2}$. Po změně hmotnosti z $\boldsymbol{m_1}$ na $\boldsymbol{m_2}$ dochází také ke změně rychlosti z $\boldsymbol{v_1}$ na $\boldsymbol{v_2}$. Popsaná rovnost zachycena ve vztahu (7).

$$m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2 \tag{7}$$

2.5.5 Kmitání a kyvný pohyb

Kmitavý pohyb je, pokud se těleso nebo hmotný bod pohybuje po úsečce nebo po kruhovém oblouku kolem rovnovážné polohy. Pokud je pohyb periodický, prochází těleso rovnovážnou polohou v pravidelných intervalech. Takový pohyb vykonává například těleso zavěšené na pružině, kyvadlo nebo písty v motoru. Pro žáky je důležité pochopení periody a frekvence kmitavého pohybu. Význam kmitavého pohybu lze nalézt v celé řadě mechanických zařízení, například v kyvadlových hodinách. Pohyb kyvadla lze zjednodušit a využít jednoduššího popisu pomocí matematického kyvadla. Doba periody je závislá pouze na délce kyvadla. Perioda není závislá na hmotnosti závaží ani na počátečním úhlu vychýlení. Vztah pro periodu kmitu $\boldsymbol{T}$ je popsán ve formuli (8), kde $\boldsymbol{l}$ je délka kyvadla a $\boldsymbol{g}$ gravitační zrychlení.[10]

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} \tag{8}$$

2.6 Návrh výukového softwaru

Postup návrhu výukového softwaru se v mnohém neliší od návrhu softwarů s jiným uplatněním. V prvním kroku je nutné se zaměřit na sběr požadavků pro funkčnost vyvíjeného softwaru. Mezi tyto požadavky patří oblast, kterou bude navrhovaný software pokrývat. Dále je nutné zvážit, k jaké fázi výuky bude software určen. Nutné je také zvolit způsob komunikace s uživatelem. Kromě požadavků pokrývajících zaměření softwaru, je nutné zamyslet se i nad požadavky technickými. Mezi tyto požadavky patří v první řadě platforma, na které bude možné aplikaci provozovat. Dalšími technologickými aspekty návrhu může být minimální konfigurace hardwaru pro spuštění vytvářené aplikace. Kromě základních technických požadavků je třeba učinit celou řadu dalších rozhodnutí, mezi které patří volba vývojového prostředí a volba nástrojů pro vytváření a úpravy dat využívaných výukovým programem.

V druhé fázi vývoje výukové aplikace je třeba navrhnout její architekturu. Návrh je velmi často rozdělen na datový a funkční. V datovém návrhu se řeší struktura a případně i uložení dat aplikace. Je třeba zvážit možnosti přístupu k datům. Je nutné se vyhnout datové redundanci, která může způsobovat nekonzistenci datového modelu. V dnešní době je velmi často využíván objektový přístup při návrhu datového modelu aplikace. Tento přístup je velmi vhodný, protože reprezentuje modelovanou realitu formou objektů a jejich atributů stejně, jako v reálném světě. Druhou částí návrhu architektury je funkční model, který popisuje možnosti interakce mezi jednotlivými objekty. Pro zápis datového a funkčního návrhu lze využít jazyk **UML**, který je hodně rozšířen. Jazyk poskytuje možnosti k vytváření různých typů diagramů. Pro datovou oblast návrhu lze využít například diagram tříd. Funkční návrh aplikace lze zachytit pomocí diagramu případu užití nebo pomocí stavového diagramu. Samostatnou částí je návrh uživatelského rozhraní. Fáze vytváření návrhu je jednou z nejdůležitějších, protože chyby a opomenutí vzniklé v této

fázi jsou přeneseny do všech dalších fází. Prostředky nutné na opravu chyby narůstají během vývoje až do odhalení a opravení problému. Často jsou ve fázi návrhu vytvářeny technologické prototypy pro ověření důležitých operací a možností návrhu. Důležité je také zvážení výpočetního výkonu z hlediska náročnosti provozu aplikace. Návrh aplikace musí být kvalitně zdokumentován pro sehranou práci celého vývojového týmu.[1]

Třetí fází je implementace, kdy je vytvořená architektura implementována ve zvoleném vývojovém prostředí. Pro potřeby implementace je vytvořená architektura detailně rozpracovaná a jsou vytvořeny návrhy uživatelského rozhraní a vzhledu aplikace. Pokud to aplikace vyžaduje, jsou vytvořeny další podpůrné nástroje pro tvorbu a zpracování vstupních dat. V případě, že aplikace využívá větší báze proměnných dat, bývá vhodné použít některého z databázových systémů. Tyto systémy dnes nejčastěji pracují s využitím dotazovacího jazyka pro práci s daty **SQL**. To usnadňuje operace s daty s ohledem na jejich konzistenci a také zlepšuje přenositelnost a znuvupoužitelnost dat. Sestaveny jsou také knihovny využití komponent a zdrojů aplikace jako například obrázky, textury, materiály a modely. Nejčastěji implementace probíhá od základní funkcionality přes postupné doplňování a upravování detailů po vytvoření finálního projektu. V této fázi také začíná probíhat testování aplikace a její funkcionality pro ověření všech prvků návrhu a implementace. Nalezené problémy jsou zdokumentovány a návrhy architektury a implementace pro jejich eliminaci upraveny. Testování je nutné doplnit kontrolou vstupních dat do programu. Fáze návrhu, implementace a testování jsou opakovány v iteračních krocích definovanými v počátku návrhu v rámci časového harmonogramu.

Předposlední fází je nasazení, kdy je vytvořený software využit pro cíl svého určení. Po implementaci návrhu aplikace často ještě probíhá testování finálních verzí programů v uzavřeném prostředí pro odstranění drobných funkčních problémů a detailů návrhu například uživatelského rozhraní. V této

fázi může proběhnout zkušební nasazení a využití aplikace v úloze, pro kterou byla navržena. Pokud se má jednat o komerční aplikaci nebo o aplikaci s větším počtem nasazených instancí, jsou vybraná vhodná prostředí v rámci dostupnosti a hlavně kvality zpětné vazby. V post implementační fázi by také měly proběhnout školení práce s programem a sběr reakcí a dojmů z širokého zástupu různých typů uživatelů.

Poslední fází je údržba nebo udržování. V reálném provozu jsou často nalezeny nedostatky, které byly během testování opomenuty. V rámci projektu nebo komerční licence musí být pro aplikaci dostupná podpora a aktualizace pro udržení základní funkčnosti. Nové verze mohou také přidávat funkcionalitu, případně tento systém může být tvořen modulárními aktualizacemi jednotlivých částí.

Existuje řada doporučení a pravidel pro vhodný návrh. Velmi důležitá je interaktivita výukového programu a to je při výkladu, který může být rozdělen na základní obsah a podrobnější vysvětlení probíraných podoblastí podle potřeb studenta. Uživatelské rozhraní by mělo působit jednotně a mělo by být jednoduché a intuitivní. S ohledem na využití aplikací určených pro výuku na základní škole je třeba zvážit náročnost ovládání a přívětivost práce s programem. Žáci jsou často na velmi odlišné úrovni znalostí a schopností práce s **ICT**. Tyto rozdíly často pramení v jiné hloubce zájmu o informační technologie. Velmi důležitá je také skladba a pestrost činností, které žák s využitím informačních prostředků vykonává. Různorodá a kreativní činnost lépe rozvíjí schopnosti a kompetence pro práci s **ICT**, než opakující se úkony a pasivní pozorování. Protože musí být vytvářené a využívané aplikace snadno použitelné pro všechny žáky, je u těchto programů velmi důležitá jednoduchost a srozumitelnost uživatelského rozhraní. Prezentované informace musí žáka zaujmout, ale přesto je třeba, aby zobrazené informace byly názorné a přehledné.[12]

2.6.1 Rozhraní pro vykreslování akcelerované grafiky

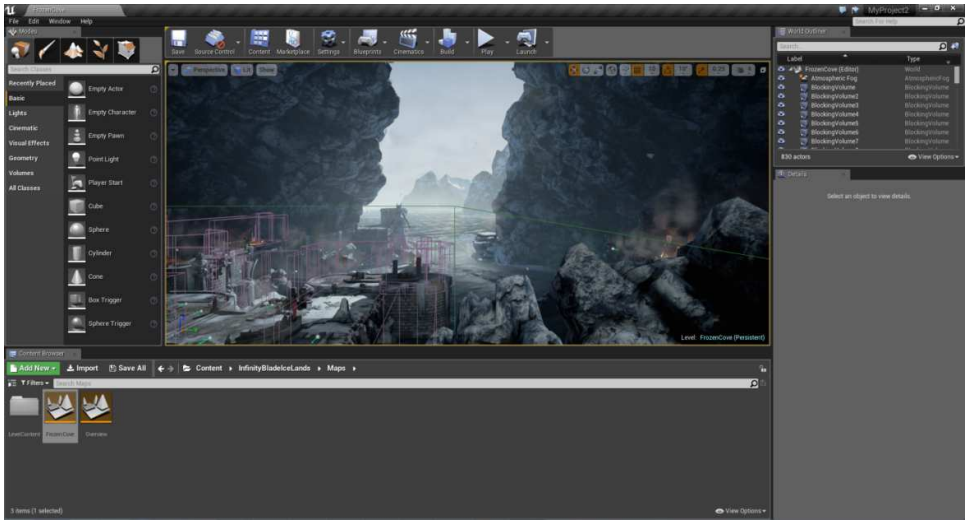
Akcelerovaná grafika je dnes využívaná většinou aplikací pro vykreslování grafických prvků. Nejčastěji se dnes využívá nástrojů implementovaných přímo ve vývojovém prostředí. Vytvořená vizuální data a někdy i část výpočetních dat jsou zpracovány grafickou kartou počítače. Grafické karty obsahují procesory, které jsou silně paralelní, proto jsou vhodné pro grafické výpočty, které jsou na tento typ požadavků velmi náročné. Použitá rozhraní musí mít podporu v ovladačích pro zvolený operační systém. Grafická rozhraní, jsou nejčastěji **Direct X** na platformě **Windows** od firmy **Microsoft** nebo **OpenGL**, které je multiplatformní a spravované sdružením **Khronos Group**. O sestavení vizuálních dat se u moderních nástrojů starají podpůrné prostředky, které jsou součástí grafických enginu a přetransformují znázorňovanou scénu na informace a příkazy grafické kartě. To velkou měrou usnadňuje návrh aplikací obsahující pokročilé vizualizace při použití vhodných nástrojů.

2.6.2 Jazyk C#

Programovací jazyk **C#** vyvinutý firmou **Microsoft** je multiparadigmatický, vysokoúrovňový, objektově orientovaný programovací jazyk. Syntaxe jazyka je velmi podobná jazyku **C**, což umožňuje snadnou přenositelnost zdrojových kódů a svými principy je blízce příbuzný jazyku Java. Prvky objektového programování jsou široce využity, což usnadňuje modelování popisované reality. Výhodou je také široká podpora výjimek jako například indexování mimo hranice pole nebo například přístup k neexistujícím objektům. Jazyk také podporuje silnou typovou kontrolu. Jazyk nepodporuje například vícenásobnou dědičnost a globální proměnné. Globální proměnné jsou nahrazeny statickými proměnnými uvnitř tříd. Jazyk **C#** poskytuje v dnešním světě velmi výkonný nástroj pro vytváření aplikací různého zaměření.

2.6.3 Vývojové prostředí Unreal Engine 4.0

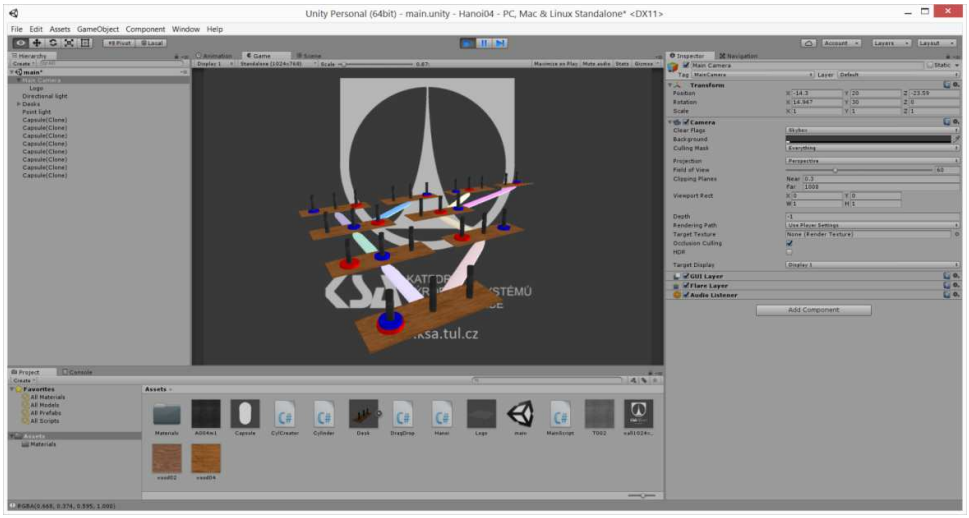
Prvním kandidátem byl **Unreal Engine 4** od firmy **Epic**. Tento engine bývá velmi často využíván hlavně pro tvorbu akčních počítačových her. Pro nekomerční účely je volně dostupný. Poskytuje širokou paletu nástrojů a editorů pro různé prvky navrhované scény jako editor modelů, textur, materiálů, zvukových stop a dalších datových souborů. Tyto soubory lze v prostředí přímo vytvářet. Datové soubory lze stáhnout z **Market Place** na stránkách firmy **Epic** a nebo přímo v aplikaci **Epic Games Launcher**. Velká část balíčků s předem vytvořenými datovými soubory je zpoplatněna. Naštěstí firma **Epic** vytvořila několik volně dostupných, poměrně obsáhlých balíčků datových souborů. Návrh scény probíhá pomocí uživatelského rozhraní editoru. Po vytvoření vznikne samostatná spustitelná aplikace na většině běžných platforem, ať už z rodiny PC nebo mobilních zařízení. Vytvořený projekt pomocí šablony zabere na pevném disku dost místa i bez dalších datových souborů. Vytváření logiky aplikace je tvořeno pomocí blokových schémat. To usnadňuje zaškolení vývojáře, ale složitější návrhy se stávají nepřehlednými. Na obrázku 10 je ukázka prostředí **Unreal Engine 4**.



Obrázek 10 Vývojové prostředí Unreal Engine 4.0

2.6.4 Prostředí Unity

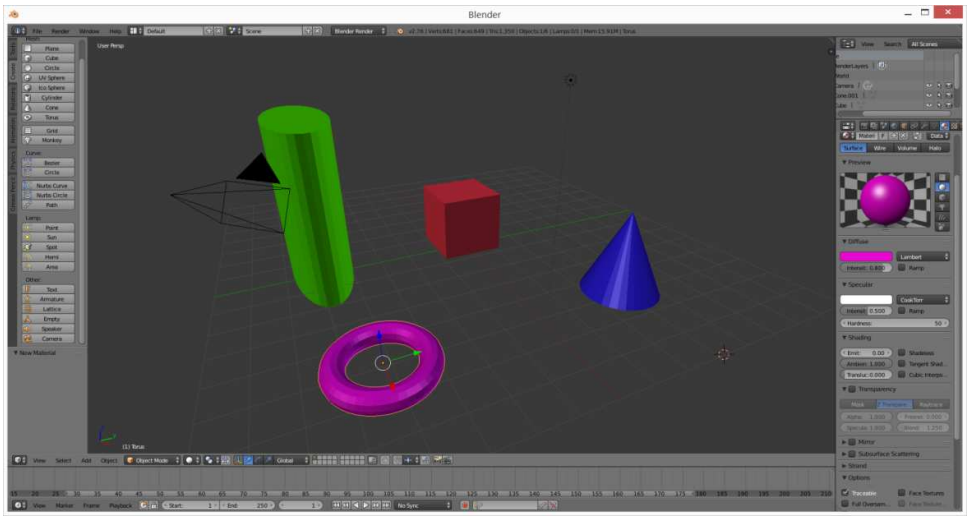
Druhým nástrojem zvažovaným k tvorbě výukové aplikace bylo prostředí **Unity 5** firmy **Unity Technologies** na obrázku 11. Toto široce multiplatformní prostředí umí výsledný projekt kompilovat pro velkou škálu platforem. Mezi platformy stolních a větších zařízení patří například systém **Windows** od firmy **Microsoft**, **Mac OS** od firmy **Apple** nebo třeba komunitní systém **Linux**. Z mobilních platforem jsou zastoupeny všechny rozšířené systémy jako například **Android, iOS, Windows Mobile** nebo například exotický **Tizen**. Další třídou podporovaných platforem jsou herní konzole všech významných výrobců jako Sony s konzolí **Play Station**, **Microsoft** s konzolí **Xbox** a **Nintendo** s konzolí **Wii**. Prostředí Unity podporuje i řadu webových platforem a subplatforem. Výhodou prostředí kromě multiplatformosti je hiearchistický přístup při vytváření objektů. Objektový přístup umožňuje snadno konstruovat samostatné funkční celky, které lze opakovaně využívat. Logika aplikace se vytváří pomocí skriptů vytvářených v prostředí **Microsoft Visual Studio Express**. Použitým programovacím jazykem může být C# s podporou platformy **NET** nebo jazyk **Java Script**. Datové balíčky lze získat v **Asset Store** obsaženým přímo v prostředí editoru.



Obrázek 11 Vývojové prostředí Unity 5

2.6.5 Vývojové prostředí Blender

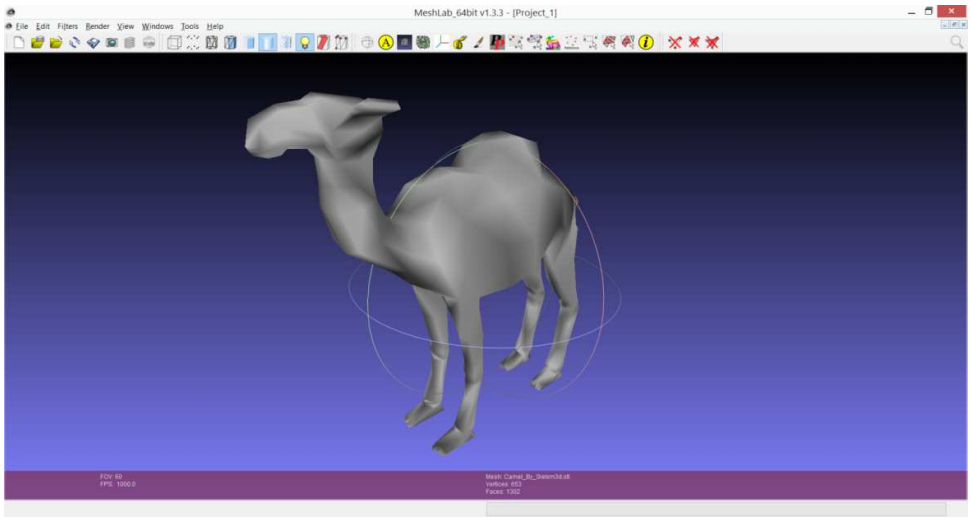
Posledním vybraným prostředím vhodným pro návrh výukové aplikace byl **Blender** spravovaný **Blender Foundation**. Jde o volně dostupný software s otevřeným zdrojovým kódem. Nástroj je vhodný k tvorbě 3D modelů a animací. Často je také využíván jako modelační nástroj a vytvořené modely jsou použité pro práci v jiných prostředích, které neumožňují takové možnosti úpravy modelů. Program obsahuje široké palety nástrojů. Nevýhodou je poměrně náročné ovládání editoru a tím i tvorba návrhu. Druhou nevýhodou je neexistence jednoduchého integrovaného prostředí pro výměnu datových souborů. K tvorbě interaktivních projektů lze využít skriptovací jazyk **Python**. Díky tomu lze projektům dodat plnou funkcionalitu. Skriptovacím jazykem lze rozšířit funkcionalitu programu pomocí zásuvných modulů. Nástroj umožňuje široké možnosti pro práci s objekty, kamerou, světly, efekty a transformacemi. Při úpravě těles je využívaná plošková reprezentace těles a objektů. Výsledky lze uložit do spustitelných souborů, obrazů i videa. Prostředí modelačního nástroje je zachyceno na obrázku 12.



Obrázek 12 Modelační nástroj a vývojové prostředí Blender

2.6.6 Editor modelů MeshLab

MeshLab je volně dostupný nástroj pro vytváření a úpravy 3D modelů viz obrázek 13. Schopnosti nástroje lze rozšířit pomocí doplňků. Velkou výhodou je podpora rozsáhlého množství importních a exportních formátů, proto je často využíván pro konverzi mezi jednotlivými datovými formáty pro 3D grafiku. V editoru lze provádět i úpravy modelů a to jak prací s vertexy, tak pokročilejšími metodami. Editační funkce jsou náročnější na použití a hodí se pouze pro menší úpravy při převodu.

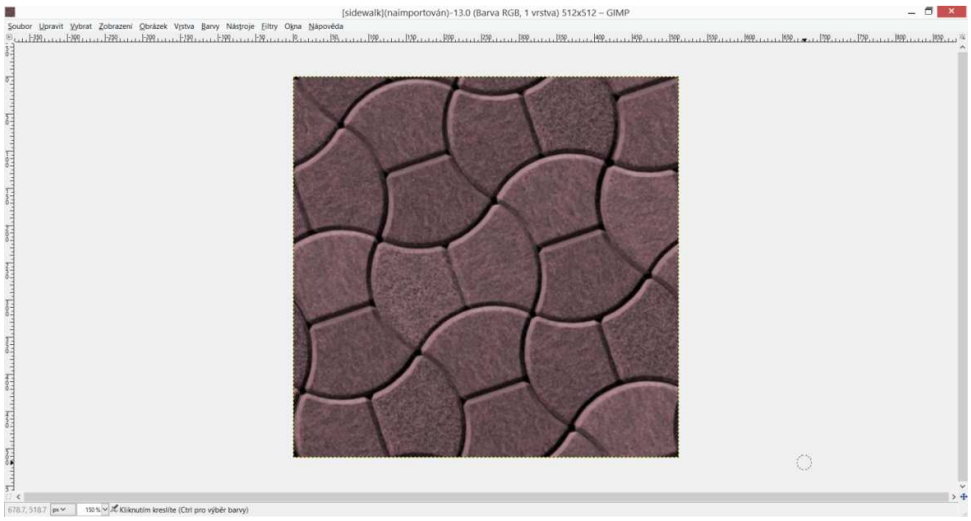


Obrázek 13 Editor modelů MeshLab

2.6.7 Grafický editor GIMP 2

Grafický editor **GIMP 2** je volně dostupný multiplatformní software pro vytváření a úpravu rastrové grafiky. Editor je dostupný pro platformy **Linux, Windows** a **Mac OS X**. Je přímo součástí řady předních linuxových distribucí. Poskytuje širokou paletu nástrojů a filtrů pro snadnou a efektivní práci. Tyto nástroje jsou zaměřeny především na výběr části obrazu a práci s vrstvami. Široce jsou zastoupeny nástroje zaměřené na práci s barvami a úpravu fotografií. Další nástroje lze použít k různým grafickým a barevným

transformacím obrazu anebo k přidání efektů. Program umí zpracovaná data importovat a exportovat z mnoha formátů. Vytvářené projekty uchovává ve vlastním formátu, který umožňuje snadno provádět úpravy a změny v obraze. Výhodou je také uložení práce ve vrstvách. Snadná je práce s průhledností, které se často v 3D grafice využívá. Uživatelské rozhraní programu je zachyceno na obrázku 14.



Obrázek 14 Rastrový grafický editor GIMP 2

3 Výukový a demonstrační software MFyz

Jednotlivé úlohy jsou zasazeny do výuky fyziky na základních školách. Tematicky se zaměřují na elementární pojmy z oblasti kinematiky, Newtonovy pohybové zákony a kmitavý pohyb. Využití výukové aplikace je vhodné při procvičování a upevňování znalostí po výkladu obsažených témat v aplikaci nebo při opakování témat v deváté třídě. Obsah je tvořen stručnou prezentací probraných pojmů doplněnou interaktivními modely. Program by měl doplňovat výklad učitele a interaktivní modely mohou poskytovat prostor pro tvorbu pokusů a vytváření vlastních závěrů. Aplikace prezentuje základní pojmy proložené interaktivními modely. Interaktivní modely lze využít i samostatně při vlastní struktuře opakovací hodiny.

Výukový software obsahuje pět interaktivních úloh. Každá z úloh je zaměřena na jinou oblast. První oblastí jsou základy kinematiky reprezentované rovnoměrným přímočarým pohybem. V druhé části je demonstrován zákon setrvačnosti. Třetí část pokrývá druhý Newtonův zákon. Následující část nastiňuje zákon akce a reakce a poslední část výukové aplikace je zaměřena na harmonický kyvný pohyb a jeho periodu. Jednotlivé úlohy jsou spojeny prezentací. Uživatel se dozví základní pojmy a vztahy probírané oblasti a také je nastíněno ovládání modelů. Každý z modelů poskytuje řadu možností nastavení. Různé nastavení simulace lze využít k porovnání a stanovení vlivu parametrů. Pro každou z úloh bylo nutné navrhnout prostředí, které žákovi přiblíží řešený problém na situaci z reálného světa. Důležité výsledky simulace jsou žákovi k dispozici přehlednou formou ukazatelů a virtuálních měřících přístrojů. Pomocí interaktivních ovládacích prvků lze nastavovat parametry modelů v definovaných krocích. Parametry modelů byly zvoleny s ohledem na realizovatelnost situace.[14]

3.1 Volba vývojového prostředí

Vývojové prostředí muselo být vybráno s ohledem na vysokou podporu návrhu a na volnou dostupnost. Průzkumem dostupných nástrojů byly vybrány tři vhodná prostředí. Všechny tři podporují vysokou formu vizualizace a podporu pro 3D zobrazení, práci se světly, návrh uživatelského rozhraní, importování modelů a možnost tvorby vlastních aplikačních scénářů. Vybraná prostředí se významně liší v ovládání i filozofii návrhu interaktivního modelu. V jednotlivých prostředích byly vytvořeny technologická dema, která pomohla zhodnotit výhody a nevýhody jednotlivých nástrojů. Při vytváření technologických ukázek byla ověřena snadná dostupnost datových balíčků, definice a implementace logiky aplikace. Samostatnou částí jsou možnosti prostředí při návrhu uživatelského rozhraní. Ve všech prostředích byla vytvořena samostatná funkční aplikace pro platformu Microsoft Windows. V neposlední řadě byla zvážena subjektivní intuitivnost návrhu a podpora nástrojů usnadňující vytvoření scény.

Po úvaze nad výhodami a nevýhodami jednotlivých vývojových prostředí bylo vybráno prostředí **Unity 5** pro snadný návrh aplikace, široké vizualizační možnosti a snadnou dostupnost datových souborů. Výhodou je také aplikační platforma knihovny .**NET**, která obsahuje širokou paletu nejrůznějších funkcí, které urychlují a usnadňují vývoj. Pro tvorbu skriptu je využit jazyk **C#**. Uživatelské rozhraní bylo definováno pomocí integrovaných nástrojů v prostředí. Hiearchistická a objektová struktura scény je využita při tvorbě opakovaně využitelných prvků jako například virtuálních měřících přístrojů a prostředí scény. Přínosem nástroje je snadné využití pokročilých grafických prvků. Z grafických možností prostředí **Unity** stojí za vyzdvihnutí snadná práce se světly a stíny. Při vytváření venkovních scén je vhodné použít nástroje pro vytvoření a úpravu terénu. Tyto nástroje umožňují tvarování terénu a nanášení kombinace matriálů povrchů a rozmísťování stromů.

3.2 Návrh aplikace

K návrhu aplikace bylo přistoupeno shora dolů. Nejprve byl rozsah tématu rozdělen na samostatné části. Pro jednotlivé části byly vybrány důležité pojmy a vztahy. Probraný rozsah témat byl rozdělen na pět částí a každá část je doplněna úlohou, pro kterou byl vytvořený interaktivní model. V rámci prostředí **Unity** je každý interaktivní model reprezentovaný samostatnou scénou, která může sdílet datové soubory. Menu a prezentace použitá pro propojení interaktivních modelů je další samostatnou scénou. Vytvořené objekty v jedné scéně lze uložit a znovu použít s jiným nastavením v další scéně. To urychluje a usnadňuje implementaci aplikace.

Vytvořená úloha umožní probíranou oblast znázornit na situaci, kterou si žáci dovedou snadno představit. Pro každou úlohu byl sestaven matematický model a určeny výstupy, které by si měl žák osvojit. Pro jednotlivé úlohy bylo vytvořeno prostředí znázorňující reálný svět, ve kterém se jednotlivé úlohy odehrávají. V každé úloze lze změnit několik parametrů modelu a ovlivnit tak výslednou simulaci. Část úloh probíhá v nekonečné smyčce a některé úlohy je po nastavení parametrů nutné spustit.

Úlohy byly umístěné do reálného prostředí dopravních prostředků, výtahu a zahradní houpačky. Řada prvků scény a materiálů je využita vícekrát. Některé skripty jsou unikátní pro daný interaktivní model a další část skriptů je využita opakovaně. Skripty specifické pro konkrétní virtuální model jsou označeny pořadovým číslem úlohy.[4]

3.3 Úlohy aplikace

Jak již bylo řečeno, aplikace byla rozdělena na pět samostatných úloh. V první úloze jsou probírány základní kinematické vztahy rovnoměrného přímočarého pohybu. K vysvětlení a znázornění probíraného tématu je využita úloha s výtahem ve výškové budově. Druhá úloha pokrývá první Newtonův

pohybový zákon. Pro probírané téma byla vytvořena úloha s nákladním automobilem a míčem. Třetí oblast je věnována druhému Newtonovu zákonu, kde jsou sledovány účinky síly větru na jedoucí automobil. V další úloze věnované třetímu Newtonovu pohybovému zákonu je žákovi předložena situace změny rychlosti při spojení dvou vlakových souprav. V posledním interaktivním modelu je zachycen kyvný pohyb matematického kyvadla reprezentovaný zahradní houpačkou. Žák je seznámen s veličinami, které mají vliv na periodu kmitu. V následujících podkapitolách jsou jednotlivé úlohy podrobně probrány.

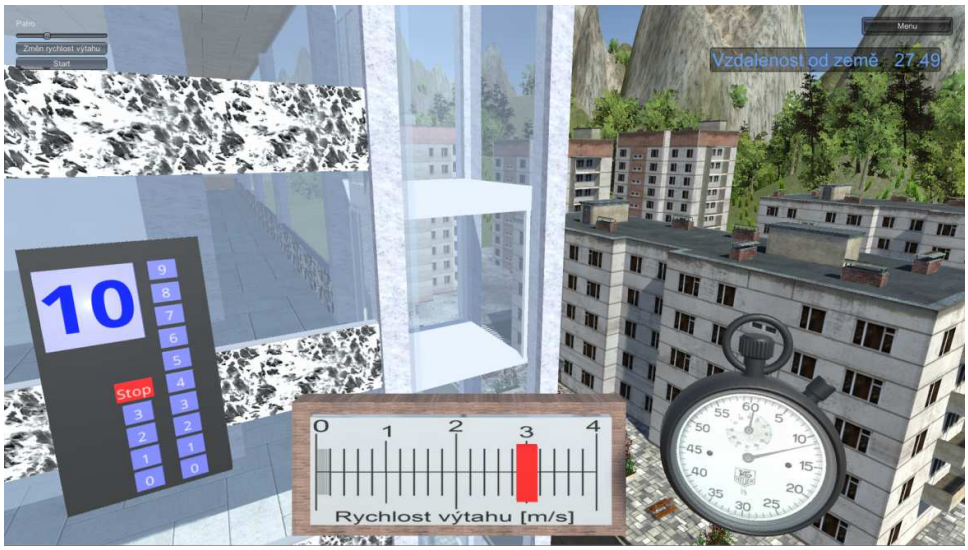
Pro ovládání úloh a zobrazování údajů ze simulací byly vytvořeny interaktivní virtuální přístroje. Mezi tyto přístroje patří například ovladač rychlosti, stopky, rychloměr a anemometr pro měření síly větru. Virtuální přístroje jsou reprezentovány třírozměrnými modely s pohyblivými ukazateli. Objekty jsou vybaveny proměnnými popisky pro objasnění zobrazovaného údaje. Některé ovládací prvky pro nastavení parametrů modelů jsou využity pouze pro danou úlohu. Všechny úlohy lze ovládat také pomocí menu v levém horním rohu okna. Prostředí aplikace je zachyceno na obrázku 15.

Obrázek 15 Menu aplikace MFyz

3.3.1 Výtah a obecné kinematické vztahy

První úloha výukové aplikace je založena na simulaci pohybu výtahu ve výškové budově. Úloha je zaměřena na výuku a procvičení rovnoměrného přímočarého pohybu. Prezentovány jsou základní pojmy z oblasti kinematiky. Mezi probírané a ilustrované pojmy patří dráha, čas a rychlost. S ohledem na rozsah výuky fyziky na základní škole je probírán pouze rovnoměrný přímočarý pohyb s konstantní rychlostí po celou dobu pohybu.

Výtah se pohybuje mezi jednotlivými patry ve skleněné šachtě. Uživatel může zadat patro, do kterého se má kabina výtahu přesunout. Během pohybu je měřena dráha a ujetý čas. Nové patro lze zvolit až po zastavení výtahu a čas na stopkách je po rozjetí výtahu vynulován. Rychlost výtahu je během pohybu konstantní a lze ji nastavit v několika krocích pomocí ovladače. Rychlost je udávaná v metrech za sekundu. Výška jednoho patra budovy je 3,1 m. Model lze využít k zadání a kontrole různě definovaných úloh zaměřených na výpočet dráhy, rychlosti nebo času. Dráhu lze počítat a určovat buď v patrech anebo v metrech. Úloha je zachycena na obrázku 16.



Obrázek 16 Úloha výtahu

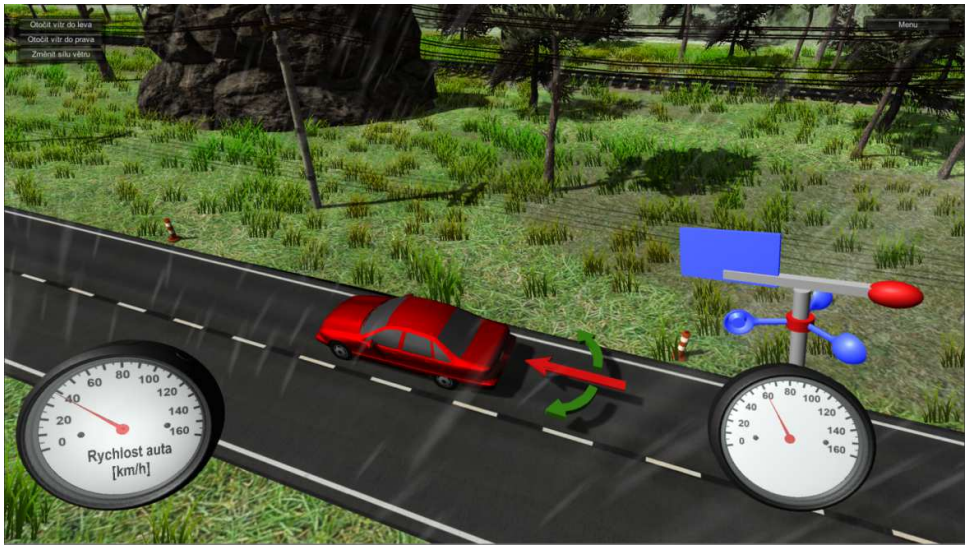
3.3.2 Míč na korbě nákladního automobilu a zákon setrvačnosti

Interaktivní úloha předkládá důsledky platnosti prvního Newtonova pohybového zákonu na míči, umístěném v nákladovém prostoru automobilu. Pokud automobil nemění rychlost svého přímočarého pohybu, zůstává míč v nákladovém prostoru vzhledem ke vztažné soustavě automobilu v klidu. Pokud automobil mění svou rychlost brzděním nebo zrychlením, je míč vzhledem k setrvačnosti uveden do pohybu. Valivé tření a další odpory při pohybu míče jsou zanedbány. Pohyb míče je omezen prostorem korby nákladního automobilu. Model uživateli demonstruje přímou úměru mezi velikostí změny rychlosti nákladního automobilu a rychlostí pohybu míče v nákladovém prostoru. Model je situován na nekonečné venkovské cestě lemované stromy. Kolem cesty jsou po deseti metrech rozmístěny patníky a přibližně po patnácti metrech sloupy elektrického vedení. Na obzoru po rovnoběžné přímé trati projíždí nákladní vlak. Ovládacími prvky modelu jsou plynový a brzdový pedál. Rychlost nákladního automobilu je zobrazena na tachometru. Model je zachycen na obrázku 17.

Obrázek 17 Úloha s míčem a nákladním automobilem

3.3.3 Auto ve větru na silnici a zákon síly

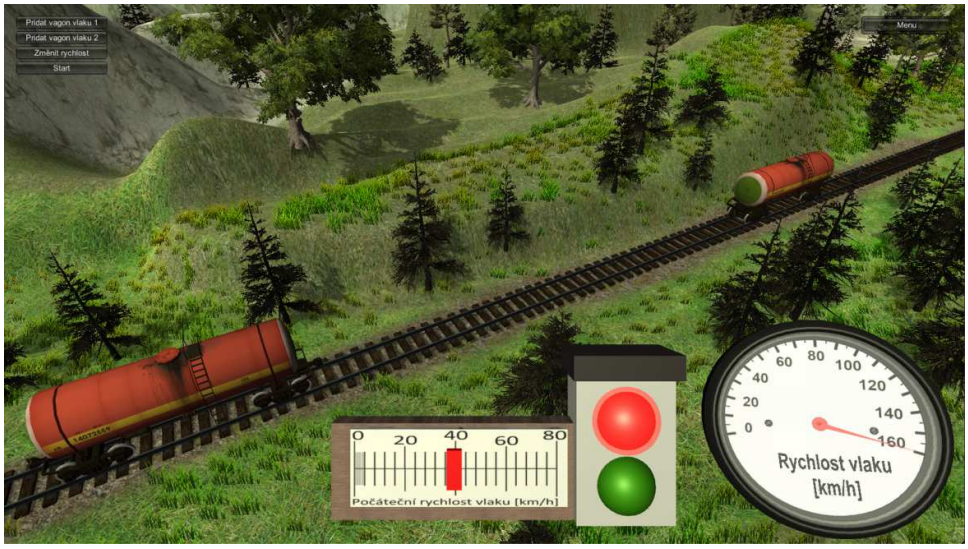
Třetí úloha má přiblížit uživateli druhý Newtonův pohybový zákon. Žák je seznámen s přímou úměrou mezi silou (rychlostí) větru a mezi rychlostí automobilu, na které vítr působí. V úloze jede automobil po rovné venkovské silnici obklopené stromy. Ve scéně prší a fouká silný vítr, který lomcuje se stromy a mění směr dešťových kapek. Úloha je zaměřena na výuku a procvičení nerovnoměrného přímočarého pohybu. Automobil udržuje svou rychlost a směr, pokud není donucen silou větru ke změně. Žák si má uvědomit jak různě silný vítr z různého směru působí na rychlost a trajektorii automobilu. Vítr na automobil může působit ze čtyřech různých směrů různou silou. Automobil udržuje neměnnou rychlost a směr pohybu. Automobil také udržuje minimální rychlost. Minimální rychlost automobilu je 20 km/h. Při působení větru zezadu je automobil urychlován až na rychlost odpovídající rychlosti větru. Při působení větru ze stran je automobil vychylovaný ke kraji cesty a při působení větru ze předu je autíčko zpomalováno až na minimální rychlost. Rychlost větru lze měnit kliknutím na šipku znázorňující sílu větru. Směr větru lze měnit pomocí zelených šipek. Úloha je zachycena obrázku 18.



Obrázek 18 Úloha auto ve větru

3.3.4 Vagóny na kolejích a zákon akce a reakce

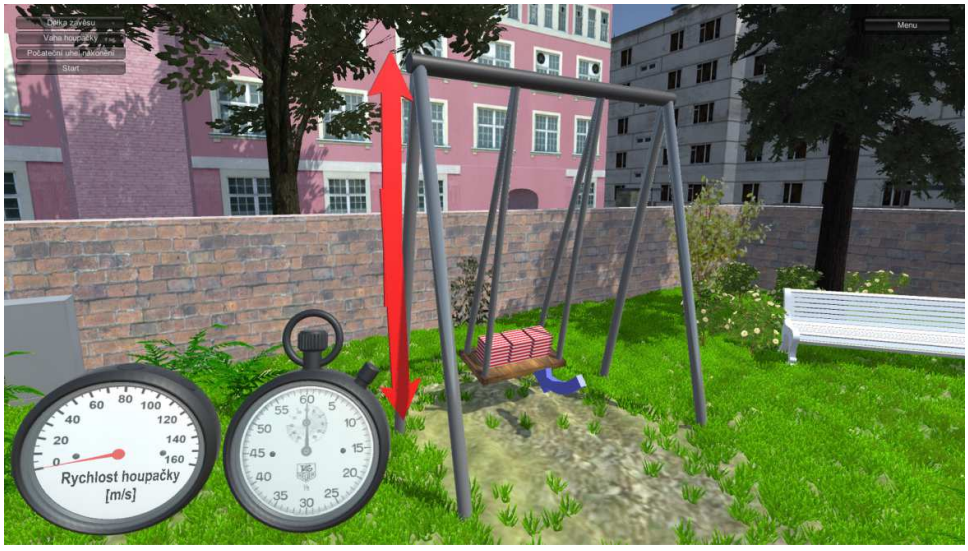
Ve čtvrté úloze je žák seznámen s třetím Newtonovým pohybovým zákonem. Úloha je zaměřena na změnu rychlosti pohybu při změně hmotnosti a zachování hybnosti soustavy. Interaktivní model předkládá situaci dvou vlakových souprav na železničních kolejích. Jedna ze souprav stojí nezabrzděna na kolejích, druhá se pohybuje do okamžiku střetu konstantní rychlostí. Po spojení souprav se nový těžší vlak pohybuje sníženou rychlostí. Úloha se odehrává na jednokolejné přímé trati. Student je seznámen s přímou úměrou mezi hmotností souprav a rychlostí před a po spojení souprav. Vlakové soupravy jsou tvořeny cisternovými vozy o stejné hmotnosti. Žák má možnost nastavit počet vagonu, které tvoří jednotlivé soustavy od jednoho do tří vozů. Další nastavitelným parametrem je počáteční rychlost rozjetého vlaku. Rychlost vlaku lze nastavit v několika krocích pomocí posuvníku. Úloha je spuštěna přepnutím semaforu z červené na zelenou. Po vyjetí obou vlaků z obrazu kamery se všechny prvky úlohy vrátí do výchozí polohy. Rychlost vlaku anebo spojené soupravy je znázorněna rychloměrem. Úloha je zachycena na obrázku 19.



Obrázek 19 Úloha vagony na kolejích

3.3.5 Houpačka a kyvný pohyb

Poslední úloha prezentace realizovaná jako interaktivní model je zaměřena na kyvný pohyb a jeho periodu. Úloha znázorňuje zahradní houpačku na dvoře městského domu. Pohyb houpačky je založen na pohybu matematického kyvadla. Model umožňuje nastavit řadu proměnných parametrů. Proměnnými parametry jsou délka ramene a hmotnost houpačky. Nastavit lze tak počáteční úhel naklonění houpačky. Prezentované vlastnosti modelu jsou založeny na možnostech změny periody kmitu pomocí úpravy parametrů. Z možných nastavení pokusu má na periodu kmitu vliv pouze délka závěsu. Délku závěsu lze změnit úpravou výšky rámu a délky tyčí houpačky. Doba kmitu není závislá na hmotnosti houpačky ani na počátečním úhlu naklonění. Hmotnost houpačky lze nastavovat pomocí závaží. Úhel naklonění lze v krocích měnit. Perioda kmitu je zachycena na stopkách. Jedna ručička ukazuje uplynulý čas v aktuálním kmitu a druhá ručička ukazuje periodu kmitu. Pomocí modelů lze vytvořit a provést řadu jednoduchých pokusů pro odhalení, které parametry mají vliv na délku periody. Scéna interaktivního modelu je zachycena na obrázku 20.



Obrázek 20 Úloha zahradní houpačky

3.4 Nasazení a využití softwaru MFyz

Vytvořená prezentace doplněná interaktivními modely je navržena pro výklad nebo opakování přímočarého rovnoměrného pohybu, Newtonových pohybových zákonů a kyvného pohybu. Výklad učitele je doplněn snímky s prezentací hlavních pojmů a důležitých vztahů. Pro demonstraci probíraných zákonů jsou k dispozici virtuální modely. Program je vytvořen pro platformu **Windows**. Nevyžaduje pro práci instalaci žádných specifických rozhraní a aplikačních prostředí. Vytvořená aplikace je snadno přenosná mezi zařízeními a nevyžaduje instalaci. Velikost programu se pohybuje kolem 200 MB. Prezentace byla využita pro výklad probíraných témat kroužku žáků od 6. do 9. třídy. Krátké pasáže výkladu byly prokládány pokusy a demonstrací vztahů na virtuálních modelech. Žáci oceňovali velké možnosti nastavení modelů a grafické zpracování situované do reálného prostředí. Celkově byli žáci více soustředěni a zaměřeni na výklad probíraného učiva. Obrázek 21 zachycuje průběh hodiny při využití prezentace.[9]

Obrázek 21 Hodina fyzikálního kroužku

Závěr

Předložená bakalářská práce se zabývá problematikou zahrnující možnosti využití moderních nástrojů ICT ve výuce fyziky na základních školách. V úvodu práce byla představena teoretická východiska využití těchto nástrojů v pedagogické praxi a shrnuty výhody a nevýhody využití výukových aplikací. Následující část obsahuje rešerši většinou volně dostupných aplikací využitelných při výuce fyziky. K hodnocení nástrojů bylo přistupováno s ohledem na snadnost využití a ovládání. Velkým přínosem řady aplikací jsou volně dostupné předvytvořené projekty. Práce obsahuje stručné vysvětlení fyzikálních témat probraných ve výukové prezentaci. Úvodní část je doplněna přehledem nástrojů a prostředků k tvorbě vlastních výukových programů.

Pro zvýšení smysluplného a cíleného využití ICT při výuce fyziky byla vytvořena prezentace doplněná interaktivními modely. Prezentace je zaměřena na základy kinematiky a Newtonovy pohybové zákony. V kapitole je nastíněna volba vývojových nástrojů a proces tvorby aplikace. Rozebrány jsou jednotlivé úlohy s ohledem na zaměření virtuálního pokusu a ovládání. Po praktickém ověření v reálné výuce by bylo vhodné přínosy monitorovat a analyzovat. Zjištěné poznatky mohou být použity pro případné úpravy nebo rozšíření stávajícího výukového programu.

Výsledkem této práce je zavádění ICT do výuky na základních školách v předmětech, které nejsou u současných žáků příliš oblíbené. Využití jejich kladného vztahu k výpočetní technice je může kladně motivovat ke studiu technických předmětů. Dobrá znalost matematiky a fyziky je požadavkem k dalšímu studiu a k uplatnění v praxi v oborech, které jsou nyní v naší společnosti velmi žádané.

Seznam použitých zdrojů

[1] ARLOW, Jim a Ila NEUSTADT. UML 2 a unifikovaný proces vývoje aplikací: objektově orientovaná analýza a návrh prakticky. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Brno: ComputerPress, 2007. ISBN 978-80-251-1503-9.

[2] BEDNÁŘ, Jakub. Phun - představení programu a jeho možností. Vytvoření základního uživatelského manuálu a ukázkových prací. [online]. Děčín: ZŠ Máchovka Děčín, 2011 [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: https://drive.google.com/file/d/0B7xCeMXnZYiTZGI3MWUxMWItYmNkMi00NWRkLWEwMjUtODNkZTUzMmNmZWY0/view

[3] BOHUNĚK, Jiří a Růžena KOLÁŘOVÁ. *Fyzika pro 7. ročník základní školy*. Praha: Prometheus, c1998. Učebnice pro základní školy (Prometheus). ISBN 80-7196-119-1

[4] EELES, Peter a Peter CRIPPS. Architektura softwaru. Brno: ComputerPress, 2011. ISBN 978-80-251-3036-0.

[5] KOUCUN, Jan. Negativa vstupu ICT do vzdělávání. In: Server katedry informačních technologií a technické výchovy [online]. Praha, 2010 [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: http://it.pedf.cuni.cz/strstud/edutech/2010_Kocun/

[6] KUDĚLKOVÁ, Anna. GeoGebra jako pomocník při řešení úloh s parametrem [online]. Praha: Univerzita Karlova v Praze Pedagogická fakulta, 2014 [cit. 2016-11-28]. Dostupné z: http://mdisk.pedf.cuni.cz/SVOC/prace/Kudelkova%20Prace.pdf

[7] MACHÁČEK, Martin a [ILUSTROVALA TÁŇA ŽITŇANOVÁ]. *Fyzika 7: pro základní školy a víceletá gymnázia*. 2. vyd. Praha: Prometheus, 2001. ISBN 9788071962175

[8] MEDKOVÁ, Ivana. Dovednosti žáků ve výuce fyziky na základní škole. Brno: Masarykova univerzita, 2013. Pedagogický výzkum v teorii a praxi. ISBN 978-80-210-5999-3

[9] OTRUBA, Karel. Příručka pro začínajícího učitele fyziky. Šumperk: Trifox s. r. o., 2009. ISBN 987-80-904309-3-8.

[10] RAUNER, Karel. *Fyzika 7: pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2005. ISBN 80-7238-431-7.

[11] RŮŽENA KOLÁŘOVÁ .. [ET AL.]. *Příručka učitele fyziky na základní škole s náměty pro tvorbu ŠVP*. Praha: Prometheus, 2006. ISBN 9788071963363.

[12] SVOBODA, Jiří. Praktické využití on-line aplikací a freeware ve výuce fyziky. In: Metodický portál RVP [online]. 2010 [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: http://digifolio.rvp.cz/artefact/file/download.php?file=71703&view=11067

[13] TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. *Fyzika 2 pro základní školu: síla a její účinky, pohyb těles*. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 2008. ISBN 978-80-7235-381-1

[14] VAVROUŠEK, Miroslav. Moderní metody návrhu softwaru. In: Workshop pro doktorandy. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011, s. 268-272. ISBN 978-80-7372-765-9.

[15] ZOUNEK, Jiří. *ICT v životě základních škol*. Praha: Triton, 2006. ISBN 9788072548583