

	Projekt je financovaný v rámci programu Erasmus+ / Kľúčová akcia 2 - Spolupráca pre inovácie a výmenu osvedčených postupov, strategické partnerstvá pre školské vzdelávanie (Európska komisia, EACEA)
---	--



Číslo výstupu IO2

Názov výstupu **A2 Technický sprievodca pre učiteľov**
(Používateľská príručka)

Názov intelektuálneho výstupu **Virtuálny 3D Svet pre výučbu fyziky**

Opis aktivity Vypracovanie Technického sprievodcu pre učiteľov obsahuje potrebné informácie pre učiteľov, ktoré im umožnia využívať 3D vzdelávaciu platformu a úspešne ju integrovať do ich tried ako nástroj podpory vzdelávania.

Autori **CNR ITD, UCY, UPAT, CTE, New EDU, CTI**

Status (D: draft; RD: revidovaný draft; F: finálna verzia)

F

Dátum (verzie) v.1.3.20.11.2018.cte

História dokumentu

Autori	Revidoval	Dátum	Suffix súboru [Verzia.Revícia]	Schválil
CNR ITD	UPAT	19.04.2018	1.0	UPAT áno
UCY	CTI	20.09.2018	1.1	CTI áno
New EDU	CTI	25.10.2018	1.2	CTI áno
CTI	CTE	20.11.2018	1.3	CTE áno

Zoznam použitých skratiek

Skratka	Definícia
MMOW	Masívny multiplayer online svet (Massively Multiplayer Online World)
WOP	Svet fyziky (World of Physics)
NPC	Nehrajúca postava (Non-Player Character)
IBSE	Vzdelávanie pomocou vedeckého vyšetrovania (Inquiry Based Science Education)

Table of contents

Virtual Worlds	Error! Bookmark not defined.
Virtual worlds for Education	6
The WOP Project	7
Development of Learning Scenarios in WOP	9
Technical features	Error! Bookmark not defined.
Creation of WOP account	12
Installation and configuration of Firestorm Viewer	Error! Bookmark not defined.
Download Firestorm Viewer	15
<i>Windows</i> Installation	16
<i>MAC</i> Installation	17
<i>Linux</i> Installation	17
Firestorm configuration for WOP	17
Access to the 3D WOP	18
Basic Controls	Error! Bookmark not defined.
Movement Controls and camera controls	Error! Bookmark not defined.
Overview of the WOP virtual environment	21
The main Areas	Error! Bookmark not defined.
Virtual Labs in the WOP virtual environment	Error! Bookmark not defined.
Area 1: Mechanics	24
Linear Motion	Error! Bookmark not defined.
The Newton' laws	26
Area 2: Structure of matter	33
Radioactivity, ionizing radiation and health risks	33
Structure of the Atom	Error! Bookmark not defined.

Area 3: Electricity and magnetism	39
Contact Electrification	Error! Bookmark not defined.
Induction Electrification	Error! Bookmark not defined.
Charging by friction	Error! Bookmark not defined.
Charging by conduction	Error! Bookmark not defined.
Magnetic fields and current in a magnetic field	47
Force on a Charged Particle Moving in a Magnetic Field	Error! Bookmark not defined.
References	Error! Bookmark not defined.

Virtuálne svety

Virtuálne svety (MMOW) sú počítačom vytvorené prostredia s dvojrozmernou alebo trojrozmernou grafikou, v ktorej užívatelia prostredníctvom virtuálneho avatara (ich osobná reprezentácia v 3D svete) využívajú, buď samostatne alebo v interakcii s ostatnými návštevníkmi, možnosti, ktoré ponúka virtuálne prostredie.

V týchto prostrediach je možné experimentovať so situáciami alebo vytvárať kontexty, ktoré by inak nebolo možné zažiť, manipulovať s objektmi, kontaktovať nových ľudí. Tieto prostredia môžu predstavovať fantáziu alebo reálny svet. V týchto prostrediach existujú pravidlá správania, ktoré je potrebné dodržiavať. Komunikácia medzi používateľmi môže byť textová, hlasová, pomocou gest a v niektorých prípadoch dokonca aj hmatová.

Virtuálne svety boli pôvodne vytvorené na účely hrania hier, avšak v posledných rokoch existuje tendencia navrhovať tréningové prostredie, najmä v zdravotníctve a na výučbu.

Virtuálne svety pre vzdelávanie

Virtuálne svety pre vzdelávanie sú dôležitým a účinným nástrojom na podporu procesov vyučovania a učenia podľa konštruktivistického prístupu. Virtuálne svety umožňujú najmä experimentovať s konkrétnymi situáciami v prostrediach vytvorených na základe scenárov, v ktorých sa toto správanie definuje. Učenie je potom výsledkom skúsenosti, ktorá sa rozvíja prostredníctvom okolitej reality, manipuluje ju a pozoruje spôsob, akým reaguje a mení.

Virtuálne svety sú užitočným "realistickým" spôsobom na uskutočnenie účinných vzdelávacích experimentov a simulácií.

Použitie virtuálnych svetov zameraných na experimentovanie vo fyzike sa môže zdať protirečivé pre disciplínu, ktorá sa venuje skutočným prírodným javom. Virtuálne svety sú rozmanité vzdelávacie prostredie; učitelia môžu pripraviť interaktívne lekcie s multimediálnym obsahom v ponornom prostredí, študenti môžu simulovať

a experimentovať dokonca aj zložité fyzické javy, ktoré majú tú výhodu, že sú ľahko reprodukovateľné.

Z hľadiska vzdelávania sú virtuálne svety sprostredkovateľom z motivačného, ikonického i procedurálneho hľadiska. Študenti sú motivovaní, radi sa hrajú, experimentujú, analyzujú údaje, realizujú fyzické modely vtedy, keď "študujú" prostredníctvom nástroja, ktorý považujú za "známy" a "módny". Používanie jazyka blízkeho svetu mladých ľudí umožňuje vytvárať prostredie učenia založené na aktívnej účasti študentov. Výskumníci zistili niektoré kľúčové vlastnosti pre úspešnú integráciu do tradičného učebného plánu virtuálnych svetov. Efektívne implementované virtuálne svety umožňujú študentom vizualizovať alebo využiť scenáre učenia prostredníctvom ich aktívnej angažovanosti. Kľúčom k účinnosti virtuálnych svetov je INTERAKTIVITA, nie pasívne sledovanie. To jednoducho znamená, že študenti sa učia v tomto prostredí. Virtuálne svety môžu byť použité na vytváranie priestorov, ktoré presahujú bezpečnosť alebo sú príliš vzdialené. Jednoduchosť navigácie prostredníctvom virtuálnych svetov zrejme zlepšuje používateľskú skúsenosť a tiež zlepšuje motiváciu učenia. Preto učitelia najlepšie poslúžia ako sprostredkovatelia v procese objavovania, nie ako riešitelia problémov.

Projekt WOP

Cieľom projektu WOP ("World of Physics: an innovative educational environment for virtual reality for school physics education", číslo projektu 2016-1-CY01-KA201-017371) je podporiť študentov v štúdiu fyziky. Vzdelávacie prostredie využíva pedagogický prístup, ktorý prostredníctvom 3D virtuálnej reality ponúka pútavé, zábavné a efektívne vzdelávacie príležitosti. Svet fyziky (WoP) ponúka virtuálne 3D prostredie navrhnuté tak, aby pomohlo študentom učiť sa fyziku pomocou stratégie IBSE vo virtuálnych laboratóriách.

Podľa konštruktívnej teórie Jeana Piageta [1] ľudia si vytvárajú svoje poznatky prostredníctvom skúseností a vnútorného spracovania, ktoré každý človek realizuje vo vzťahu k svojim vnemom, vedomostiam, viere a emóciám.

Z tohto pohľadu je proces učenia výsledkom nepretržitého vzájomného pôsobenia informácií, ktoré sa majú naučiť a interpretáciou postavenou na základe predchádzajúcich poznatkov, kontextu a osobného významu, ktorý im bol pridelený. Mnohé vzdelávacie stratégie sú založené na princípe konštruktivismu; jedným z najúčinnějších princípov vzdelávania v oblasti vedy je stratégia nazvaná Vyšetrovanie založené na vedeckých poznatkoch (Inquiry Based Science Education, IBSE). Ide o pedagogickú metodiku zameranú na aktívne učenie, ktoré vedie k hlbokému poznaniu a nielen k memorovaniu. Táto metodika využíva princíp vedeckého výskumu a spôsob, akým sa študenti učia začína z myšlienky, že srdcom vedeckého učenia je priama skúsenosť. Študenti preukazujú prirodzenú zvedavosť, ktorá je vyjadrením snahy o pochopenie okolitého sveta a svoje znalosti rozvíjajú odzrkadľovaním skúseností. Metodika IBSE dáva veľký dôraz nielen na experimentovanie, ale aj na spoluprácu, schopnosť uvažovať, diskutovať, zdokumentovať, prezentovať a zdieľať výsledky vyšetrovania.

Prijatie tejto metódy vzdelávania umožňuje študentom rozvíjať poznatky o vedeckých aspektoch sveta prostredníctvom rozvoja a využitia vyšetrovacích schopností [2]. IBSE [3] zakladá svoje princípy najmä na niektorých všeobecných pravidlách, predovšetkým na základe presvedčenia, že študent je schopný ovládať svoj vlastný proces učenia tým, že pracuje ako vedec, vykonáva experimenty, zhromažďuje a analyzuje dáta.

Charakteristiky tohto učebného procesu sú preto spojené s výskumom životného prostredia a vytváraním hypotéz, ktoré sa majú vyvrátiť experimentovaním.

Vychádzajúc z týchto úvah bol implementovaný projekt "World of Physics: an innovative educational environment for virtual reality for school physics education" financovaný Európskou úniou v rámci programu Erasmus+. Cieľom projektu je sprevádzať študentov v štúdiu fyziky prostredníctvom nových vzdelávacích technológií. Svet fyziky (WoP) ponúka interaktívne 3D virtuálne prostredie, ktoré má pomôcť študentom učiť sa fyziky pomocou stratégie IBSE a virtuálnych laboratórií.

Študenti majú možnosť: navštíviť virtuálne laboratóriá WoP, vykonávať experimenty, skúmať postupy a javy a prehliadť svoje vedomosti prostredníctvom vzdelávacieho obsahu a zdrojov. Vo virtuálnych laboratóriách môžu tiež skúmať nepozorovateľné javy, v skutočnom kontexte vykonávajú nemožné experimenty [8]. Študenti majú navyše k dispozícii "nehrajúcu postavu", ktorá im pomôže analyzovať a pochopiť fyzické javy simulované vo virtuálnom svete.

Výsledky opísané v správe "Výčba fyziky na stredných školách v Európe" [4], ktoré boli vypracované v rámci projektu World of Physics, ukazujú, že študentov v Európe charakterizuje výrazný pokles záujmu o vedecké štúdium a majú veľmi nízku znalosť ako fyziky, tak aj matematiky, neradi čítajú vedecké knihy vo svojom voľnom čase a považujú ich za nudné. Výsledky tejto správy poukazujú na dôležitosť a vzdelávaciu hodnotu vytvárania 3D virtuálnych učebných prostredí, pretože môžu motivovať študentov prostredníctvom inovatívnych a pútavých študijných skúseností. Okrem toho virtuálne svety podporujú posilnenie postavenia študentov prostredníctvom väčšej interaktivity a konštruktívnejších spôsobov učenia [5] [6].

Vývoj vzdelávacích scenárov pre WoP

Vypracovanie každého vzdelávacieho scenára virtuálneho sveta WoP si vyžiadalo spoluprácu s mnohými odborníkmi ako sú napríklad odborníci na fyziku, pedagogickí odborníci, programátori a učitelia.

Na podporu efektívnej spolupráce medzi týmito odborníkmi sa použil súbor šablón na štandardizáciu každej etapy vývoja. Každý odborník, ktorý sa podieľal na fáze návrhu, bol najprv vyškolený v spôsobe používania a významu virtuálnych svetov a dostupných zdrojov. OpenSimulator umožňuje ľahkú integráciu súborov vzdelávacích zdrojov, ako napríklad:

- ❖ prezentácie;
- ❖ poznámkové karty;
- ❖ kvízy;
- ❖ nehrajúca postava (NPC);

- ❖ multimedialne prezentácie;
- ❖ 2D simulácie;
- ❖ 3D simulácie.

Šablóna, ktorá sa používa na popísanie scenárov, sa skladá z nasledujúcich častí:

- **Úvod:** identifikácia študijných cieľov a predpokladov študenta s cieľom dokončiť scenáre.
- **Lokalizácia:** opisy prostredia virtuálneho sveta, laboratórií a objektov potrebných na experimenty.
- **Zoznam aktivít:** zoznam obsahujúci všetky aktivity v scenári. Aktivity môžu predstavovať jednoduché vzdelávacie zdroje (ako sú napríklad poznámkové karty, prezentácie a kvízy) alebo multimedialne prezentácie a virtuálne laboratória v režime 2D alebo 3D. Pre každý vyrobený vzdelávací materiál (poznámková karta, prezentácia, kvíz alebo multimedialna prezentácia) bola vytvorená špecifická šablóna, ktorú majú učitelia a pedagógia doplniť.

Opis experimentálnych aktivít a pedagogický model: tento oddiel formálne popisuje aktivitu, ktorú musí používateľ vykonávať v rámci vyvíjaných scenárov a pedagogický model, na ktorom je založená každá aktivita. Táto časť obsahuje najmä: popis virtuálnych laboratórií a objektov z nich (niektoré obrazy predmetov sú zahrnuté do šablóny), popis interakcie medzi objektmi a užívateľmi, vysvetlenie fyzikálnych zákonov v laboratóriu.

Všetky dokumenty vypracované učiteľmi a pedagógmi sa predkladajú na validáciu odborníkom na fyziku, ktorí môžu navrhnúť niektoré zmeny. Nakoniec sa overené dokumenty prenášajú vývojárom na vytvorenie virtuálneho prostredia s najvhodnejšou hernou mechanikou [9].

Akonáhle je fáza vývoja softvéru dokončená, prostredie 3D je znovu potvrdené odborníkom na fyziku, aby sa overilo, že simulované fyzikálne javy sú ekvivalentné

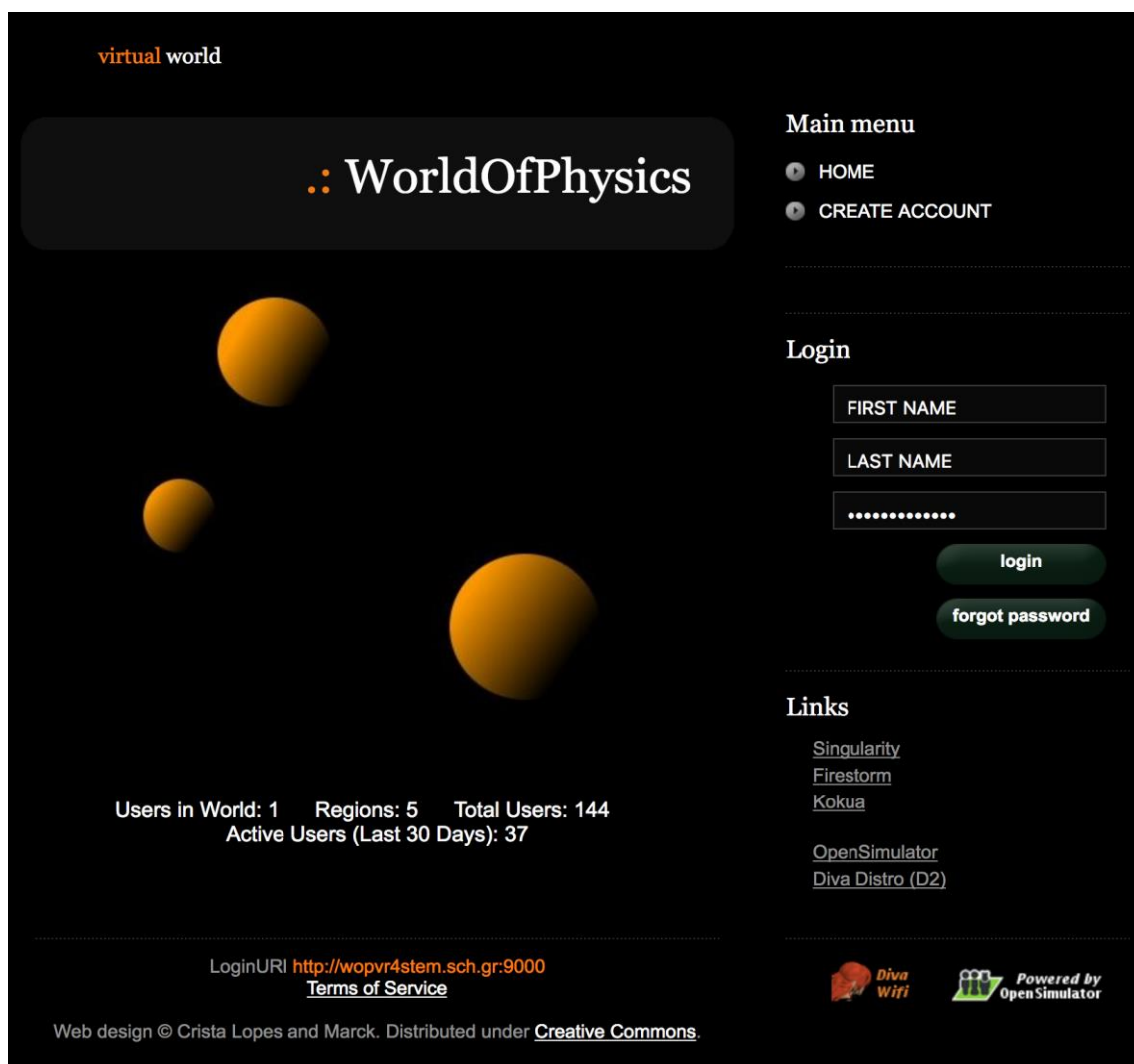
skutočným javom; a nakoniec je potrebné ďalšie potvrdenie učiteľmi a pedagógmi. Cyklus vývoja scenárov sa končí, keď sa implementujú všetky navrhované zmeny.

Technické vlastnosti

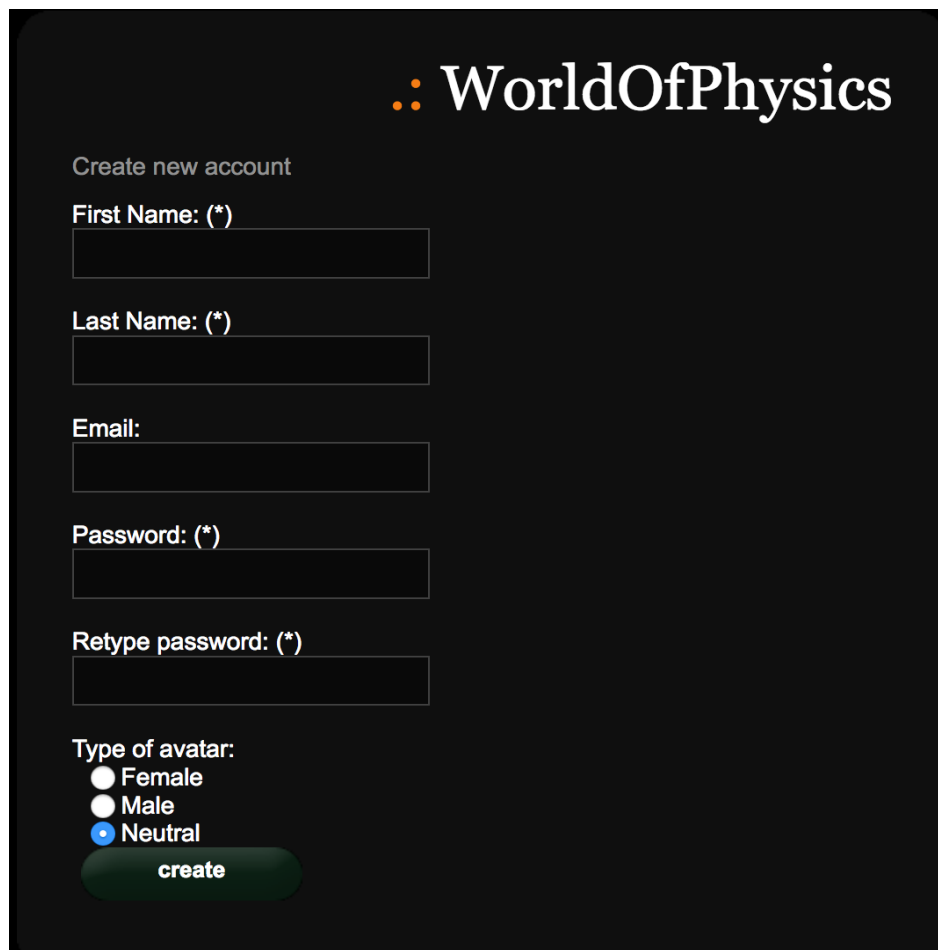
Vytvorenie účtu vo svete WoP

Ak chcete účet vytvoriť, jednoducho kliknite na odkaz:

<http://wopvr4stem.sch.gr:9000/wifi> (snímka obrazovky je nižšie)



Po kliknutí na odkaz "VYTVORIŤ ÚČET" nachádzajúci sa v pravom hornom rohu sekcie "Hlavné menu" sa zobrazí nasledujúci formulár:



WorldOfPhysics

Create new account

First Name: (*)

Last Name: (*)

Email:

Password: (*)

Retype password: (*)

Type of avatar:

☐ Female

☐ Male

☒ Neutral

create

Údaje, ktoré sa majú zadať, sú meno, priezvisko, e-mailová adresa a heslo; navyše je používateľ požiadaný, aby zadal pohlavie avatara, ktorý bude vytvorený vo virtuálnom svete. Kliknutím na tlačidlo "Vytvoriť" bude nový účet inicializovaný (používateľské meno nového účtu je uvedené pod "meno priezvisko").

Inštalácia a konfigurácia aplikácie Firestorm Viewer

Virtuálny svet World of Physics je prístupný pomocou prehliadača. V prostredí softvéru, ktorý bol vyvinutý na použitie ako prehliadač pre 3D virtuálne svety, bol "Firestorm Viewer" zvolený tak, aby vyhovoval potrebám tohto projektu. Firestorm je open source softvér vyvinutý skupinou "Projekt Phoenix Firestorm" a je založený na

kóde Linden Lab (spoločnosť vyvinutá Second Life). Medzi hlavné funkcie Firestormu patrí:

- kompatibilitnosť s operačným systémom Windows, Linux a Mac OS X,
- jednoduchosť a jednoduché prispôsobenie používateľského rozhrania,
- rýchlosť vykonávania,
- robustnosť.

V nasledujúcej kapitole popíšeme postup na inštaláciu a konfiguráciu prostredia WOP v aplikácii Firestorm Viewer.

Stiahnutie Firestorm Viewer

Program Firestorm Viewer si môžete stiahnuť z:

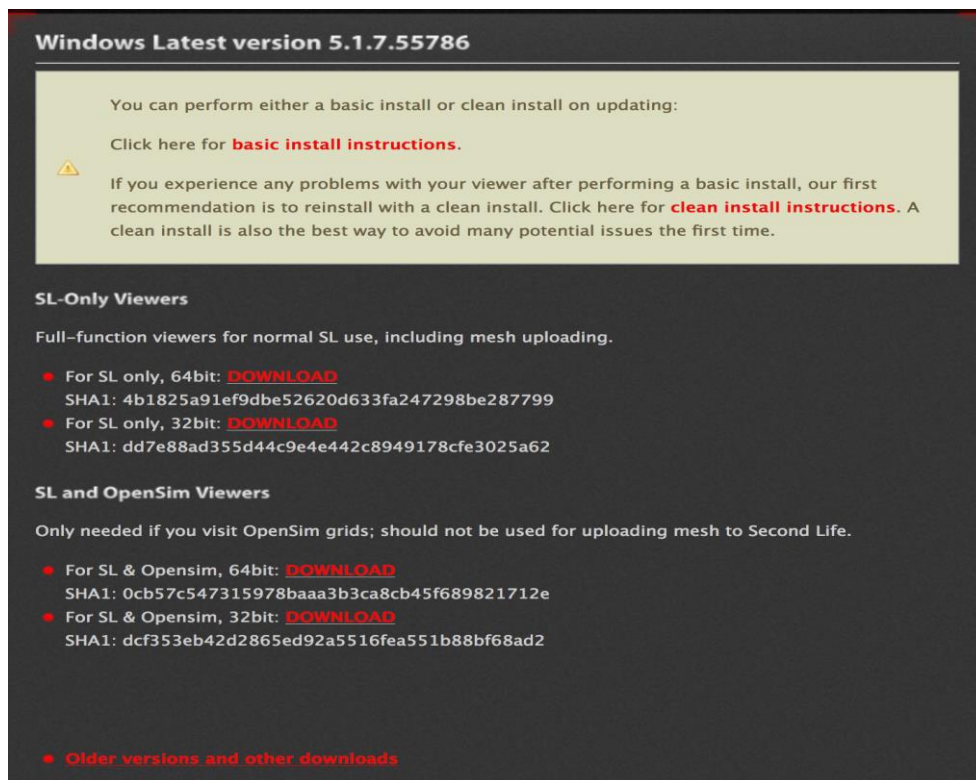
<http://www.firestormviewer.org/downloads/>

The screenshot shows the homepage of the Firestorm Viewer website. At the top, there is a header with the "FIRESTORM VIEWER" logo on the left, which includes a phoenix icon, and "Brought to you by The Phoenix Firestorm Project, Inc" on the right, also with a phoenix icon. Below the header is a navigation bar with links: Home, About, Join Second Life™, Downloads (highlighted in red), Contact Us, Wiki, Classes, and Jira. A search bar is located on the right side of the navigation bar.

The main content area is divided into two columns. The left column features the text "Current Version 5.1.7.55786" and "Choose your Operating System". Below this, there are three sections for different operating systems: Windows (with the Windows logo), Mac (with the Apple logo), and Linux (with the Tux penguin logo). The right column contains social media links under the heading "follow us!" and a "customize it!" section with various color-coded buttons. Below these, there is a list of links: Join Second Life!, Recent Posts, Archives, Second Life Sharing Pages, Staff Blogs, and Blog Roll.

At the bottom of the page, there is a footer with links: Jira, Wiki, Privacy Policy, Support, Contact Us, and Create Account. On the right side of the footer, it says "© 2018 Firestorm Viewer – The Phoenix Firestorm Project Inc."

Kliknutím na ikonu príslušného operačného systému sa otvorí stránka na prevzatie programu (pozrite si nasledujúcu snímku na prevzatie verzie prehliadača):



Berte na vedomie verzie SL & Opensim.

Windows inštalácia

Spustíte stiahnutý inštalačný program. 32-bitový inštalátor vám ponúkne možnosť zmeniť cieľový adresár. 64-bitový inštalačný program zobrazuje cieľový adresár, keď kliknete na tlačidlo Možnosti. Inštalačný program vytvorí na pracovnej ploche ikonu zástupcu.

Poznámka: 32-bitový inštalačný program ponúka možnosť spustenia prehliadača po dokončení: vyberte No (Nie). Výber položky Yes (Áno) spôsobuje problémy v niektorých prípadoch a zlyhanie prehliadača.

MAC inštalácia

Nájdite súbor *.dmg*, ktorý ste stiahli a dvakrát kliknite na jeho spustenie. Potom presuňte ikonu aplikácie Firestorm do priečinka Aplikácie. Podrobnejšie pokyny nájdete tu:

<http://www.ofzenandcomputing.com/how-to-install-dmg-files-mac/>

Poznámka: Softvér Apple Gatekeeper môže najskôr zabrániť otvoreniu aplikácie Viewer v závislosti od nastavení brány Gatekeeper. Ak áno, existuje jednoduchý spôsob, ako ho zmeniť (pozrite si pokyny "Ako otvoriť aplikáciu od neidentifikovaného vývojára" na tejto stránke <https://support.apple.com/en-us/HT202491>).

Akonáhle týmto spôsobom povolíte Firestorm otvoriť, Gatekeeper nebude opäť žiadať o ďalšie spúšťanie (až kým znova znovu nainštalujete Firestorm).

Linux inštalácia

Extrahujte stiahnutý súbor *tar.bz2* alebo *tar.xz* do ľubovoľného adresára a spustíte skript Firestorm v tomto adresári.

Ak ho inštalujete na 64-bitový systém Linux, budete musieť nainštalovať niektoré 32-bitové knižnice. Informácie o požadovaných knižniciach kompatibility nájdete na nasledujúcej stránke:

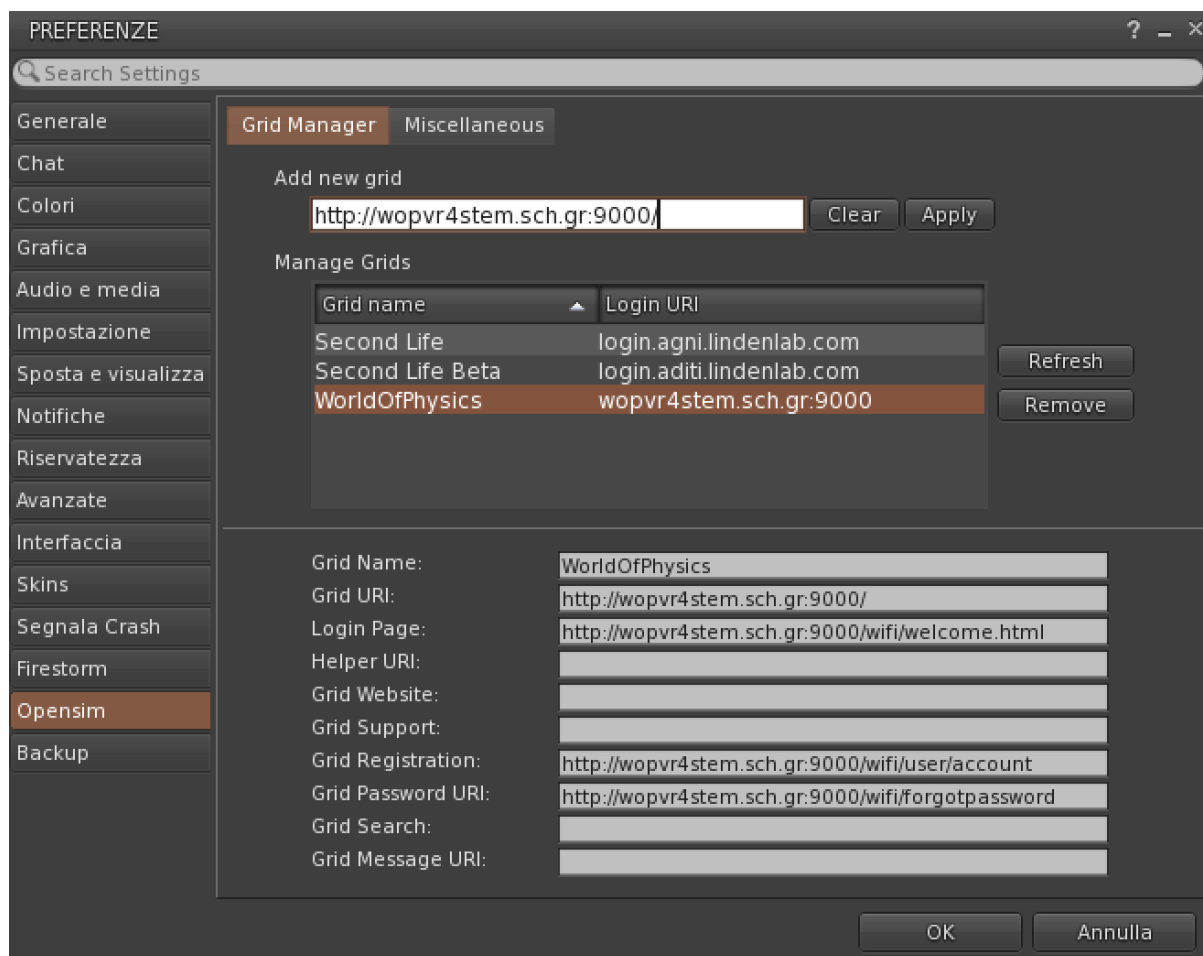
https://wiki.phoenixviewer.com/32-bit_viewer_in_64-bit_linux

Ak používate správcu súborov Nautilus a dvakrát kliknete na spúšťací skript, skript sa otvorí v editore, budete musieť zmeniť spôsob, akým Nautilus spracováva skripty.

Konfigurácia Firestorm pre WoP

Po stiahnutí, inštalácii a spustení aplikácie Firestorm Viewer je potrebné pridať niektoré informácie na konfiguráciu prostredia WoP. Kliknite na menu Viewer -> Preferences -> Open Sim a pridajte novú sieť s nasledujúcou adresou:

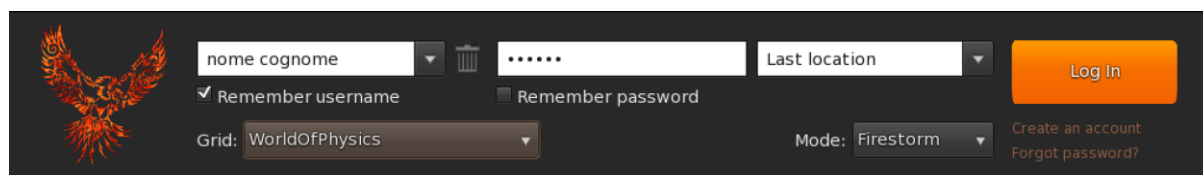
<http://wopvr4stem.sch.gr:9000>, ako je to znázornené na nasledujúcej snímke:



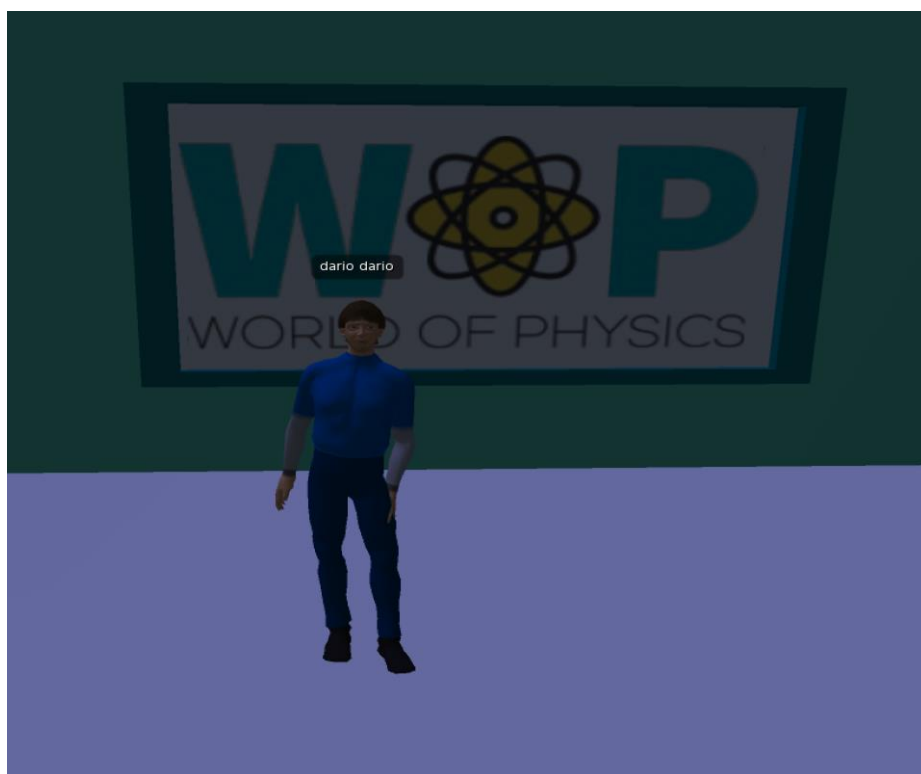
Potom sa automaticky načítajú všetky informácie o konfigurácii.

Prístup do 3D WoP

Ak chcete získať prístup k 3D prostrediu WoP, stačí otvoriť Firestorm Viewer a vyplniť spodnú časť hlavnej obrazovky (pozrite si nasledujúci obrázok).



Do poľa používateľského mena musíte zadať meno a priezvisko vybrané pri registrácii účtu a v poli heslo, zvolené heslo. Nakoniec v kombinácii s možnosťou siete musíte vybrať sieť World of Physics a kliknúť na tlačidlo "Prihlásiť".



Základné ovládanie

Základné funkcie prehliadača, ktoré umožňujú interakcie Avatara s 3D svetom sú uvedené nižšie.

Ovládanie pohybu a ovládanie kamery

Hlavné menu aplikácie Firestorm Viewer je zobrazené na nasledujúcom obrázku:



Kliknutím na ikonu označenú červenou bodkou sa otvorí malé okno s ovládaním pohybu (pozri obrázok nižšie).



Okno je možné presunúť do ľubovoľnej oblasti obrazovky výberom ľavého tlačidla myši a presúvaním podľa potreby.

Kliknutím na šípky ovládacieho okna pomocou myši môžete posúvať avatara doprava, doľava, dopredu a dozadu. Môžete ho tiež otočiť doprava, doľava alebo vyskočiť a klesnúť.

V okne sú 3 špeciálne klávesy, ktoré zobrazujú muža, ktorý chodí, beží alebo lieta. Kliknutím na tieto tlačidlá vykoná avatar zvolenú akciu. Okrem pohybového okna aj klávesnica poskytuje možnosť pohybu. Nižšie sú uvedené podrobnosti o klávesách:

Klávesa	Pohyb	Ekvivalent
W	Vpred	Šípka hore
A	Otočenie vľavo	Šípka vľavo
Shift-A	Pohyb vľavo	Shift- Šípka vľavo
S	Spať	Šípka dole
D	Otočenie vpravo	Šípka vpravo
Shift-D	Pohyb vpravo	Shift- Šípka vpravo
E	Skok	PgUp
C	Klesanie	PgDn
F	Let	Home

Ak chcete zvoliť stúpanie, môžete tiež stlačiť kláves CTRL-R. Ak sa chcete vrátiť k chôdzi, stlačte opäť CTRL-R.

Myš môžeme použiť na zmenu pohľadu, kam sa váš avatar pozerá. Posuňte kurzor myši na zvolenú oblasť virtuálneho sveta, pohľad avatara potom smeruje k tejto oblasti a následne aj k scéne.

Prehľad WoP virtuálneho prostredia

Hlavná oblasť

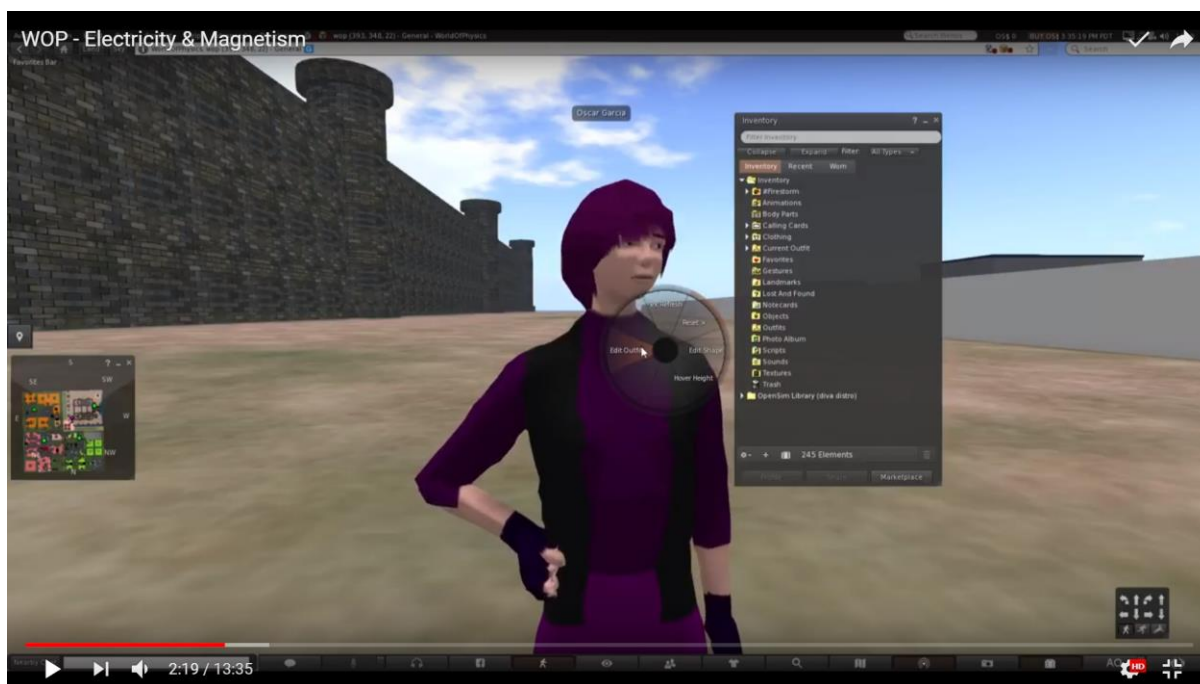
Svet WoP bol vytvorený ako krajina rozdelená do troch hlavných oblastí (mechanika, štruktúra hmoty, elektrina a magnetizmus). Každá oblasť bola navrhnutá tak, aby študentom umožnila objavovať, preskúmať a učiť fyzikálne koncepty zábavným a zaujímavým spôsobom. Nasledujúca tabuľka zobrazuje vypracované oblasti a obsah fyziky.

Oblasť 1 - Mechanika	Oblasť 2 – Štruktúra hmoty	Oblasť 3 – Elektrina a magnetizmus
Lineárny pohyb (rýchlosť, zrýchlenie, vektory a skaláre)	Elektrón	Elektrifikácia trením a indukciou
Newtonove pohybové zákony (sila, hybnosť)	Emisie z tepelného žiarenia	Rozloženie náboja na vodičoch
Gravitácia	Fotoelektrická emisia	Silové pôsobenie na náboj
Zachovanie hybnosti	Röntgenové lúče	Elektrické polia, Elektrická energia, rozdiel potenciálov
Hybnosť - podmienky pre rovnováhu	Štruktúra atómu	Kondenzátor a kapacita
Práca	Štruktúra jadra	Elektrické zdroje a elektrický prúd
Energia (konverzia, princíp ochrany, výkon)	Rádioaktivita	Odpor a efekt elektrického prúdu
Oscilácie a vlny	Ionizujúce žiarenie a zdravotné riziká	Magnetické polia a prúd v magnetickom poli
Plyny (hustota a tlak)	Jadrová energia	Elektromagnetická indukcia
		Svetlo

Pre každú z týchto tém sa vypracoval vzdelávací scenár. Každý scenár zahŕňa jednu alebo viac virtuálnych laboratórií, v ktorých môže študent získať znalosti a zručnosti pomocou skúsenostného modelu IBSE.

Virtuálne laboratóriá vo virtuálnom prostredí WoP

Virtuálne laboratóriá, ktoré sa nachádzajú v rôznych oblastiach virtuálneho prostredia WoP budú popísané nižšie. Pre každé laboratórium sú zadefinované: vzdelávací cieľ, plánované vzdelávacie aktivity a interakcie avatara s prostredím. Pre podrobný prehľad o aktivite nájdete videozáznamy uverejnené na stránkach Youtube a ktoré budú navrhnuté pre každú oblasť.



Oblasť 1: Mechanika

Pod odkazom na demo video sa zobrazia laboratóriá z oblasti "mechanika":

<https://www.youtube.com/watch?v=5pYu51bG4CM>

Lineárny pohyb

Ciele vzdelávania sú:

- Skalárne veličiny "čas" a "vzdialenosť" a ich meracie jednotky.
- Vektorové veličiny "pohybu" (zmena pozície) a jeho rozdiel "vzdialenosť".
- "Rýchlosť": definícia, vzorce a meracie jednotky. Pohyb s konštantnou rýchlosťou.
- "Zrýchlenie": pohyb s meniacou sa rýchlosťou a priemernou rýchlosťou.

Predpoklady pre úspešné dokončenie tohto scenára sú:

- Oboznámenie sa s nasledujúcimi fyzikálnymi témami: vektory, stupnice, jednotky, meranie a pohyb.
- Základná úroveň skúseností v prostredí 3D VW.
- Dokončenie ďalších scenárov pred ukončením tohto scenára.

Dole v tabuľke je uvedený zoznam učebných aktivít a materiálov dostupných v laboratóriu.

Názov	Stručný popis	Typ
Starší pár	Starší pár pri chôdzi	<i>NPC</i>
Dospievajúci chlapci	Mladý chlapec na svojom skateboarde spolu s ďalším mladým chlapcom (priateľom) na korčuliach	<i>NPC</i>
Bežiaca pani	Mladá žena behá	<i>NPC</i>
Digitálne hodiny	Digitálne hodiny v parku zobrazujúce sekundy	<i>Objekt</i>
Dieťa s hračkou a malou oválnou dráhou	Dieťa ovláda vozidlo s hračkami na malej oválnej trati.	<i>NPC a Objekt</i>
Smartphone /tablet	Smartphone / Tablet	<i>Prezentácia</i>
Kvíz	Kvíz na teóriu rýchlosti, rýchlosti a zrýchlenia	<i>Zadanie</i>

Avatar navštívi park a sedí na lavičke so svojím smartphoneom/tabletom. Pri čítaní prezentácie o teórii rýchlosti atď. prechádza NPC a nasledujúce objekty: dvaja mladí chlapci na korčuliach a skateboarde, starší pár pri chôdzi, bežkyňa a dieťa s hračkami. Cieľom scenára je pozorne sledovať pohyb týchto NPC a objektov a neskôr vyplniť kvíz, ktorý položí otázky o ich pohybe. Kvíz bude umožnení používateľovi ku koncu scenára.

Newtonove zákony

Ciele vzdelávania sú:

- Newtonov 1. zákon – zákon zotrvačnosti.
- Newtonov 2. zákon – zákon sily.
- Newtonov 3. zákon - zákon akcie a reakcie.

Predpoklady pre úspešné dokončenie tohto scenára sú:

- Oboznámenie sa s nasledujúcimi fyzikálnymi témami: vektory, stupnice, jednotky, meranie a pohyb.
- Základná úroveň skúseností v prostredí 3DVW.

Miesto tohto scenára predstavuje veľká miestnosť. Avatar študenta vykoná experimenty pre prvý a tretí zákon o pohybe a hrá niekoľko simulácií pre 2. pohybový zákon. Pri každom pokuse a simulácii si avatar musí pozrieť prezentáciu, potom vykonať experiment alebo simuláciu a napokon dokončiť kvíz. Úspešným dokončením úloh a kvízov pre každý zákon dostane avatar dostatok dielov pre puzzle Medzinárodnej vesmírnej stanice (pozri obrázok nižšie).



V tomto nastavení musí existovať stena, kde bude hádanka zostavená. Študent bude potrebovať všetky 3 kusy (1 pre každý zákon), aby mohol dokončiť puzzle, a preto dostane odmenu a možnosť prejsť k ďalšej podúlohe.

Dole v tabuľke je uvedený zoznam učebných aktivít a materiálov dostupných v laboratóriu.

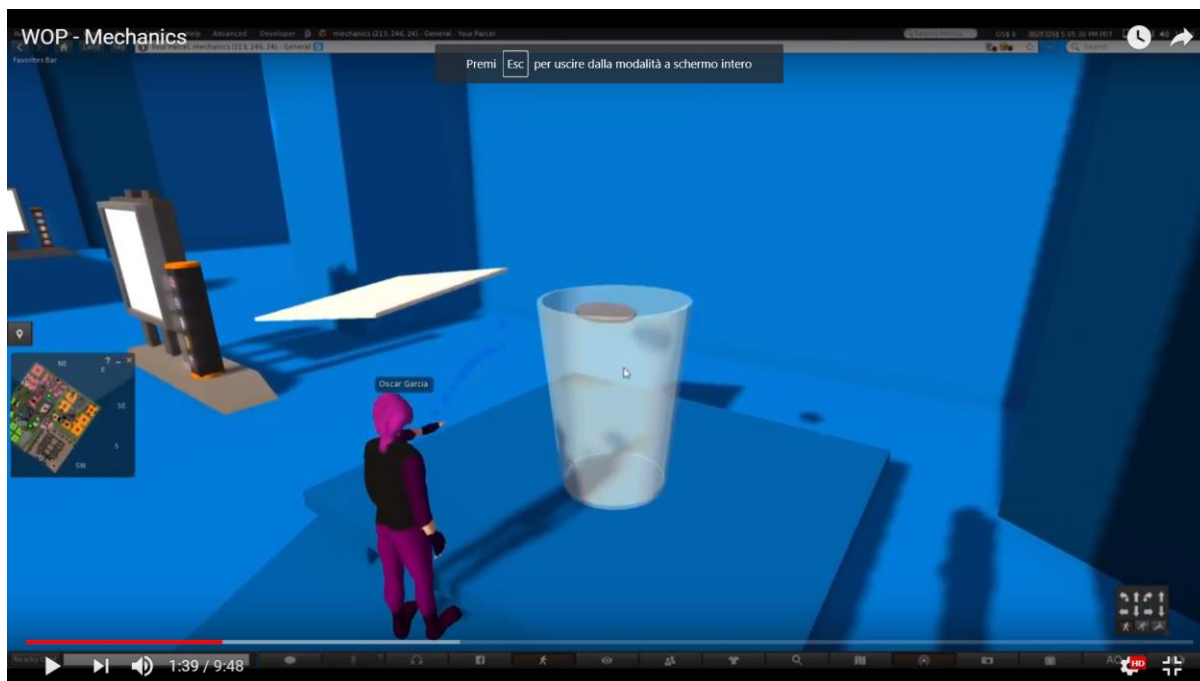
Názov	Stručný popis	Typ
1. zákon	Stručná prezentácia tohto zákona	prezentácia
Pokus o zotrvačnosti	Minca a experiment s pohárom	3D aktivita
kvíz	Kvíz o prvom zákone	zadanie
2. zákon	Stručná prezentácia tohto zákona	prezentácia
Testovanie interakcie	2D simulácie - účinky síl	2D aktivita
kvíz	Kvíz o 2. zákone	zadanie
3. zákon	Stručná prezentácia tohto zákona	prezentácia
Pokus o akciu a reakciu	Kovové sánky, ktorá sa ľahko posúvajú.	3D aktivita
kvíz	Kvíz na tretí zákon	kvíz

Avatar bude informovaný prostredníctvom karty, ktorá mu bola poskytnutá, že má navštíviť sál Sir Isaaca Newtona a vytvoriť puzzle Medzinárodnej vesmírnej stanice.

V jednom kútiku sály Isaaca Newtona je na nej napísaná vlajka s "prvým zákonom". Pred uskutočnením experimentu si bude musieť avatar prezrieť prezentáciu prvého zákona.



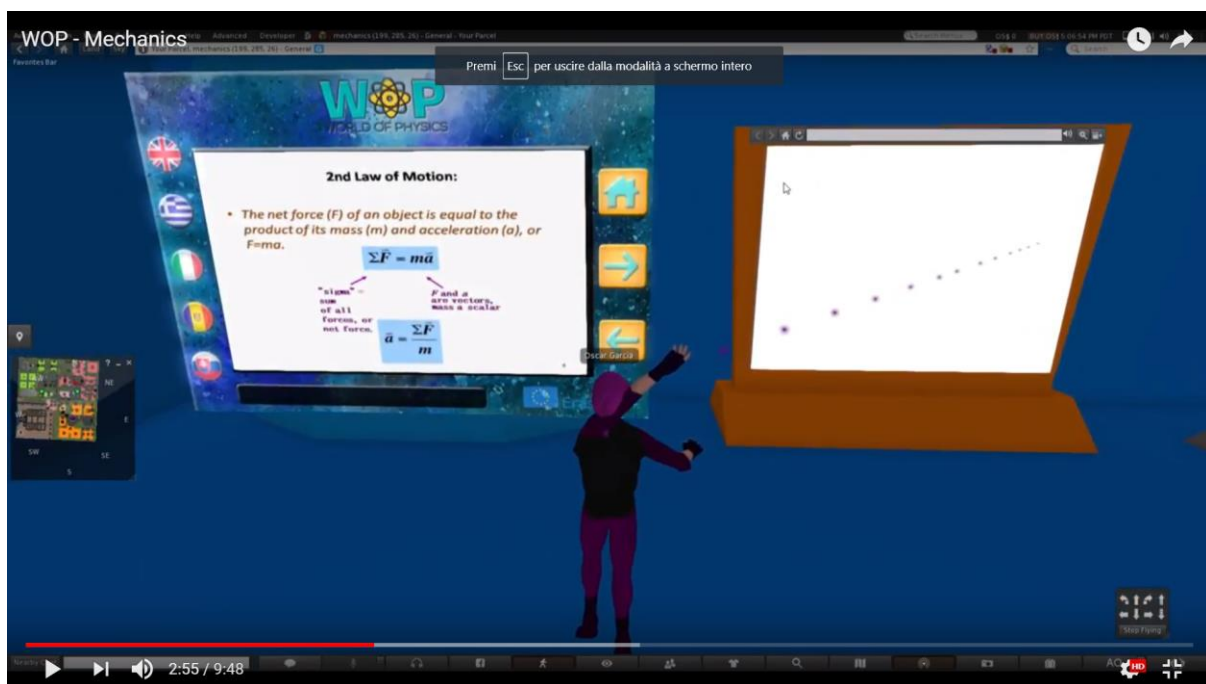
Experiment pre prvý zákon je experiment so zhadzovaním mincí.



Akonáhle avatar dokončí experiment a spraví kvíz o 1. zákone, získa prvý diel puzzle. Potom avatar umiestni diel na stenu, kde bude puzzle zostavené. Keď diel

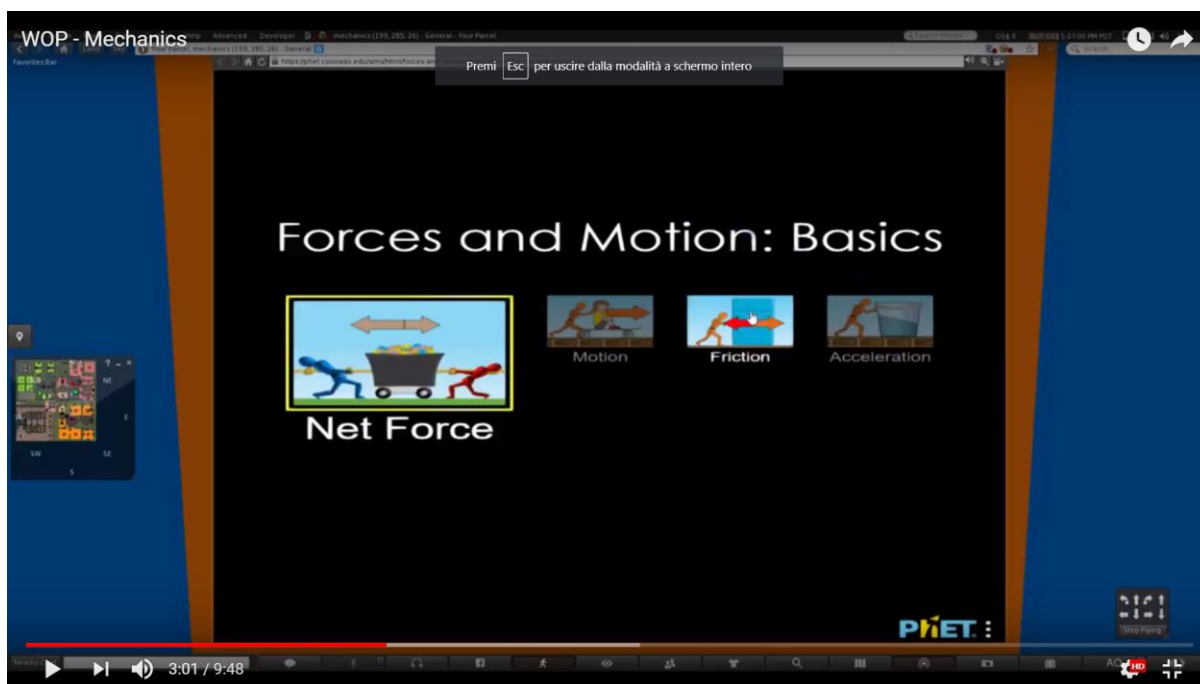
puzzle zapadá do celkovej hádanky, avatar dostal správu s indikáciou pokračovať a dokončiť aktivity pre 2. zákon, aby dostal ďalší diel puzzle.

V inom rohu sálu sira Isaaca Newtona je vlajka, na ktorej je napísaný "druhý zákon". Pred prehraním simulácií si bude musieť avatar pozrieť prezentáciu o 2. zákone.

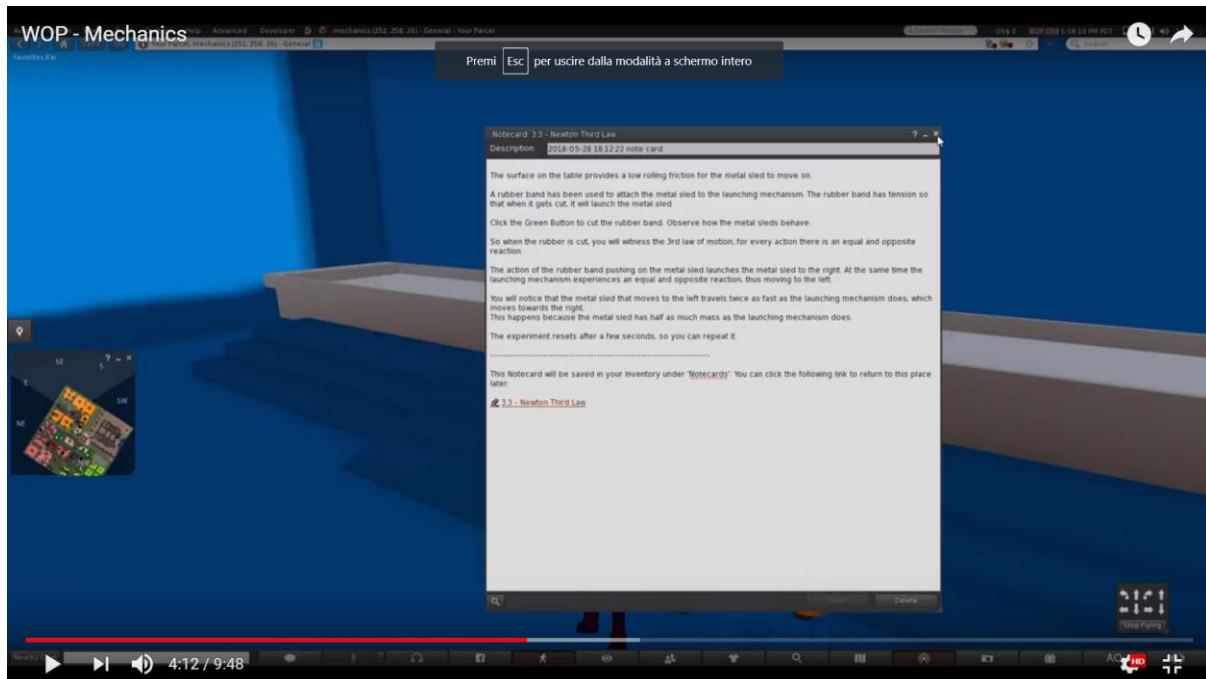


Nasledovné 4 simulácie si avatar musí prehrať:

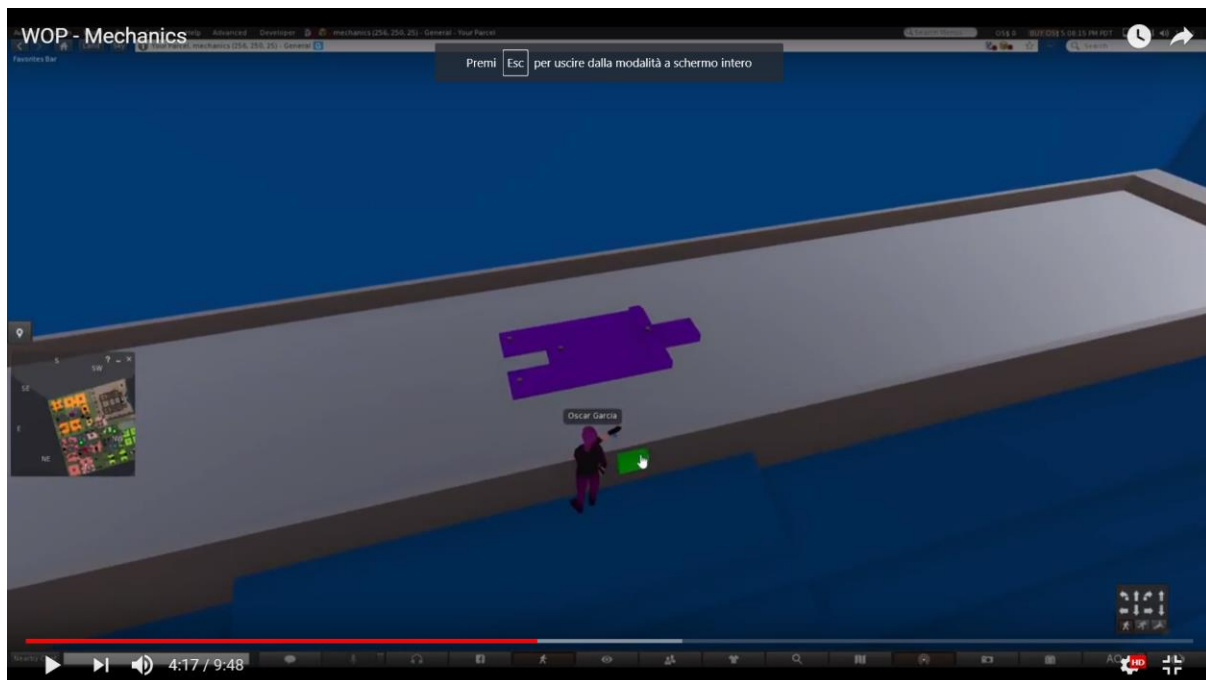
1. **sila;**
2. **pohyb;**
3. **trenie;**
4. **zrýchlenie.**

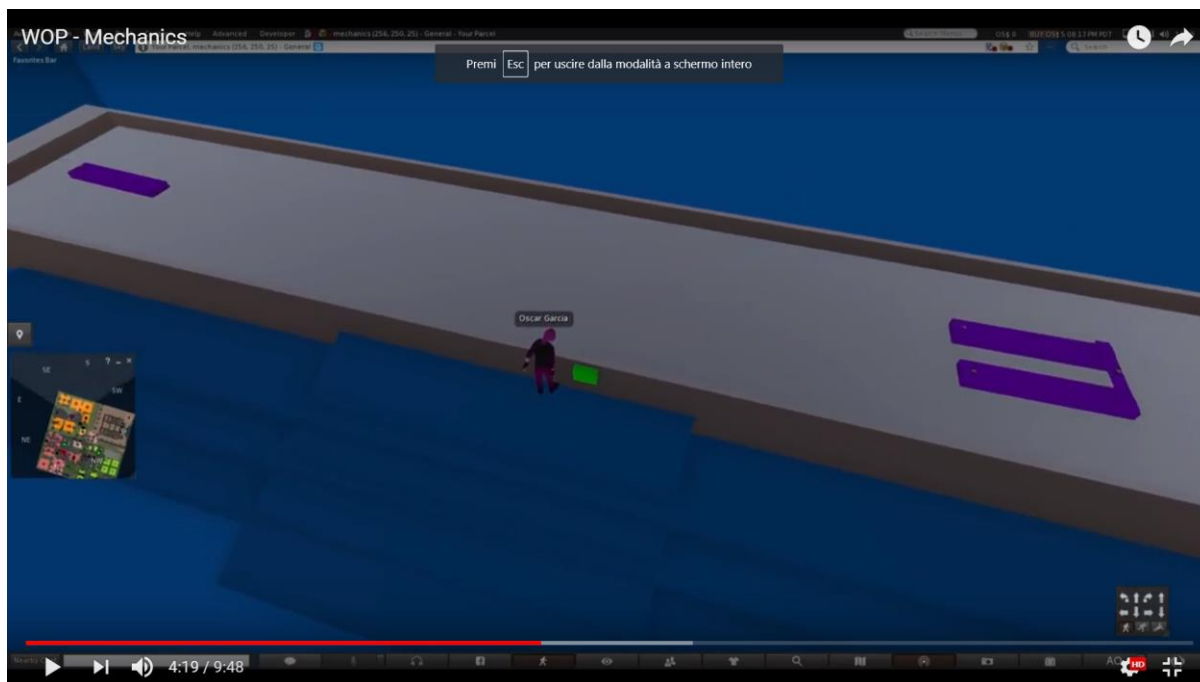


Keď ďalší diel puzzle zapadá do celkovej skladačky, avatar dostane správu, že keď bude pokračovať a dokončí aktivity pre tretí zákon, získa posledný kúsok skladačky. Pred uskutočnením experimentu si bude musieť avatar pozrieť prezentácie k 3. zákonu.



Experiment pre **tretí zákon** predstavujú **kovové sánky**.





Oblasť 2: Štruktúra hmoty

Nasledujúci odkaz obsahuje demo video, ktoré ukazuje laboratóriá z oblasti "Štruktúra hmoty".

<https://www.youtube.com/watch?v=tS-FJH7tAbo>

Rádioaktivita, ionizujúce žiarenie a zdravotné riziká

Nasledujúce informácie opisujú scenár vytvorený pre tému "**Rádioaktivita, ionizujúce žiarenie a zdravotné riziká**". V tomto prípade sa študenti učia o rádioaktivite, povahe rádioaktívneho žiarenia a zdravotných rizikách vyplývajúcich z vystavenia žiareniu. Zoznam študijných cieľov tohto scenára je:

- charakter rádioaktivity;
- proces rozpadu rádioaktivity;
- rozdiely v rádioaktívnych emisiách;
- čo je žiarenie;

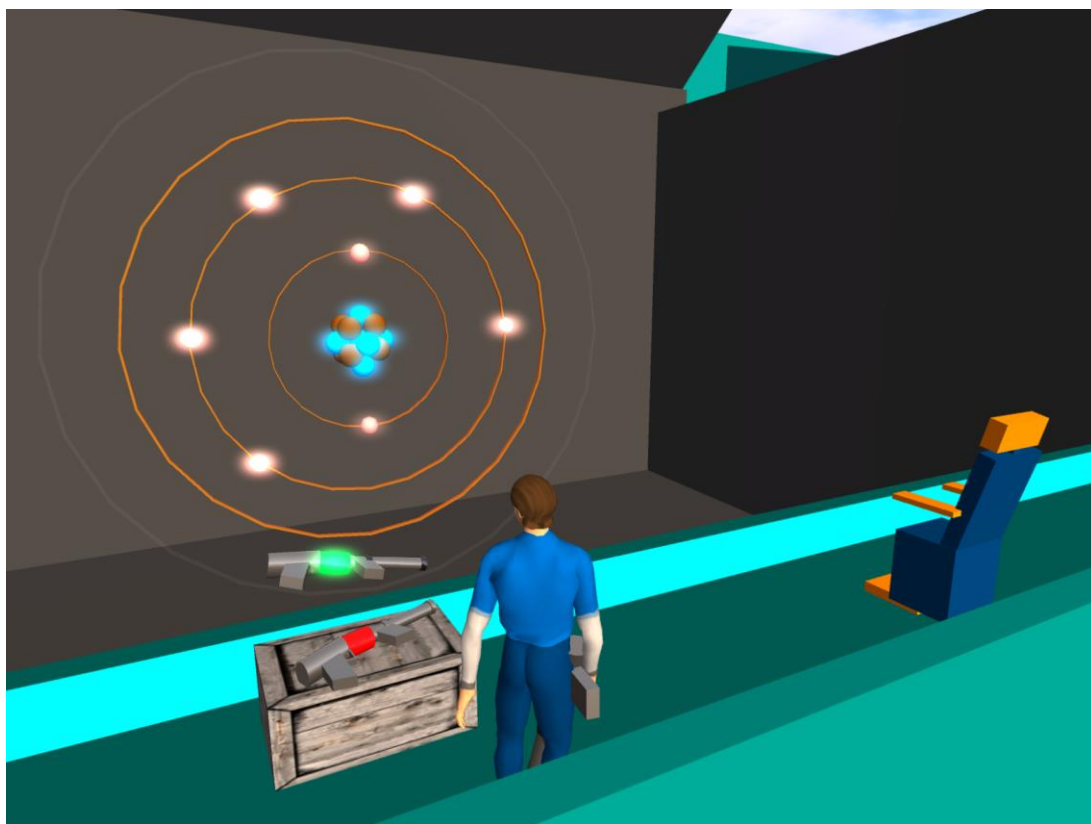
- ako rozlišovať medzi ionizujúcim žiarením a neionizujúcim žiarením;
- vplyv ionizujúceho žiarenia na molekulárnu štruktúru;
- znalosť potenciálnych zdravotných rizík vyplývajúcich z vystavenia žiareniu.

Predpokladom úspešného dokončenia tohto scenára je dobré pochopenie využitia prehliadača pre 3D virtuálny svet a znalosť témy "**Štruktúra Atómu**".

Virtuálny svet ponúka dve rôzne vzdelávacie cesty: cestu so sprievodcom a cestu samostatného učenia sa. Na študijnej ceste so sprievodcom musia študenti sledovať postupnosť vzdelávacích zdrojov vytvorených v otvorenej vzdelávacej dráhe označenej šípkami. Študenti môžu slobodne skúmať a skúsiť svet tak, ako to preferujú.

Keď je avatar teleportovaný do oblasti rádioaktivity, zobrazuje sa pustá krajina: holé stromy, žiadna stopa života, kaluže s nádržami označenými symbolom rádioaktivity. Šípky vedú avatara cez túto krajinu a ukazujú aj ako získať prístup k vzdelávacím zdrojom. V tejto časti je veľmi nebezpečná oblasť označená symbolmi rádioaktivity. Pri vstupe do tejto oblasti stojí nehrajúca postava, ktorá informuje avatara o nebezpečenstve oblasti a zdravotných rizikách, ktorým je avatar vystavený. Keď sa avatar priblíži k rádioaktívnemu predmetu, indikátor zdravotného stavu sa začne znižovať v závislosti od povahy a intenzity žiarenia a v dôsledku toho sa jeho postoj zmení. Keď zdravotný stav klesne na nulu, avatar padne na zem a budík signalizuje, že rádioaktivita ho zabil.

V nasledujúcej oblasti sa študent môže zaoberať témou "**Ionizujúce a neionizujúce žiarenie**". Začne tým, že otvorí laboratórium, kde avatar nájde kanón a atóm s elektrónmi, ktoré obiehajú okolo neho. Avatar bude vyzvaný, aby vzal radiačné delo. Kanón je vybavený potenciometrom, ktorý umožňuje zmenu vlnovej dĺžky vyžarovaného žiarenia. Keď avatar klikne na tlačidlo "Fire/pál", vyžaruje sa žiarenie (vo forme sínusovej vlny s konkrétnou vlnovou dĺžkou) a narazí na atóm. Elektróny atómu na vonkajšej obežnej dráhe získajú energiu a budú vybudené. Ak je vyžarované žiarenie v rozpätí ionizačného žiarenia, niektoré elektróny z vonkajšieho orbitu sa uvoľnia z atómu a ten sa zmení na ión.



Učitelia môžu uskutočniť virtuálnu návštevu laboratória na nasledujúcom odkazu:

<https://www.youtube.com/watch?v=tS-FJH7tAbo>

Štruktúra atómu

Ciele vzdelávania sú:

- atóm ako prvok hmoty;
- objavenie štruktúry atómu (katódová trubica, Rutherfordovho experiment);
- Bohrov model atómu, častice a základné vlastnosti atómu;
- atómové číslo a hmotnostné číslo chemického prvku.

Študenti, ktorí používajú toto laboratórium, musia mať vedomosti na tému "**Štruktúra Atómu**".

Miesto pre tento scenár bude v miestnostiach laboratória a potom bude nasledovať cesta do atómu pomocou rakety Pico.

Dole v tabuľke je uvedený zoznam učebných aktivít a materiálov dostupných v laboratóriu.

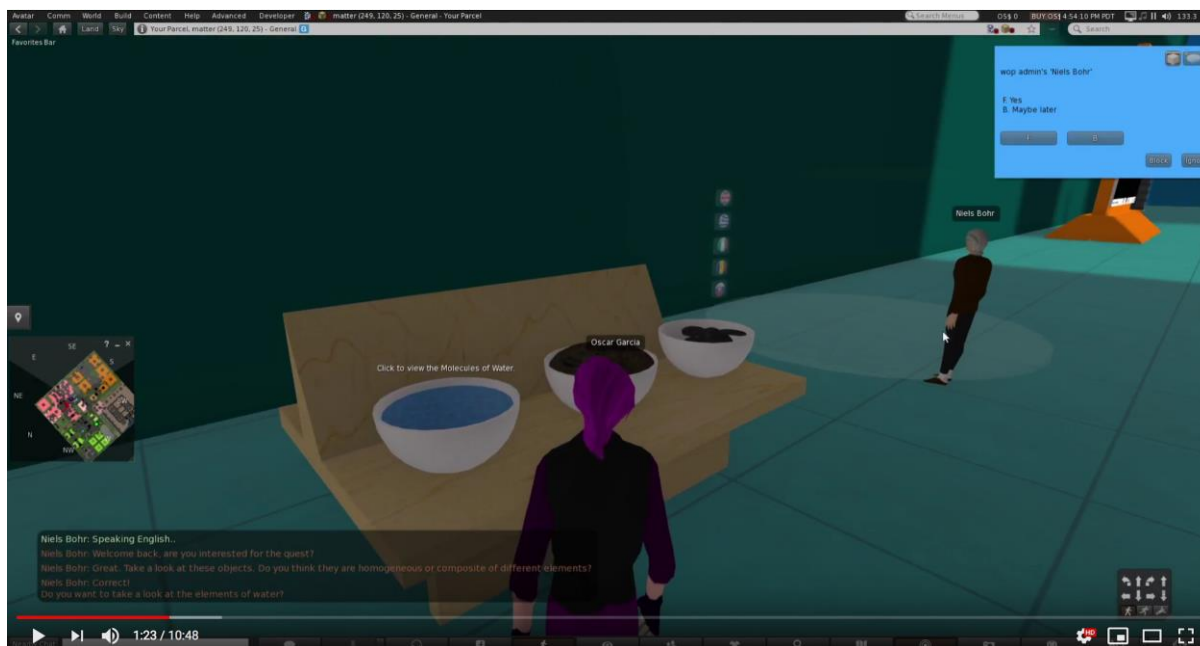
Názov	Stručný popis	Typ
The atom	A short historical introduction on the discovery of the atomic structure and the Bohr model.	<i>Presentation</i>
Rutherford's experiment	Rutherford's experiment	<i>Multimedia</i>
Atomic Models	Experimentation with the different atomic model.	<i>Multimedia</i>
Traveling into the microscopic world	A trip into the microscopic world of atoms and their structure	<i>3D Activity</i>
Bohr	He will assist the student in the 3D activity.	<i>NPC</i>

Študent bude sledovať prezentáciu a prípadne preskúma multimediálne aplikácie. Následne mu bude pomáhať NPC, aby preskúmal mikroskopický svet v 3D aktivite.

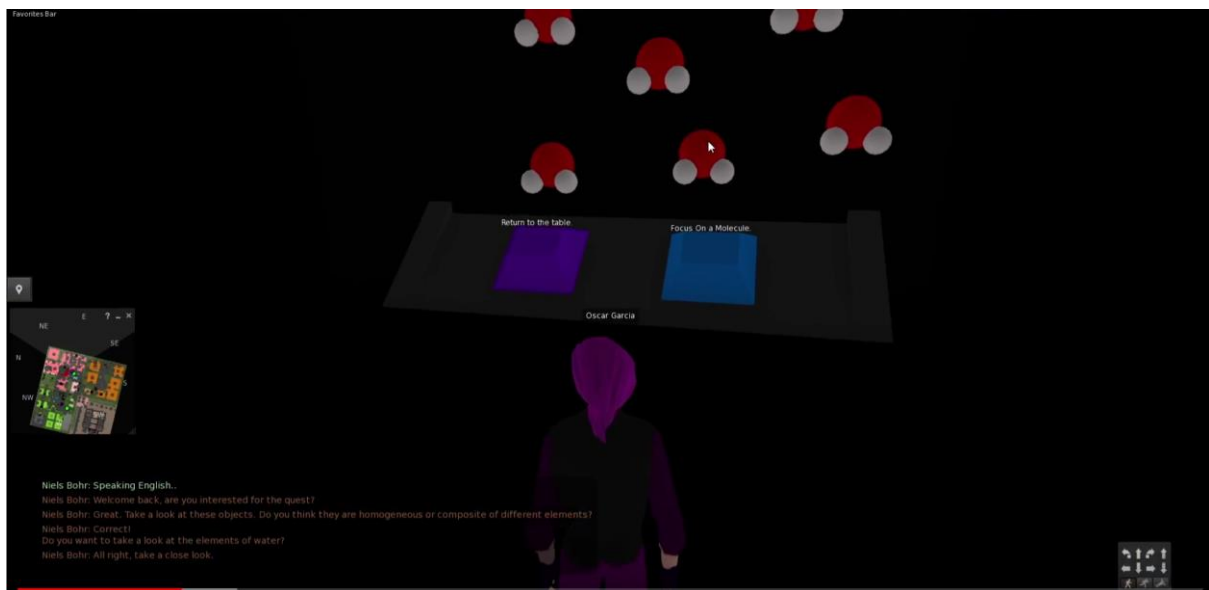
Niels Bohr ako NPC bude viesť študenta cez štúdium molekuly vody.



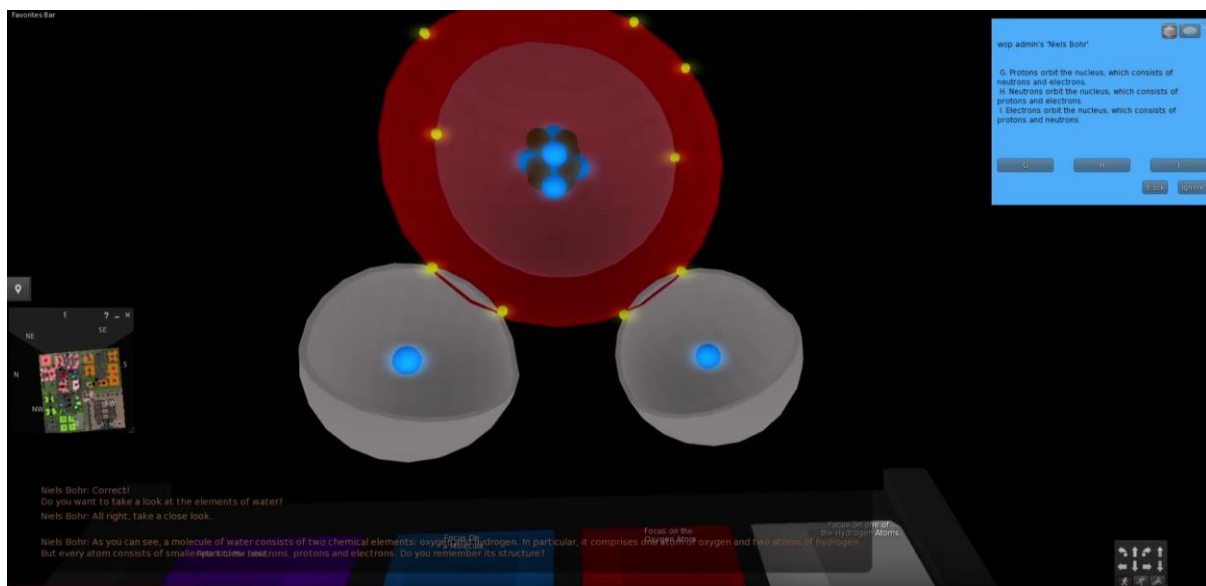
Na stole študent nájde nejaké prvky. Jedným z nich je voda.



Kliknutím na objekt s vodou sa bude avatar pohybovať vo vnútri molekuly vody.



Kliknutím na molekulu vody sa avatar môže hlbšie na úrovni atómov.



Oblasť 3: Elektrina a magnetizmus

Nižšie je link na demo video, ktoré ukazuje laboratóriá v oblasti "Elektrina a magnetizmus":

<https://www.youtube.com/watch?v=ol7RqElkrNQ>

Kontant elektrifikácia

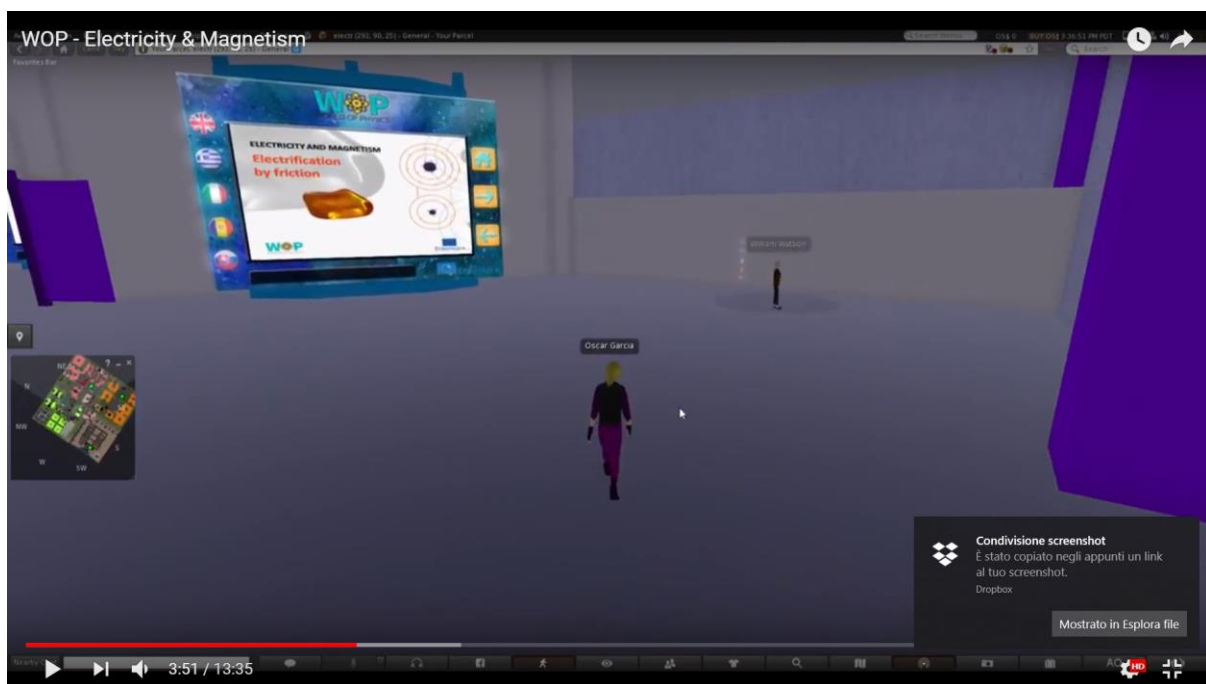
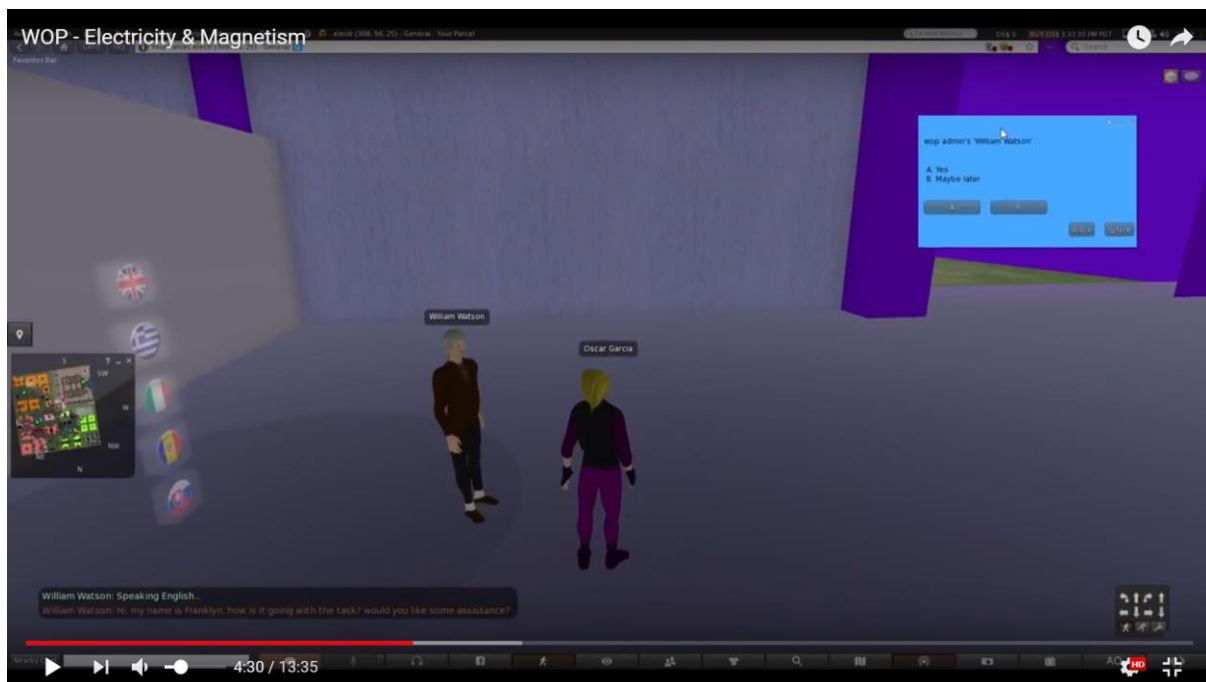
Ciele vzdelávania v tejto oblasti sú:

- fenomén elektrifikácie na makroskopickej úrovni;
- rozdelenie pozitívnych a negatívnych nábojov do elektrifikácie trením (vplyv rôznych afinity na elektróny);
- zostatok poplatkov za elektrifikáciu vedením (vo vzťahu k zákonu o zachovaní poplatku).

Toto je prvá sub téma z hlavnej témy "Elektrina a magnetizmus". Teda teoretické predpoklady budú zahrnuté do konkrétnych informácií o mikroskopických prvkoch hmoty (téma "Štruktúra hmoty").

Dole v tabuľke je uvedený zoznam učebných aktivít a materiálov dostupných v laboratóriu.

Názov	Stručný popis	Typ
Elektrifikácia trením	Všeobecné informácie o atómových časticiach, sila medzi elektrickými nábojmi a úvod do elektrifikácie trením.	<i>prezentácia (1)</i>
Elektrifikácia vedením	Informácie o zákone na zachovanie náboja a postup elektrifikácie vedením.	<i>prezentácia (2)</i>
Elektrifikácia trením a vedením	Objekty rôznych materiálov sú elektrifikované trením, v porovnaní s ich afinitou k elektrónom, priťahujú svetlé objekty a nabíjajú iné objekty vedením.	<i>3D aktivita</i>
William Watson	Postava pomôže študentovi vykonať túto činnosť.	<i>NPC</i>



Po sledovaní prvej prezentácie si študenti vezmú niekoľko predmetov umiestnených na pulloch a navzájom si ich obliekajú, aby ich zelektrizovali (prenesenie elektrických nábojov z jedného na druhý). Zoradí ich podľa ich príbuznosti k elektrónom a použije ich na pritiahnutie ľahkých objektov. Študenti

potom budú sledovať druhú prezentáciu a použijú niektoré z nabitých objektov, aby trením nabili niektoré ďalšie neutrálne objekty s vopred daným nábojom a jeho veľkosťou.

Indukcia trením

Použitím nabitej sklenenej tyče (nachádzajúceho sa v aktivite podtémy "**Elektrifikácia trením a vedením**") žiaci nabijú pár kovových a plastových predmetov.



Študenti sa dotýkajú predmetov s nabitou sklenenou tyčinkou. Keď sa dotýkajú kovového predmetu (vodiča), elektrické náboje sa distribuuju rovnomerne na jeho objem (podľa jednotlivých tvarov).

Keď sa dotýkajú plastového predmetu (izolátora), prebytočný náboj zostane v počiatočnom mieste nabíjania.

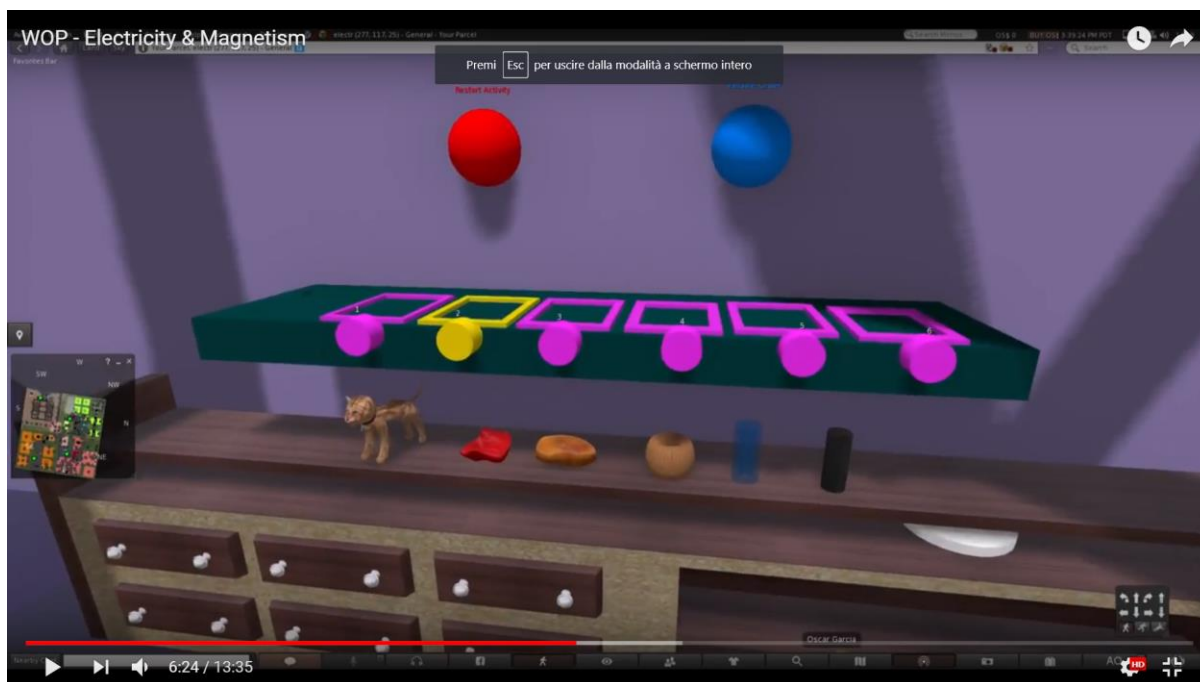


Elektrizácia trením

Avatar si vyberie dva objekty naraz a navzájom ich trie.

Keď sa objekty rôznych materiálov navzájom trú, prenášajú sa elektróny z jedného na druhý. Elektróny sú reprezentované symbolom "-". Objekt, ktorý prijme elektróny, je nabitý negatívne (na jeho povrchu sa objavujú znaky symbolu "-"), zatiaľ čo objekt, ktorý odovzdá elektróny, je kladne nabitý (na jeho povrchu sa objavujú znaky "+").

Podobné simuláciu môžete vidieť na odkaz uvedenom v časti Referencie.



Indikatívne rozdelenie náboja pre každý pár objektov je popísané v nasledujúcej tabuľke:

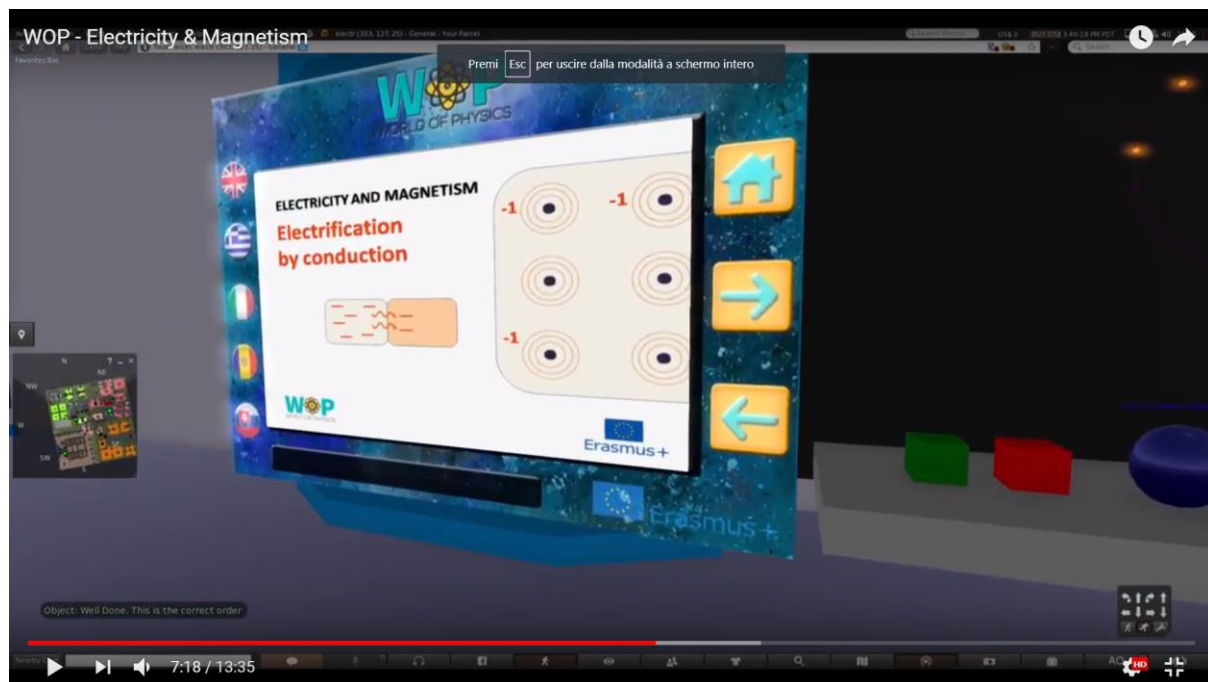
	Králik	Sklená tyč	Vlna	Hodvábná tkanina	Jantár	Gumová tyč
Králik	0	2	4	8	10	12
Sklená tyč	2	0	2	6	8	10
Vlna	4	2	0	4	6	8
Mačka	6	4	2	2	4	6
Hodvábná tkanina	8	6	4	0	2	4
Jantár	10	8	6	2	0	2
Gumová tyč	12	10	8	4	2	0

Po dokončení elektrifikácie trením musí byť náboj každého predmetu identifikovateľný buď pri kontinuálnom vzhľade nábojov na jeho povrchu, alebo vzhľadom na vyobrazenie nad ním.

V druhom prípade sa náboje môžu prejaviť iba počas aktivity a ak študenti nosia špeciálne okuliare.

Pre každý pár predmetov tretých dohromady sa elektróny prenesú na elektródy, ktoré sú umiestnené nižšie v prvom stĺpci. Zvyšok buniek predstavuje počet elektrónov označených ("-"), ktoré sa pohybujú. Čísla sú orientačné a ponúkajú iba pomerné zastúpenie tohto javu.

Študenti potom budú sledovať druhú prezentáciu a využijú niektoré z nabitých objektov na to, aby vedením elektrizovali niektoré ďalšie neutrálne objekty s definovaným druhom a množstvom náboja.



Elektrizácia vedením

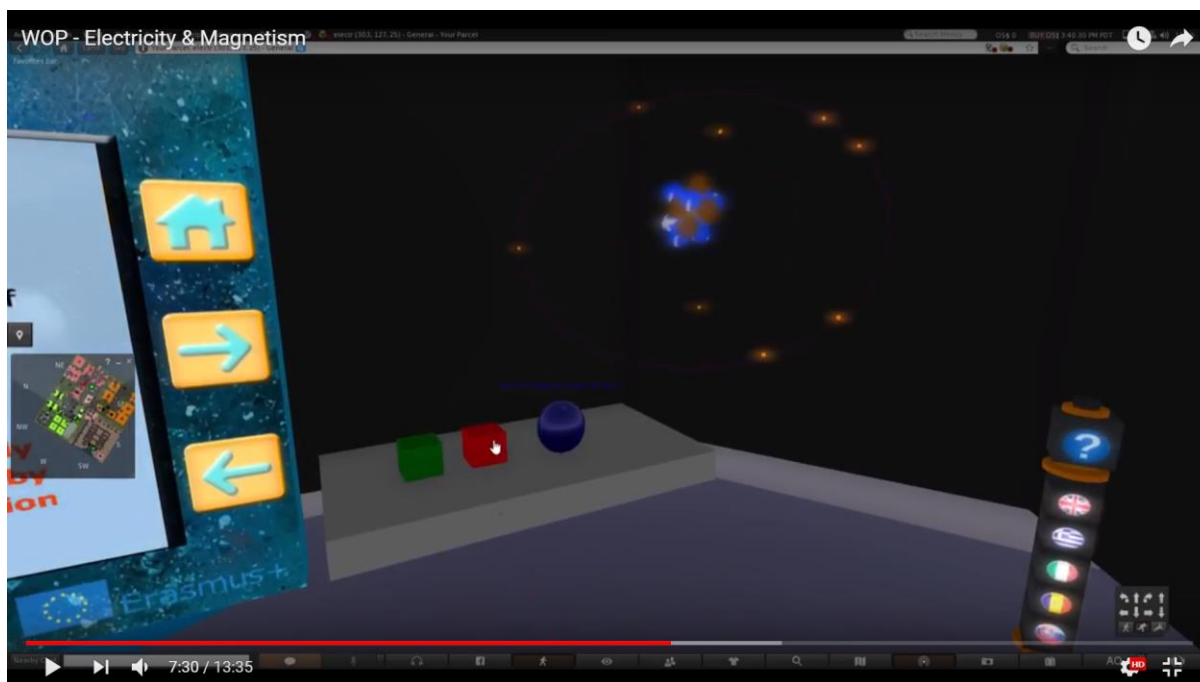
Študent musí elektricky nabiť neutrálny povrch s vopred určeným druhom a veľkosťou náboja. Zoberie predtým nabitý predmet (s vhodného materiálu) a dotýka sa neutrálneho povrchu.

Elektróny sa prenášajú z jedného objektu na druhý, až kým obidva objekty nemajú rovnaké množstvo náboja.

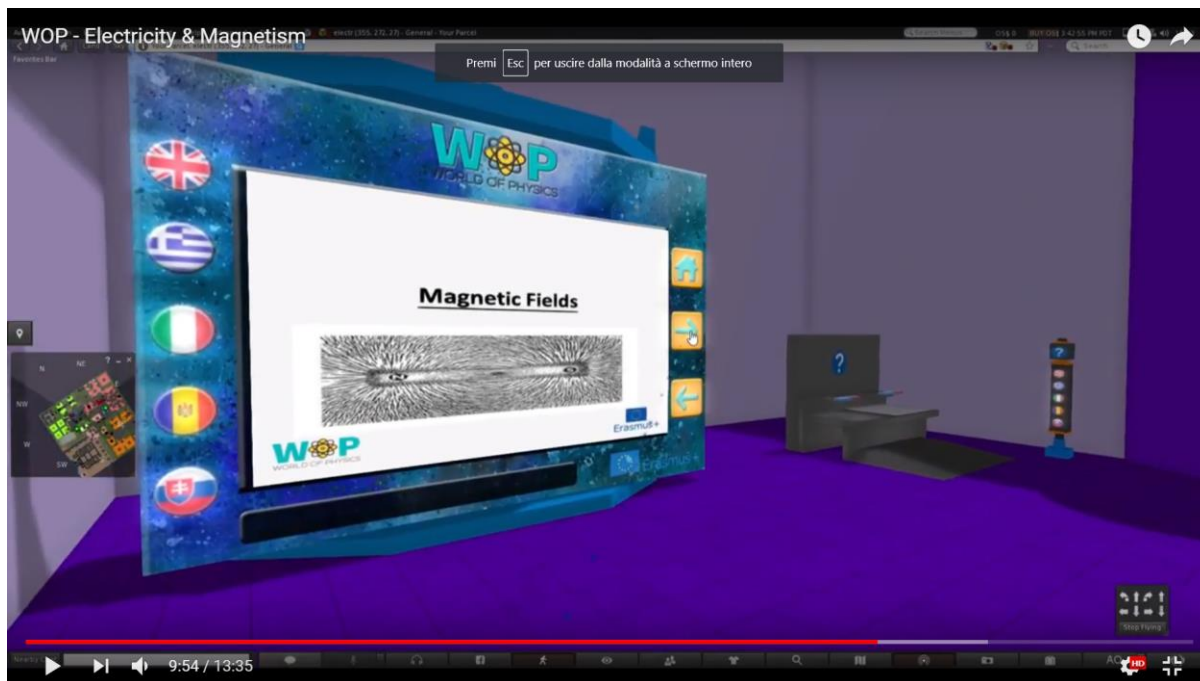
Ak je povrch nabitý menším nábojom ako je požadované, bude musieť použiť iný nabitý objekt a procedúru zopakovať.

Ak je to viac ako požadovaná hodnota, študent bude musieť použiť nabitý predmet s opačným nábojom a opakovať postup.

Študent môže ďalej vidieť znázornenie atómu so stratou vonkajšieho elektrónu pri nabíjaní prvku:



Magnetické polia a elektrický prúd v magnetickom poli



Ciele vzdelávania sú:

- magnetické javy: magnetické pole Zeme, funkcia kompasu a vplyv magnetu na kovové piliny;
- vznik magnetického poľa pohybivými nábojmi;
- nabité častice pohybujúce sa v magnetickom poli;
- prúd vo vodiči v magnetickom poli.

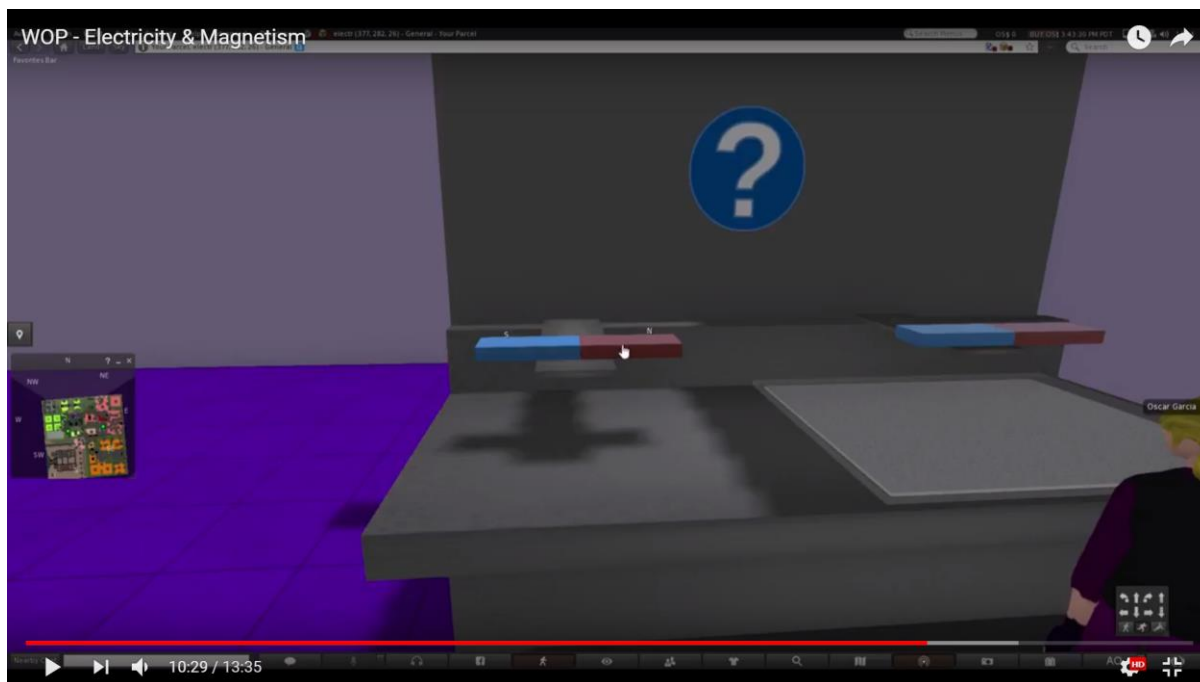
Predpokladom pre úspešné dokončenie tohto laboratória sú:

- Subtémy "Elektrické polia", "Elektrický prúd a elektrické zdroje" a "Vplyv a účinky elektrického prúdu";
- Informácie o Bohrovom modeli atómov zo subtémy "Štruktúra atómu" (téma "Štruktúra hmoty").

Nižšie je uvedený zoznam učebných aktivít dostupných v tomto laboratóriu:

Názov	Stručný popis	Typ
Magnetické javy	Magnetické javy: vzájomná príťažlivosť kovov amagnetu, magnetické pole Zeme a funkcia kompasu	<i>Prezentácia</i>
Účinok magnetu na kovové piliny	Študent drží tyčový magnet nad povrchom s kovovými pilinami a skúma, ako sa usporadúvajú pozdĺž magnetických siločiar	<i>3D aktivita</i>
Magnetické pole medzi pohybujúcimi sa nábojmi	Znázornenie magnetického poľa tvoreného pohybivými nábojmi a elektrickým prúdom	<i>Multimédiá</i>
Pohyb nabitých častíc v magnetickom poli	Sila vytvorená pri pohybe nabitých častíc a elektrického vodiča v rámci magnetického poľa	<i>Prezentácia</i>
Lorentzova sila	Sila pôsobiaca na nabité častice, ktoré sa pohybujú (voľné alebo vo vodiči) v magnetickom poli, sa mení podľa smeru svojej rýchlosti	<i>3D aktivita</i>

Študent sleduje prezentáciu o magnetických javoch a bude mu pridelená úloha pre 3D aktivitu. Aktivita bude vyžadovať, aby preskúmal tvar magnetického poľa okolo magnetu, podľa umiestnenia kovových pilín. Potom pomocou multimédií a informácií o Bohrovom modeli atómu študent bude musieť zistiť, ako sa magnetické pole vytvára polarizáciou jeho atómov.



Kovové piliny sú rovnomerne rozsypané po povrchu a tesne nad nimi je umiestnený tenký priehľadný film. Študent umiestni na film tyčový magnet a kovové piliny sa usporiadajú pozdĺž siločiar. Keď sa magnet pohybuje na viacerých miestach, kovové piliny sa prispôbujú.

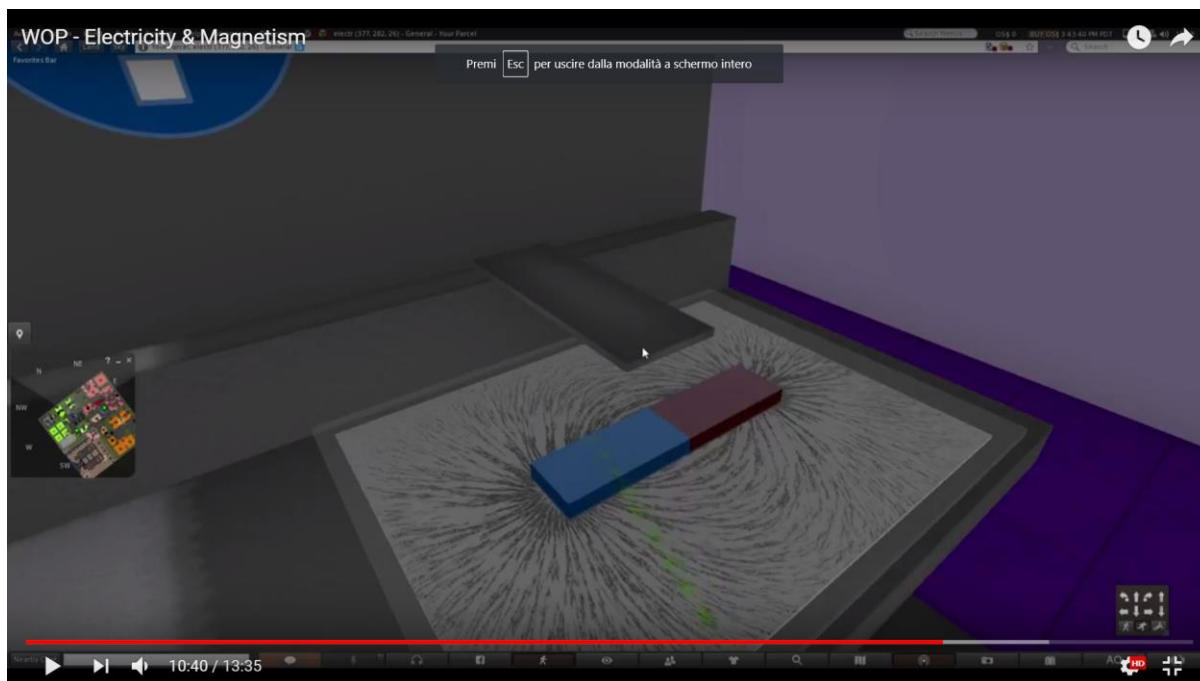
Študent skúma, ako je kompas orientovaný pozdĺž týchto siločiar.

Potom študent používa vizuálny filter, ktorý odhaľuje rozšírenú realitu, kde sa objavujú polia a symboly pre tyčový magnet.

Môžu sa použiť aj ďalšie magnety, aby sa preskúmala ich interakcia a príslušné zmeny v poli.

Priehľadná fólia musí byť pevne umiestnená na povrchu a vo veľmi malej vzdialenosti od pilín. Kvôli obmedzeniam 3D prostredia, "pohyb" magnetu, pilín a polí by sa mal pravdepodobne zredukovať na transpozíciu na rôznych miestach (namiesto "nepretržitého" pohybu, ktoré je zvyčajne zastúpené v dvoch dimenzionálnom simulačnom softvéri, ako Faraday's Electromagnetic Lab).

Keď avatar umiestni kompas vedľa magnetu, kovové piliny sa usporiadajú pozdĺž siločiar.



Keď avatar má na sebe svoje "Faradayove okuliare", siločiar sa objavujú v 2D (alebo 3D, ak je to možné). Zobrazí sa jednoduché označenie pólov magnetu (rovnako ako aj na kompase).

Na základe študijných cieľov sa od študentov očakáva, že budú schopní:

- Opísať ako je zmagetizovaný objekt orientovaný pozdĺž línie magnetického poľa;
- Rozpoznať, že kompas je magnet a opísať, ako je orientovaný pozdĺž siločiar;
- Opísať interakciu medzi magnetmi vo vzťahu k ich pólom.

Silové pôsobenie na nabitú časticu v magnetickom poli

Po prvé, elektrický obvod je umiestnený na stole.

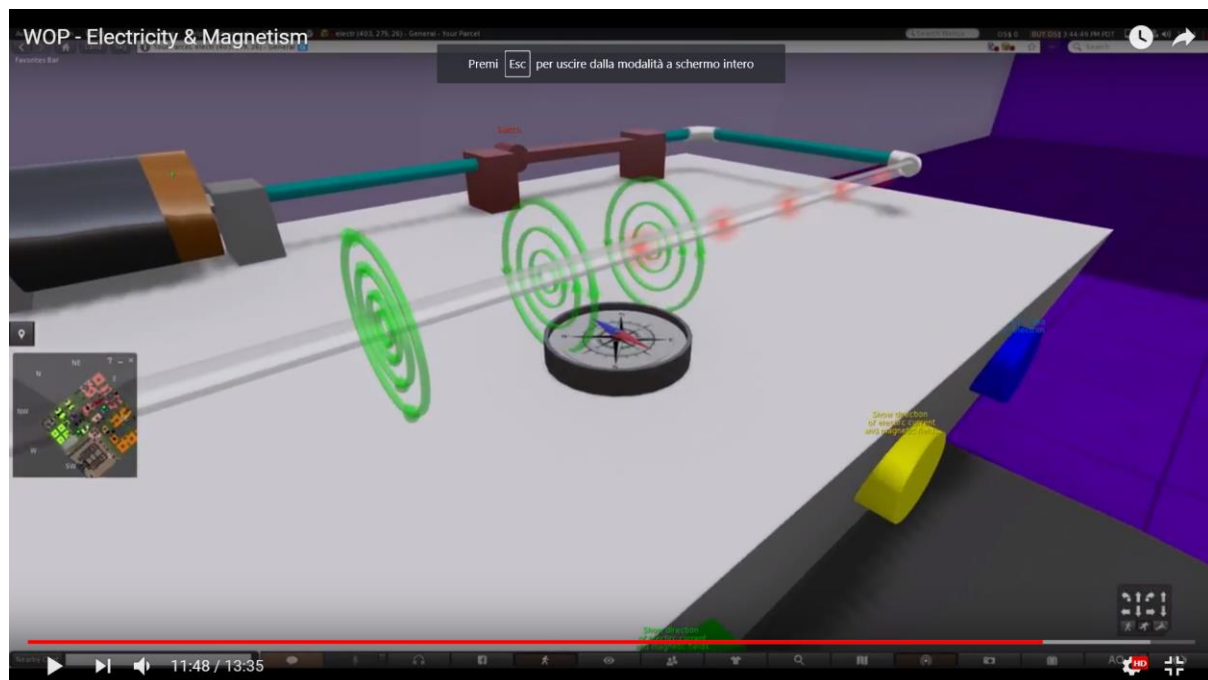
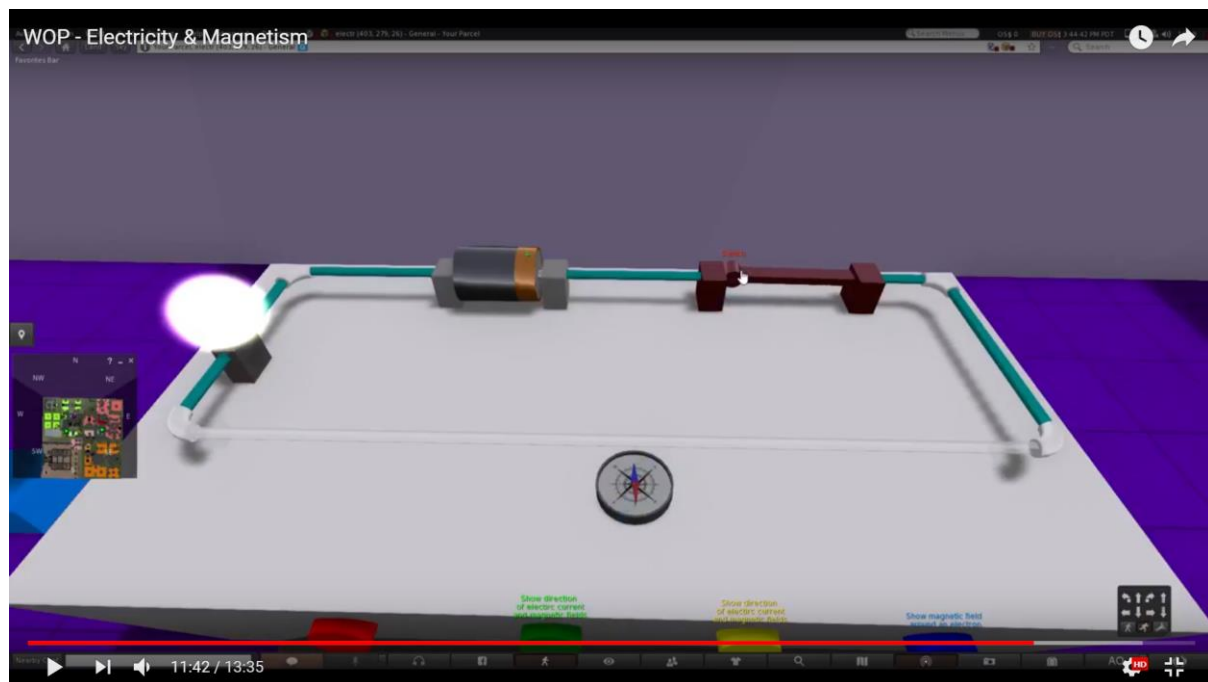


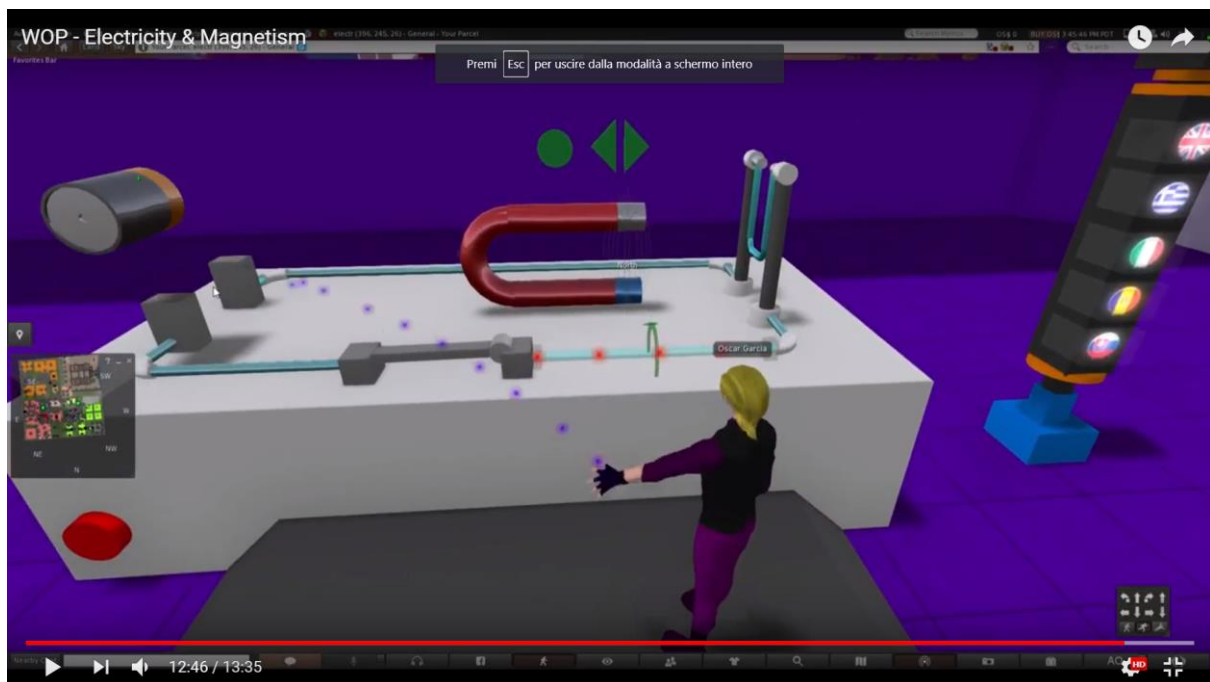
Študent uzatvára obvod pomocou spínača. Animácia elektrónov ukazuje, ako sa elektrický prúd pohybuje.

Ďalej študent preruší okruh a zapne batériu. Animácia elektrónov ukazuje, že elektrický prúd ide opačným smerom. Vodič umiestnený na držiaku svorky sa nepohybuje.

Potom študent umiestni magnet tvaru U do oblasti elektrického obvodu. Na základe smeru Lorentzovej sily sa vodič umiestnený na držiaku svorky bude pohybovať.

Nasledujúce obrázky znázorňujú, ako vodič zostáva na držiaku svorky v pokoji, ak sa magnet nenachádza v priestore obvodu:





Obrázok ukazuje smer magnetického poľa medzi pólmi magnetu pre magnet tvaru U. Magnet tvaru U je umiestnený v priestore elektrického obvodu. Ak študent uzatvorí obvod, vodič sa začne pohybovať. Smer odchýlky závisí od smeru magnetického poľa.



Na základe študijných cieľov sa od študentov očakáva, že budú schopní:

- porovnať účinky magnetických polí na nabitú časticu;
- určiť smer Lorentzovej sily na pohybujúce sa nabité častice a na vodič, ktorým prechádza prúd podľa pravidla pravej ruky.

Referencie

- [1] J. Piaget, "The Psychology of Intelligence", London: Routledge and Kegan Paul (1951).
- [2] Fundación para Estudios Biomédicos Avanzados, Facultad de Medicina - U. de Chile, "Teacher Professional Development in Pre-Secondary School Inquiry-Based Science Education" (IBSE) Editors: Wynne Harlen and Jorge E. Allende (2009).
- [3] J. Trna, "How to Educate and Train Science Teachers in IBSE Experimentation", In: IMSCI 2013. The 7th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics. Proceedings (pp. 176-180). Orlando(USA): International Institute of Informatics and Systemics. ISBN 978-1-936338-83-2., At Orlando, USA, (2013).
- [4] Reports on Physics Education in Schools around Europe and the state of the art in 3D Virtual Worlds, Progetto "World-of-Physics: An innovative virtual reality educational environment for school physics education". Erasmus + - Strategic Partnership. Agreement Number: 2016-1-Cy01-Ka201-017371. <http://worldofphysics.etcenter.eu/index.php/en>, (2016)
- [5] T. Chesney, S.H. Chuah, R. Hoffmann, "Virtual world experimentation: An exploratory study. Journal of Economic Behavior & Organization", 72, 618-635 (2009).
- [6] S. De Freitas, G. Rebolledo-Mendez, F. Liarokapis, G. Magoulas, A. Poulouvassilis, "Learning as immersive experiences: Using the four-dimensional framework for designing and evaluating immersive learning experiences in a virtual world. British Journal of Educational Technology, 41, 69-85 (2010).
- [7] Z. Palkova, M. Palko, K. Kovas, F. Grivokostopoulou, I. Hatzilygeroudis. "World Of Physics and VR4STEM case studies - How virtual reality attracts the educations", *ICERI 2017 Proceedings*, pp. 1318-1324, (2017).

- [8] T. de Jong, M. C. Linn, Z. C. Zacharia, "Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education" *Science*; Vol. 340, Issue 6130, pp. 305-308, DOI: 10.1126/science.1230579, (2013).
- [9] M. Gentile et al. "A Semantic Frame Approach to Support Serious Game Design". In: Bottino R., Jeuring J., Veltkamp R. (eds) *Games and Learning Alliance. GALA 2016. Lecture Notes in Computer Science*, vol 10056. pp 246-256, Springer, Cham, (2016).
- [10] E.Trnova, J. Trna, "Motivational Effectiveness of a Scenario in IBSE", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 167, pp. 184-189 (2015).