

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

Simulovaný fyzikálny experiment

Bakalárska práca

2020

Matej Dráb

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

Simulovaný fyzikálny experiment

Bakalárska práca

Študijný program: Aplikovaná informatika

Študijný odbor: informatika

Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky

Školiteľ: Mgr. Pavel Petrovič, PhD.

Bratislava 2020

Matej Dráb



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Matej Dráb
Študijný program: aplikovaná informatika (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)
Študijný odbor: informatika
Typ záverečnej práce: bakalárska
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Simulovaný fyzikálny experiment
Simulated Physics Experiment

Anotácia: Hoci pre pochopenie látky je najúčinnější reálny fyzikálny experiment, v mnohých prípadoch je neuskutočniteľný, napríklad z dôvodov ceny alebo dostupnosti pomôcok, materiálu, či meracích prístrojov, dlhej doby realizácie, nebezpečenstva pri manipulácii, nedostatku laboratórií v školách a podobne. Aspoň čiastočnou náhradou môže byť simulovaný experiment, ktorý dôsledne zachová relevantné sledované fyzikálne parametre modelu. Cieľom práce je navrhnúť a implementovať aplikáciu na vierohodné simulovanie zvoleného fyzikálneho javu a jeho pozorovanie. Žiak v aplikácii bude mať možnosť nastaviť východzie podmienky simulovanej situácie, na základe ktorých sa bude priebeh simulácie rozličným spôsobom odvíjať. To umožní žiakovi formulovať hypotézy o pozorovanom jave, zobrazovať namerané údaje v tabuľke, či grafe a pomocou aplikácie vypracovať záznam z laboratórneho cvičenia. Presné podrobnosti simulovaných javov študent vyberie po konzultácii s didaktikmi fyziky.

Literatúra: Michal Sejč: Výuková aplikácia demonštrujúca princípy v elektrických obvodoch, bakalárska práca, FMFI UK, 2015.
Marián Jonis: Výukový program demonštrujúci fyzikálny princíp, bakalárska práca, FMFI UK, 2015.

Kľúčové slová: výučbová aplikácia, fyzika, simulácia

Vedúci: Mgr. Pavel Petrovič, PhD.
Katedra: FMFI.KAI - Katedra aplikovanej informatiky
Vedúci katedry: prof. Ing. Igor Farkaš, Dr.
Dátum zadania: 15.10.2019

Dátum schválenia: 15.10.2019

doc. RNDr. Damas Gruska, PhD.
garant študijného programu

.....
študent

.....
vedúci práce

Čestné prehlásenie

Čestne prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne s použitím citovaných zdrojov.

.....

Pod'akovanie

Chcem sa poďakovať svojmu školiteľovi Mgr. Pavlovi Petrovičovi, PhD., za cennú pomoc, rady, konzultácie a čas, ktorý mi venoval počas písania bakalárskej práce. Rovnako sa chcem poďakovať aj doc. RNDr. Petrovi Demkaninovi, PhD., za odbornú pomoc s fyzikálnou časťou programu, ktorú mi poskytol pri tvorbe mojej bakalárskej práce.

Abstrakt

Cieľom našej bakalárskej práce bolo navrhnuť a implementovať webovú výučbovú aplikáciu pre stredoškolskú fyziku, ktorá na základe simulácie vysvetľuje jednotlivé fyzikálne javy. Aplikácia by mala byť interaktívna, aby žiaci mohli experimentovať a objavovať tak nové veci. Na vytvorenie aplikácie sme použili Javascript. Zvolili sme si tri simulácie z učebnice pre stredoškolákov, ktoré sa nám úspešne podarilo naprogramovať. Konkrétne sa jedná o Archimedov zákon, v ktorom žiaci môžu ponárať teleso do kvapaliny a pritom meniť jeho výšku a šírku. Izobarický dej, v tejto simulácii môžu žiaci meniť počiatkové hodnoty: objem, teplotu, tlak a plyn. Následne môžu vidieť ako sa správajú jednotlivé plyny pri daných hodnotách. Dvojštrbinový experiment, tu sa dajú nastaviť parametre: vlnová dĺžka, šírka štrbín a vzdialenosť štrbín. Simulácia demonštruje, ako sa svetlo správa na dvojštrbine. V našej práci popisujeme východiská jednotlivých javov. Ďalej popisujeme špecifikáciu, návrh a nakoniec implementáciu. Vytvorená aplikácia je použiteľná vo vyučovacom procese. Bola aj otestovaná na skupine žiakov strednej školy. Žiaci si vyskúšali našu aplikáciu a následne vyplnili krátky test pre každú simuláciu. Potom dostali krátky dotazník, kde uviedli ako sa im aplikácia páčila prípadne, čo by na nej zmenili. Podľa tejto spätnej väzby od žiakov sme následne aplikáciu upravili.

Abstract

The goal of our bachelor thesis was to design and implement a web educational application for secondary school physics, which explains the individual physical phenomena based on simulation. The application should be interactive, students can experiment discover new things. We used Javascript to develop the application. We chose three simulations from a textbook for secondary school students, which we successfully programmed. Specifically, these simulations: Archimedes' law, where students will be able to immerse an object in a liquid while changing its height and width. Isobaric process, in this simulation, students will be able to change the initial values: volume, temperature, pressure and gas. Subsequently, they can see how the individual gases behave at the given values. Double-slit experiment, where the parameters that can be set are wavelength, slit width and slit distance. The simulation demonstrates how light behaves on a double slit. In our thesis we describe the starting points of individual phenomena. Next, we describe specification, design and finally implementation. The application we developed can be used in the teaching process. It was also tested on a group of secondary school students. Students tried out our application and then completed a short test for each simulation. Then they received a short questionnaire stating how they liked the application or what they would change about it. According to this feedback from students, we subsequently modified the application.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Východiská	3
2.1 Tvorba didaktického softvéru	3
2.2 Fyzika.....	4
2.2.1 Dvojštrbinový experiment.....	4
2.2.2 Archimedov zákon.....	6
2.2.3 Izobarický dej	7
2.3 Simulácia.....	8
2.4 Podobné práce	9
2.5 Existujúce systémy.....	10
2.5.1 walter-fendt.de.....	10
2.5.1.1 Archimedov zákon.....	10
2.5.2 phet.colorado.edu	12
2.6 Programovacie jazyky a technológie	13
3. Špecifikácia.....	14
3.1 Všeobecná špecifikácia	14
3.2 Archimedov zákon	15
3.3 Izobarický dej.....	16
3.4 Dvojštrbinový experiment.....	17
4. Návrh	17
4.1 Zvolené technológie	18
4.2 Rozdelenie komponentov	18
4.3 Komponent Archimedov zákon	19
4.4 Komponent Izobarický dej.....	20
4.5 Komponent Dvojštrbinový experiment.....	22
4.6 Komponent Testy	23
5. Implementácia.....	24
5.1 Archimedov zákon	25
5.2 Izobarický dej.....	26
5.3 Dvojštrbinový experiment.....	27
6. Nasadenie v praxi.....	28
6.1 Používanie aplikácie.....	28
6.2 Testovanie	28

Záver	33
Použitá literatúra	35
Príloha	37
Príloha a	37
Príloha b	38
Príloha c	39

1. Úvod

Informačné technológie nás dnes sprevádzajú na každom kroku. Stali sa neodmysliteľnou súčasťou vyučovacieho procesu. Dnes si už ani nevieme predstaviť, ako by sme študovali na vysokej škole bez použitia notebookov, či internetu.

Fyzika je všade okolo nás. Ani si neuvedomujeme, kde všade v našom živote sa s pôsobením fyzikálnych javov stretávame. Čím viac rozumieme fyzike okolo nás, tým viac ju dokážeme využiť vo svoj prospech. Preto je nutné fyziku popularizovať, zatriktívniť a priblížiť ju väčšej skupine ľudí. K naplneniu tohto cieľa nám môžu prispieť práve všadeprítomné informačné technológie, ktoré môžeme využiť vo vyučovacom procese fyziky na školách. Bohužiaľ sa na stredných školách postupne upúšťa od fyzikálnych pokusov. Nie všetky školy disponujú laboratóriami, kde by sa dali tieto pokusy prevádzať a nie všetky pokusy je možné vykonať v laboratóriu. No, čo sa týka možnosti virtuálneho experimentu, ten sa dá robiť v podstate všade. Nepotrebujeme naň žiadne špeciálne pomôcky a nie je potrebný ani dozor staršej osoby. Preto je potrebné urobiť v tomto smere niečo, čo bude pre mladú generáciu zaujímavé. Riešením, tohto problému môžu byť rôzne aplikácie na spoznávanie jednotlivých fyzikálnych javov. Vďaka takejto aplikácii, budú môcť žiaci skúmať preberané fyzikálne fenomény a nie len počúvať o tom, ako jednotlivé javy fungujú, ale ich aj vidieť.

Cieľom našej bakalárskej práce je vytvoriť program, ktorý bude simulovať jednotlivé fyzikálne javy. Týmto spôsobom by sme chceli priblížiť fyziku žiakom stredných škôl a urobiť ju zaujímavejšou. V tejto aplikácii budú môcť žiaci nastavovať rôzne veličiny a skúmať, ako sa mení výsledok v závislosti od ich zmeny. Program by mal byť vhodne prispôbený pre výučbu žiakov stredných škôl.

V našej bakalárskej práci sa budeme venovať trom simuláciám a to konkrétne Dvojštrbinovému experimentu, Archimedovmu zákonu a Izobarickému deju.

Tieto simulácie sme si vybrali na základe obrázkov z učebníc [1] a [2], ktoré boli napísané vedúcim oddelenia didaktiky fyziky na katedre didaktiky matematiky, fyziky a informatiky FMFI doc. RNDr. Petrom Demkaninom, PhD. Naše simulácie umožnia rozšírenie týchto učebníc o rozanimovanie jednotlivých obrázkov, ktoré sa nachádzajú priamo v učebnici. Simulácie posúvajú túto učebnicu o úroveň vyššie a s tým aj zvyšujú kvalitu vyučovacieho procesu.

V druhej kapitole sa budeme venovať teoretickým východiskám potrebným pre vytvorenie konkrétnych simulácií. V tretej kapitole opisujeme špecifikáciu jednotlivých fyzikálnych javov. Ďalej nasleduje kapitola návrh, kde opisujeme podrobný návrh systému, ako je rozdelený na komponenty a ako sú naprogramované jednotlivé simulácie. Potom nasleduje implementácia, v ktorej popisujeme problémy, ktoré sa vyskytli pri tvorbe jednotlivých simulácií. Nakoniec sa venujeme nasadeniu v praxi. Tu popisujeme ako sa aplikácia používa a ako prebiehalo testovanie. V závere opisujeme výsledok našej práce a to, ako by sa dala aplikácia ešte vylepšiť.

2. Východiská

V tejto kapitole sa budeme venovať tvorbe didaktického softvéru, jednotlivým fyzikálnym javom, ktoré bude táto aplikácia simulovať, prostriedkom potrebným na vytvorenie tejto aplikácie a podobným existujúcim aplikáciám.

2.1 Tvorba didaktického softvéru

V tejto podkapitole vychádzame zo zdroja [3].

Didaktický softvér, je softvér vyvinutý na podporu učenia sa, poznávania a na rozvoj informačnej gramotnosti. Takýto softvér je navrhnutý špeciálne pre učiteľov na vyučovanie konkrétnej látky.

Pri tvorbe didaktického softvéru je potrebné začleniť učiteľa do vývojového tímu. Učitelia by mali byť súčasťou procesu navrhovania obsahu aplikácie, poradcami v oblasti učebných osnov v rôznych fázach procesu vývoja softvéru. Vývojový tím by mal riešiť základnú otázku: „*Čo všetko môže s pomocou aplikácie učiteľ robiť?*“. Inými slovami, softvér by sa mal hodnotiť ako úspešný, ak by ho učitelia mohli použiť ako pomôcku na lepšie vykonávanie úloh, ktoré už vykonávajú. Táto koncepcia návrhu didaktického softvéru naznačuje, že vývojári by mali zväziť odborné znalosti učiteľov, aby lepšie porozumeli tomu, čo učitelia potrebujú na výkon svojho zamestnania.

Návrh didaktického softvéru sa riadi jedným z dvoch prístupov:

- Navrhovanie kognitívnych nástrojov: autori sa tu snažia vytvárať softvér, ktorý implementuje jednoduchú teóriu učenia. Týmto dávajú počítaču vysokú mieru zodpovednosti na vzdelávacie výstupy.
- Navrhovanie profesionálnych nástrojov pre výučbu: autori sa tu snažia nájsť spôsoby, ako by sa počítač mohol použiť ako súčasť výučbového procesu.

Pri tvorbe didaktického softvéru je tiež nutné zamerať sa na konkrétnu skupinu, pre ktorú je daný softvér adresovaný. Softvér by mal poskytovať reálne informácie v oblasti, pre ktorú je určený. Taktiež by mal mať možnosť aktualizovať tieto informácie, na základe novoobjavených skutočností a poznatkov. Mal by mať jednoduché a intuitívne ovládanie. Nemal by obsahovať veľa textu, aby žiaka príliš neodradil. Medzi jeden z hlavných cieľov

aplikácie patrí zaujať študenta. Tým, že softvér vzbudí u študenta záujem, dokáže študent danú tému lepšie pochopiť. Preto je žiadúce zamerať sa taktiež na dizajn a estetickú stránku aplikácie, tak aby bol pre cieľovú skupinu používateľov atraktívny a zrozumiteľný. Zároveň, by mal mať softvér čo najmenšie hardwarové požiadavky, aby sa mohol použiť aj na školách, ktoré nedisponujú najnovšími počítačmi.

2.2 Fyzika

Táto kapitola bude popisovať fyzikálne javy, ktoré budú simulované v tejto práci.

2.2.1 Dvojštrbinový experiment

Youngov pokus alebo inak povedané Dvojštrbinový experiment je experiment, ktorý publikoval fyzik Thomas Young v roku 1803. Týmto experimentom potvrdil, že svetlo sa správa aj ako vlna, ale aj ako častica. S dvojštrbinovým experimentom sa často spája aj interferencia vlnení preto je potrebné zdefinovať si tento pojem.

Interferencia

Interferencia alebo interferenčný jav je vo fyzike skladanie niekoľkých koherentných vlnení rovnakého druhu do jedného výsledného vlnenia. Ak sú dve vlnenia rovnakého druhu a v každom bode je rozdiel ich fáz konštantný (nemenný v čase), hovoríme, že tieto vlnenia sú koherentné. Interferencia môže nastať, ak dve alebo viac vlnení toho istého druhu prechádzajú tým istým prostredím v tom istom čase. V miestach, kde sa vlnenia prekrývajú, sa môžu vzájomne ovplyvňovať (zosilňovať, zoslabovať) a zároveň postupujú ďalej, ako by sa širili samostatne [5,6].

Tento experiment pozostáva z koherentného zdroja svetla, ako napríklad laserový lúč, ktorý osvetľuje tienidlo. Z tenkého tienidla, na ktorom sa nachádzajú dve rovnobežné štrbiny, ktorých veľkosť a vzdialenosť je porovnateľná s vlnovou dĺžkou svetla. Cez tieto štrbiny bude prechádza svetlo z koherentného zdroja svetla. Za tienidlom sa bude nachádzať fotografická platňa, na ktorú budú dopadať častice svetla (fotóny), pomocou ktorých sa na nej vytvorí interferenčný obrazec.

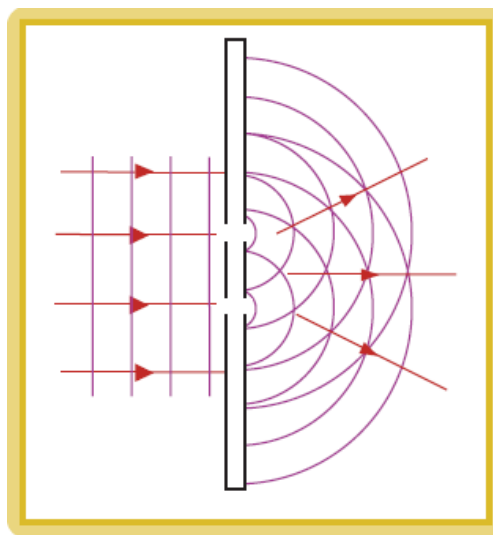
Vlnová povaha svetla spôsobuje, že vlnoplochy prechádzajúce cez dané štrbiny, interferujú a vytvárajú striedajúce sa svetlé a tmavé pásy na fotografickej platni. Tieto

striedajúce sa svetlé a tmavé pásy na fotografickej platni nazývame interferenčným obrazcom. Takýto výsledok by však nebol možný, ak by svetlo pozostávalo len z klasických častíc. Zistilo sa však, že svetlo je vždy absorbované na platni v diskretných bodoch ako jednotlivé častice. Interferenčný obrazec vzniká na základe premenlivej hustoty týchto častíc na rôznych častiach platne.

Ak by však svetlo pozostávalo iba z klasických častíc, tak by sme pri vykonaní tohto experimentu očakávali, že uvidíme obrazec zodpovedajúci veľkosti a tvaru štrbiny. Keď však tento experiment vykonáme, na platni uvidíme difrakčný obrazec, ktorý závisí od šírky štrbiny. Čím je štrbina menšia, tým je uhol šírenia svetla väčší a tým pádom vidíme na platni viac pásov. Difrakcia svetla na štrbine vysvetľuje obrazec na platni ako výsledok interferencie svetelných vln zo štrbiny.

Samozrejme na experiment majú vplyv aj iné faktory. Ako napríklad vlnová dĺžka svetla, ktorá ovplyvňuje šírku pásov, ktoré sa zobrazia na platni. Čím má svetlo väčšiu vlnovú dĺžku, tým sú pásy hrubšie. Taktiež na experiment veľmi výrazne vplýva aj vzdialenosť štrbín, ktorá ovplyvňuje počet pásov, ktoré môžeme na platni vidieť. Čím je vzdialenosť medzi štrbinami väčšia, tým sa na platni nachádza viac pásov.

Šírenie svetla v dvojštrbine



Obrázok 1: Príklad šírenia sa svetla v dvojštrbine prevzaté z [1]

Na obrázku 1 je ukázané, že každým otvorom sa svetlo šíri na všetky strany. Otvory sa správajú ako bodové zdroje svetla. Situácia je podobná šíreniu zvuku otvorenými dverami. Pri svetle však v použití takejto analógie musíme byť opatrní. V skutočnosti sa svetlo šíri tak, ako je to znázornené na obrázku iba vtedy, ak je veľkosť otvoru porovnateľná

s vlnovou dĺžkou svetla. Ak je veľkosť otvoru väčšia, potom sa svetlo šíri takmer iba priamo a za prekážkou vzniká tieň [1].

Všimnime si lúč ktorý ukazuje šikmo nahor. Tento lúč prechádza bodmi, v ktorých sa svetlo z jedného otvoru spolu so svetlom z druhého otvoru vzájomne zosilňujú. Všimnime si, že sa stretávajú oblasti s maximálnou kladnou výchylkou z jedného otvoru s oblasťami s maximálnou kladnou výchylkou z druhého otvoru. Na iných miestach tohto lúča sa stretávajú oblasti s maximálnymi zápornými výchylkami. Takýmto spôsobom sa svetlo v smeroch naznačených na obrázku zosilňuje. V iných oblastiach sa stretávajú maximálne kladne výchylky z jedného otvoru s maximálnymi zápornými výchylkami z druhého otvoru a vlnenia sa vzájomne zoslabujú. Tento jav nazývame už spomenutou interferenciou [1].

Uhly od priameho smeru, v ktorých vzniknú zosilnenia a zoslabenia závisia od vzdialenosti štrbín a tiež od vlnovej dĺžky svetla. Ak na dvojštrbinu necháme dopadať biele svetlo, rozloží sa na spektrum. Jednotlivé zosilnenia v priamom smere budú farebné [1].

2.2.2 Archimedov zákon

V tejto podkapitole čerpáme zo zdroja [8].

Archimedov zákon je fyzikálny zákon z hydrostatiky, ktorý sformuloval grécky matematik Archimedes. Znenie Archimedovho zákona: „*Teleso ponorené do kvapaliny je nadľahčované hydrostatickou vztlakovou silou, ktorej veľkosť sa rovná tiaži kvapaliny s rovnakým objemom, ako je objem ponorenej časti telesa.*“

Vieme, že na teleso pôsobí tiažová sila F_G zvisle nadol a pri ponáraní do kvapaliny aj hydrostatická vztlaková sila F_{vz} zvisle nahor. Výslednicou týchto síl je sila F_v podľa rovnice (1).

$$F_v = F_g + F_{vz} \quad (1)$$

Taktiež vieme, že teleso je nadľahčované silou, ktorá sa rovná:

$$F_{vz} = V\rho g \quad (2)$$

kde V je objem ponorenej časti telesa, ρ je hustota kvapaliny a g je tiažové zrýchlenie. Veľkosť a smer výslednej sily F_v určuje, ako sa bude teleso ponárané do kvapaliny správať. Veľkosť hydrostatickej vztlakovej sily určuje objem ponorenej časti telesa.

Dôsledky Archimedovho zákona:

- Ak je hustota tuhého telesa väčšia ako hustota kvapaliny: Tiažová sila, ktorá pôsobí na teleso je väčšia ako hydrostatická vztlaková sila. Výslednica síl smeruje nadol a teleso klesá na dno. Veľkosť vztlakovej sily sa pritom so zväčšujúcim objemom potopenej časti telesa zväčšuje.
- Ak je hustota tuhého telesa rovnaká ako hustota kvapaliny: Tiažová sila, ktorá pôsobí na teleso je rovnaká ako hydrostatická vztlaková sila. Výslednica síl je vtedy nulová a na teleso nepôsobí žiadna sila. Teleso sa vtedy v kvapaline vznáša, teda nestúpa ani neklesá.
- Ak je hustota tuhého telesa menšia ako hustota kvapaliny: Tiažová sila, ktorá pôsobí na teleso je menšia ako hydrostatická vztlaková sila. Výslednica síl smeruje nahor, čo spôsobuje, že teleso stúpa k voľnej hladine kvapaliny. Veľkosť vztlakovej sily sa pritom so znižujúcim objemom potopenej časti telesa znižuje.
- Zmena veľkosti vztlakovej sily pri ponáraní, alebo vynáraní telesa danej hmotnosti môže viesť k rovnovážnemu stavu, v ktorom platí, že tiažová sila je v rovnováhe so vztlakovou silou, ktorá pôsobí na tú časť telesa, ktorá je ponorená v kvapaline.

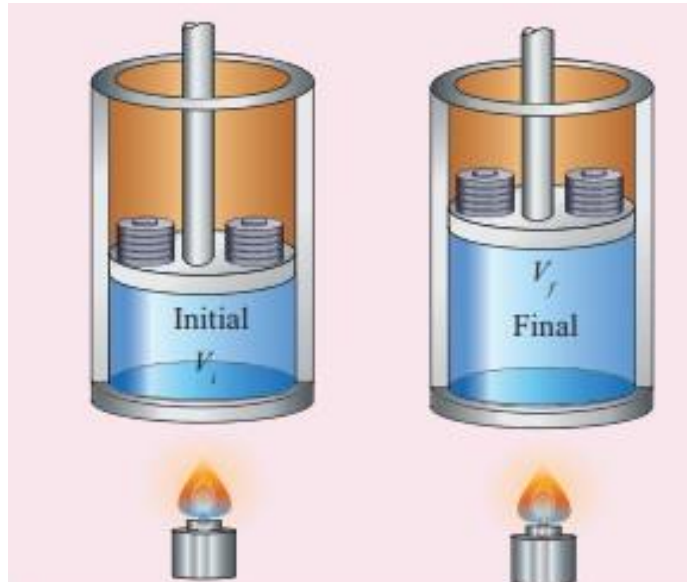
2.2.3 Izobarický dej

Izobarický dej je podľa [8] termodynamický proces, pri ktorom tlak zostáva konštantný. Obvykle sa to dosiahne tak, že sa objem nechá expandovať alebo znižovať takým spôsobom, aby neutralizoval akékoľvek zmeny tlaku, ktoré by boli spôsobené prenosom tepla. Pri zohrievaní sa plyn rozpína a pri ochladzovaní znižuje svoj objem. Pre túto vlastnosť platí tento vzorec.

$$\frac{V}{T} = \text{konstanta} \quad (3)$$

Tento vzorec platí iba pri izobarickom deji. Táto konštanta sa pri zmene plynu nemení, pretože sa vtedy mení tlak. Samozrejme toto platí ak nemeníme objem ani teplotu.

Príklad izobarického deja



Obrázok 2: Izobarický dej prevzaté z [https://www.brainkart.com/article/Isobaric-process_36252/]

Na obrázku 2 máme valec s váženým piestom a zahrievame v ňom plyn. Objem plynu sa zvyšuje v dôsledku zvýšenia energie. Je to v súlade s Charlesovým zákonom: „Objem plynu je úmerný jeho teplote.“ Vážený piest udržuje tlak konštantný. Množstvo práce, ktorú sme vykonali, môžeme vypočítať na základe zmeny objemu plynu a tlaku. Piest sa posúva zmenou objemu plynu, zatiaľ čo tlak zostáva konštantný. Keby bol piest pripevnený a nepohyboval by sa pri zahrievaní plynu, tlak by stúpал skôr ako objem plynu. Nebol by to izobarický proces, pretože tlak by nebol konštantný. Teda by plyn nemohol produkovať prácu, aby vytlačil piest. Ak odstránime zdroj tepla z valca alebo ho umiestnite do mrazničky, aby stratil teplo od okolitého prostredia, objem plynu by sa zmenšil a vážený piest by sa s ním sťahoval, pretože by sa udržiaval konštantný tlak [8].

2.3 Simulácia

Simulácia slúži na napodobňovanie reálnych situácií pomocou počítačov. Cieľom simulácie je čo najbližšie sa priblížiť reálnej situácii a na základe vstupných parametrov skúmať a analyzovať danú situáciu.

V mojej práci sa pokúsim o čo najreálnejšie vizuálne simulácie fyzikálnych javov.

2.4 Podobné práce

Podobné práce robilo zopár študentov aj na našej fakulte. Mne sa páčila práca Lukáša Slováka [9]. Táto práca sa venuje vizualizácii fyzikálnych javov z fyziky mikrosвета.

Je pomerne dobre graficky spracovaná. Používateľské rozhranie pôsobí jednoduchým a intuitívnym dojmom. Výhodou tejto práce je to, že má dva rôzne módy, učiteľský a študentský. V študentskom móde sa nachádzajú okrem vizualizácii aj testy, pomocou ktorých si študenti môžu overiť, čo nové sa naučili. Nevýhodou tejto aplikácie je to, že je naprogramovaná v jazyku Java. Teda pre spustenie danej aplikácie je nutné, mať počítač, na ktorom je nainštalovaná Java.

Ďalšia práca, ktorá stojí za zmienku je práca Mariána Jonisa [10]. Táto práca sa venuje vizualizácii fyziky jadra. Táto práca mala taktiež veľmi pekné grafické spracovanie a intuitívne rozhranie. Veľmi veľkou výhodou tejto práce bolo to, že bola písaná v jazyku Javascript, teda nie je nutné inštalovať žiadne ďalšie programy, pretože aplikáciu môžeme spustiť priamo z webu. Táto práca taktiež obsahuje možnosť testovania študentov. Pričom je možné študentov rozdeliť do rôznych skupín.

Za zmienku tiež stojí práca Mateja Kellnera [11], v ktorej sa venuje elektrickým obvodom. V tejto práci možno nie je až tak veľa vecí na animovanie, no zato je veľmi dobrá čo sa týka odbornosti práce. Jednotlivé schémy elektrických obvodov sú veľmi pekne rozkreslené a je z nich hneď jasné, o čo v danej simulácii ide. Možnosť postaviť vlastný elektrický obvod považujem za veľké plus. Pretože si tu žiaci môžu vyskúšať poskladať konkrétny obvod. Veľmi sa mi páči aj možnosť nápovedy, ktorá žiaka navedie na správnu cestu. Takto, ak žiak spraví nejakú chybu, tak ho nato systém upozorní a dovedie ho k správnejmu výsledku. Veľmi dobrou vecou je aj možnosť vytvoriť si vlastný elektrický obvod a popísať ho. Týmto krokom je aplikácia nadčasová, pretože sa do nej môžu jednoducho pridávať nové veci, tým pádom si každý učiteľ môže vytvoriť vlastný obvod a učiť na ňom to, čo žiaci konkrétne preberajú a nie len vopred preddefinované obvody.

2.5 Existujúce systémy

Na internete je možné nájsť množstvo podobných výučbových aplikácií, ktoré sa venujú učeniu fyziky, ale aj iných predmetov. Každá takáto aplikácia je niečím výnimočná a je určená pre konkrétnu vekovú skupinu. Detailným analyzovaním týchto aplikácií sa môžeme vyvarovať chybám, ktoré sa pri tvorbe softvéru vyskytujú. Taktiež v nich môžeme nájsť inšpiráciu, čo sa týka použitých technológií alebo didaktických metód.

2.5.1 walter-fendt.de

Na tejto stránke [12] sa nachádza množstvo rôznych fyzikálnych experimentov. V nasledujúcej stati sa budem venovať dvom z nich.

2.5.1.1 Archimedov zákon

Na tejto stránke [12] môžeme vidieť príklad aplikácie, ktorá sa orientuje na Archimedov zákon. Ide o desktopovú aplikáciu naprogramovanú v Javascripte. V tejto aplikácii si môžeme vyskúšať ako funguje Archimedov zákon. Je tu možné ponárať teleso rôznej výšky, šírky a s rôznou hustotou do kvapaliny a sledovať, ako sa pritom menia sily.

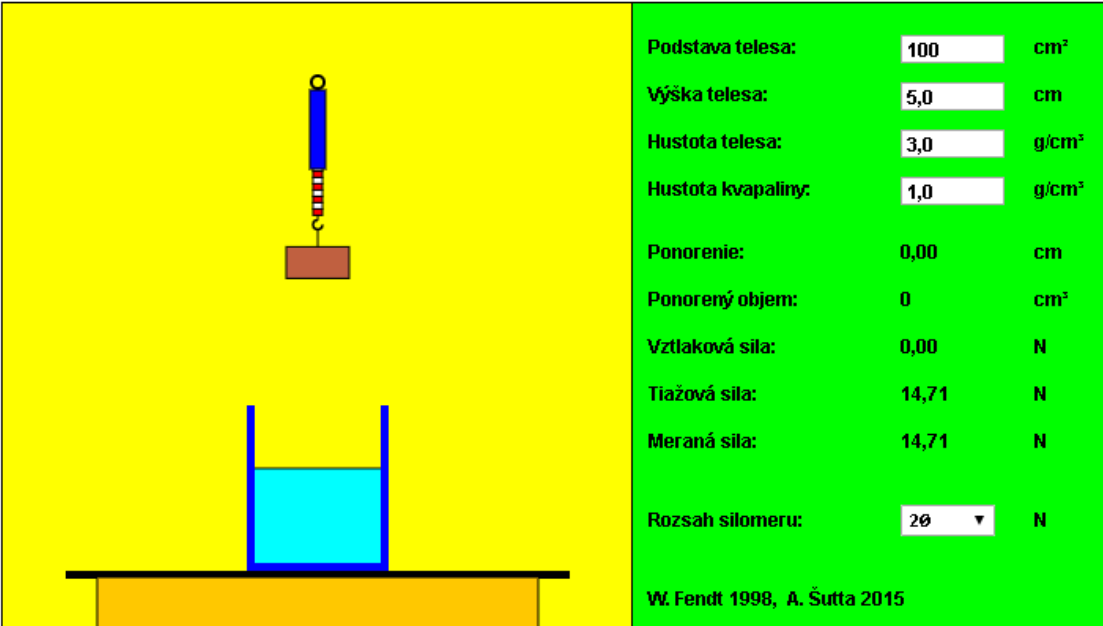
Čo sa týka vecí, ktorými sa môžeme v tejto aplikácii inšpirovať, je určite rozmiestnenie. Teda to, že experiment, ktorý prebieha, sa nachádza na jednej polovici obrazovky a všetky premenné a hodnoty sa nachádzajú v prehľadnej tabuľke na pravej strane. To umožňuje používateľovi jednoducho sledovať meniace sa parametre počas behu aplikácie.

Táto aplikácia nás taktiež učí tomu, čomu by sme sa mali vyhnúť pri tvorbe našej práce.

- Veľkou nevýhodou tejto aplikácie je najmä jej statickosť. Je smutné, že sa v nej nič nehýbe a nedochádza k žiadnej animácii. Všetko je postavené na používateľovi, ktorý si musí nastaviť všetky hodnoty tak, aby videl nejaký výsledok. Tento aspekt používateľa často odradí a to znamená, že nebude mať ďalej chuť učiť sa. V našej aplikácii sa budeme, preto usilovať o to, aby výsledok nebol len statický, ale najmä dynamický.

- Ďalej je to dizajn, ten kazí dojem celkovej aplikácie už na prvý pohľad. Tu vidíme princíp, že nie vždy všetko čo je farebné, je aj pekné. Preto v našej aplikácii použijeme o niečo menej farieb, aby nevyvolávali v žiakovi zlý pocit, už len pri otvorení aplikácie.
- Medzi jednu z nevýhod patrí aj to, že v experimente si nemôžeme zvoliť konkrétne teleso a konkrétnu kvapalinu. Síce môžeme nastaviť hustotu telesa aj vody, no žiaci nepoznajú konkrétne hustoty telies a kvapalín. Tým pádom sa žiaci nemajú ako dozvedieť, ako sa správajú konkrétne telesá v konkrétnych kvapalinách. Z toho dôvodu použijeme v našej aplikácii konkrétne telesá a kvapaliny s konkrétnou hustotou.
- Ďalšou vecou, ktorá kazí celkový dojem sú textové polia. Vždy, keď chce používateľ niečo zmeniť v experimente, musí stále zadávať hodnotu do textového poľa. Pritom ani nevie, aké minimálne, a aké maximálne hodnoty môže zadať. Tento princíp tak trochu odrádza používateľa od chuti experimentovať a učiť sa nové veci. Preto sme sa rozhodli použiť v našej aplikácii slidere, ktoré sú omnoho intuitívnejšie, ľahko sa používajú a sú používateľsky prívetivejšie.

Po celkovom zhodnotení tejto aplikácie usudzujem, že nám má čo ponúknuť pri tvorbe našej aplikácie, je to skvelý príklad toho, čomu by sme pri tvorbe našej aplikácie mali vyhnúť a načo si dať pozor.



Podstava telesa:	<input type="text" value="100"/>	cm ²
Výška telesa:	<input type="text" value="5,0"/>	cm
Hustota telesa:	<input type="text" value="3,0"/>	g/cm ³
Hustota kvapaliny:	<input type="text" value="1,0"/>	g/cm ³
Ponorenie:	<input type="text" value="0,00"/>	cm
Ponorený objem:	<input type="text" value="0"/>	cm ³
Vztlaková sila:	<input type="text" value="0,00"/>	N
Tiažová sila:	<input type="text" value="14,71"/>	N
Meraná sila:	<input type="text" value="14,71"/>	N
Rozsah silomeru:	<input type="text" value="20"/>	N

W. Fendt 1998, A. Šutta 2015

Obrázok 3: Ukážka Archimedovho zákona zo stránky walter-fendt.de prevzaté z [13]

2.5.1.2 Ohyb svetla na dvojštrbine

Na tejto aplikácii je znázornené, ako sa šíri svetlo v dvojštrbine. Opäť ide o desktopovú aplikáciu, ktorá je naprogramovaná v Javascripte.

Jednou z vecí, ktorá sa mi páči je, že na rozdiel od predchádzajúcej aplikácie tu je použitý slider, ktorým sa mení vlnová dĺžka. So zmenou vlnovej dĺžky sa mení farba lúča, ktorý dopadá na dvojštrbinu a ďalej sa za ňou šíri. Ďalej je tu možné nastaviť vzdialenosť štrbín, vďaka čomu je za tienidlom viac lúčov svetla. Okrem toho je možné nastaviť aj uhol, pod ktorým dopadajú lúče na tienidlo.

Z tejto aplikácie si môžeme zobrať princíp menenia farby na základe vlnovej dĺžky na slideri. Dizajn aplikácie nie je zlý. Dobre vyniká podstata toho, čo má daná aplikácia znázorňovať.

Čo sa týka negatív tejto aplikácie, tak za prvé negatívum považujem to, že sa text prekrýva cez seba, čo robí mnohé veličiny nečitateľné. Ďalej je to statickosť aplikácie. Nič sa v nej nehýbe. Jediné zmeny, ktoré možno zbadat' sa dejú iba pri posúvaní sliderom. Možnosť animácie by aplikáciu urobila jednoznačne zaujímavejšou. Malým, no podstatným detailom je aj to, že lúč nevychádza zo žiadneho zdroja svetla. Inak povedané lúč vychádza z okraja obrazovky. Toto jednoznačne chceme v našej aplikácii vylepšiť a pridať zdroj svetla. Aby bolo jasné odkiaľ sa svetlo šíri.

2.5.2 phet.colorado.edu

Na tejto stránke [13] sa nachádza množstvo fyzikálnych experimentov. No opäť si vyberieme Archimedov zákon.

Čo sa týka tejto aplikácie, tak má naozaj veľmi kvalitnú dizajnovú, ale aj obsahovú stránku. Do kvapaliny sa dajú telesa nie len ponárať, ale dá sa simulovať aj ich pád z väčšej výšky. Čo považujem za veľké plus a inšpiráciu použiť to aj v našom projekte. Ďalej tu je možné ponárať do vody rôzne typy telies, s rôznymi rozmermi, čo žiakom odovzdáva vedomosti o tom, ako sa konkrétne telesá správajú v konkrétnej kvapaline. Veľmi pekná je myšlienka zobrazenia vektorov jednotlivých síl, ktoré pôsobia na teleso. Taktiež sa mi páči myšlienka zmeny rozmerov telesa pomocou sliderov. Za zaujímavé rovnako pokladám to, že v jeden moment môžeme pracovať s viacerými telesami súčasne

a môžeme ich pokladať na seba a pozorovať čo sa stane. Pri tejto aplikácii môžeme čerpať nápady, ktoré by sme mohli zahrnúť do našej aplikácie. Aplikácia je veľmi dobre spracovaná. Má intuitívne používateľské rozhranie a človek v nej môže s radosťou experimentovať a prichádzať tak na nové vedomosti. Jediné, čo by som mohol vytknúť je to, že sa tu dajú meniť len dve kvapaliny a to olej a voda, čo je trochu škoda. Čo sa týka tlačidiel na prepínanie medzi zobrazením síl, resetovaním aplikácie a zmenou kvapaliny, bolo by vhodné, ak by boli pohromade na jednom mieste a nie roztrúsené po celej obrazovke.



Obrázok 4: Ukážka Archimedovho zákona zo stránky phet.colorado.edu prevzaté z [14]

2.6 Programovacie jazyky a technológie

V práci používame štandardné technológie HTML5, CSS, PHP a Javascript [14]. Tieto technológie sme si vybrali z toho dôvodu, aby bola aplikácia dostupná pre čo najväčší počet zariadení. Preto bolo pre mňa nutnosťou naučiť sa pracovať s jazykom Javascript. Tento jazyk bol pre mňa novinkou, keďže som s ním predtým nemal žiadnu skúsenosť.

3.Špecifikácia

Cieľom mojej bakalárskej práce je vytvoriť výučbovú aplikáciu pre stredoškóľakov, ktorá vysvetľuje jednotlivé fyzikálne javy, objasňuje závislosti jednotlivých veličín od ktorých sa odvíja konkrétny jav. Aplikácia bude simulovať fyzikálne javy, ktoré budú obsahovať rozličné parametre. Tieto parametre budú môcť žiaci meniť. Aplikácia bude mať jednoduché intuitívne rozhranie a bude dostatočne interaktívna, aby nebolo pre žiakov stredných škôľ ťažké ovládať túto aplikáciu.

3.1 Všeobecná špecifikácia

Aplikácia bude pozostávať z troch simulácií a to Dvojštrbinový experiment, Archimedov zákon, Izobarický dej. Každá simulácia bude niečím špecifická, pretože sa jedná o veľmi rozličné simulácie. Dôležité je, aby sa medzi jednotlivými simuláciami dalo ľahko prepínať. V každej simulácii bude možné meniť jednotlivé parametre, na základe ktorých bude záležať výsledný efekt. Každú simuláciu bude možno kedykoľvek v jej priebehu pozastaviť, prípadne vypnúť a spustiť znovu. Aplikácia sa bude dať spúšťať v klasickom webovom prehliadači, aby bolo možné aplikáciu spustiť na čo najväčšom počte zariadení, bez nutnosti inštalácie nejakých ďalších programov.

Vo vrchnej časti okna prehliadača sa bude dať prepínať medzi jednotlivými simuláciami. V pravej časti okna bude tabuľka, ktorá bude obsahovať všetky potrebné informácie o danej simulácii. Taktiež bude obsahovať parametre, ktoré bude môcť žiak meniť. Tabuľka bude obsahovať odkaz na vytlačiteľnú verziu stránky, ktorá bude slúžiť ako záznam s experimentu. Ďalej bude tabuľka obsahovať aj tlačidlo výzva, na ktoré keď žiak klikne, tak sa zobrazí formulár s otázkami. Po vyplnení formulára, sa žiak dozvie, na ktoré otázky odpovedal správne. Následne sa mu zobrazí na konci vyhodnotenia ďalšie tlačidlo, kde sú ešte ďalšie otázky ohľadom konkrétneho experimentu. V ľavej časti okna sa budú nachádzať tlačidlá na spustenie a zastavenie simulácie. Zvyšok okna prehliadača bude pozostávať s konkrétnej simulácie.

V prípade, ak by sme nechceli, aby sa študenti pri preberaní určitej problematiky nepreklikávali na experimenty, ktoré nesúvisia s daným učivom. Teda napríklad: Preberáme Archimedov zákon, no študenti si miesto experimentu Archimedovho zákona

spúšťajú experiment izobarického deja. Tak sme sa rozhodli do našej aplikácie pridať parameter menu=off. Tento parameter zakazuje v aplikácii menu, teda nebude možné sa prekliknúť na iný experiment.

Príklad linky bez menu:

<https://kempelen.dai.fmph.uniba.sk/fyz/IzobarickyDej/index.html?menu=off>

3.2 Archimedov zákon

Princíp Archimedovo zákona je veľmi jednoduchý. Ide o to, že ponoríme teleso do kvapaliny a potom budeme pozorovať, ako sa dané teleso bude správať či sa vynorí, padne na dno alebo sa ustáli. V počiatočnom stave budeme mať teleso určitej veľkosti a kadičku s vodou. Pomocou slidera budeme môcť meniť výšku a šírku telesa. Taktiež bude možné meniť aj typ telesa na železo, olovo, meď, ľahké drevo, dubové drevo, gumu. Samozrejme bude sa dať meniť aj typ kvapaliny na vodu, olej, morskú vodu, etanol, peroxid vodíka, naftu, ropu. Teleso sa bude ponárať do vody za pomoci slidera, čím ho budeme môcť ponoriť pod vodu úplne alebo len čiastkovo. V pravej časti aplikácie sa bude zobrazovať výška telesa, šírka telesa, objem telesa, ponorený objem telesa, hustota kvapaliny, hustota telesa, tiažová sila, vztlaková sila a výslednica týchto dvoch síl. V ľavej časti sa budú zase nachádzať tlačidlá na spustenie a zastavenie priebehu simulácie. Na telese sa budú zobrazovať vektory síl pôsobiacich na teleso.

Pri ponáraní telesa, sa nám budú automaticky meniť údaje ohľadne ponoreného objemu a síl vplývajúcich na teleso na základe rovníc (1), (2) v stati 2.2.2. Akonáhle spustíme simuláciu, teleso sa začne pohybovať podľa toho, aká bude jeho počiatočná poloha. Ak bude teleso vo vzduchu, tak bude padať do kvapaliny. Pri tom, ako bude padať, sa bude meniť aj jeho rýchlosť v závislosti od zrýchlenia. Akonáhle teleso dopadne do kvapaliny, tak na základe tiažovej a vztlakovej sily, ktoré naň pôsobia, sa teleso, buď vynorí na povrch, klesne na dno alebo sa ustáli. V prípade, že simuláciu spustíme vtedy, keď bude teleso v kvapaline tak sa budú opäť diať vyššie spomenuté veci, na základe veľkosti tiažovej a vztlakovej sily. Pri ponorení a vynorení telesa z kvapaliny, sa budú meniť aj vektory síl pôsobiacich na teleso spolu s výškou kvapaliny v nádobe. V prípade zmeny kvapaliny alebo telesa sa zase zmení farba kvapaliny, telesa.

3.3 Izobarický dej

Pri izobarickom deji sa mení objem pri zmene teploty, kde tlak zostáva konštantný podľa rovnice. (3) v stati 2.2.3. V strede našej aplikácie sa bude nachádzať valec, v ktorom bude plyn uzavretý piestom. Počas behu simulácie a zväčšovaní objemu plynu sa piest bude pomaly dvíhať smerom hore. Taktiež sa pri spustení aplikácie zobrazí graf, v ktorom sa na osi x bude zobrazovať teplota v stupňoch Celzia a na osi y sa bude nachádzať objem v metroch kubických. Simulácia začne v počiatočnom stave, v ktorom budeme mať nastavené hodnoty počiatočného objemu, teploty a tlaku, zároveň budeme mať vybraný nejaký plyn. V pravej časti aplikácie budú umiestnené slidere pomocou, ktorých bude možné meniť počiatočnú teplotu, počiatočný objem a počiatočný tlak. Samozrejme bude možné meniť aj plyn, ktorý sa nachádza v nádobe. Taktiež by sa tu mala počas behu simulácie zobrazovať aktuálna teplota a aktuálny objem plynu. V ľavej časti aplikácie sa budú nachádzať tlačidlá na spustenie, pozastavenie, zastavenie experimentu a tlačidlá na vyčistenie a extrapoláciu grafu.

Pri zmene objemu na slideri sa bude meniť aj objem vo valci, pričom by malo byť viditeľné, ako sa piest dvíha smerom hore. Okrem toho by sa mal meniť aj tlak v nádobe, kde bude platiť nasledujúca podmienka. Čím väčší je objem plynu v nádobe, tým menší je tlak. Na veľkosť tlaku má vplyv aj počiatočná teplota, kde platí vzťah čím väčšia je počiatočná teplota, tým väčší je tlak. Tlak sa mení preto, lebo látkové množstvo plynu v experimente je pevne určené a nemenné. Pri kliknutí na tlačidlo *play* sa spustí simulácia. To spôsobí to, že sa teplota bude pomaly zvyšovať a na základe toho sa bude meniť aj objem plynu, ktorý bude vytláčať piest smerom hore. Na grafe sa začne kresliť priamka v závislosti od objemu a teploty. Simuláciu budeme môcť kedykoľvek v jej priebehu pozastaviť a pozrieť sa na namerané dáta v grafe. Graf sa bude dať zzoomovať, aby sme si mohli pozrieť dáta, ktoré sú pre nás zaujímavé. Pokiaľ klikneme na tlačidlo *stop* simulácia sa zastaví. V tomto momente budeme vidieť na grafe priamku, ktorá sa vykreslila v priebehu predchádzajúcej simulácie. Ak budeme chcieť, môžeme v tejto fáze graf vyčistiť a začať novú simuláciu s novými počiatočnými hodnotami. V prípade, že začneme ďalšiu simuláciu a graf nevyčistíme, tak na grafe sa budú zobrazovať priamky z predchádzajúcich simulácií zároveň s priamkou, ktorá sa bude kresliť v práve prebiehajúcej simulácii. Týmto spôsobom budeme môcť analyzovať dáta a porovnávať ich s predchádzajúcimi experimentmi. Žiaci vďaka tomu budú môcť na grafe vidieť priamky

plynov pri rôznych počiatkových podmienkach. Vo fáze, kedy bude simulácia ukončená, bude možné urobiť na grafe extrapoláciu – predĺžiť priamky na grafe do mínusových hodnôt a zistiť tak kde pretínajú os x.

3.4 Dvojštrbinový experiment

Princíp dvojštrbinového experimentu je veľmi jednoduchý. Ide o to, že sa svetlo šíri zo zdroja vo forme vln a dopadá na tenké tienidlo, v ktorom sú dve štrbiny. Cez tieto štrbiny sa šíri ďalej na fotografickú platňu, kde vytvára interferenčné obrazce. V počiatkovom stave budeme mať nastavené parametre vlnová dĺžka, šírka štrbín a vzdialenosť štrbín na určité hodnoty. Všetky tri parametre budú nastaviteľne pomocou sliderov, ktoré sa budú nachádzať v pravej časti aplikácie. V ľavej časti aplikácie sa budú nachádzať tlačidlá na spustenie a zastavenie simulácie.

Pri zmene vlnovej dĺžky budeme môcť pozorovať zmenu farby vln a zmenu rozostupov medzi jednotlivými vlnami. Platí tu podmienka, že čím je vlnová dĺžka väčšia, tým sú rozostupy medzi vlnami väčšie. V prípade menenia parametra šírka štrbín, uvidíme na obrazovke ako sa jednotlivé štrbiny zväčšujú. Taktiež pri zmene vzdialenosti štrbín budeme vidieť, že štrbiny sú od seba viac vzdialené. Simuláciu spustíme kliknutím na tlačidlo *play*. V momente ako spustíme simuláciu, sa začnú jednotlivé vlnoplochy pohybovať. Ich pohyb sa bude dať upravovať pomocou slidera *rýchlosť simulácie*. Najskôr uvidíme ako sa vlnoplochy rovnomerne šíria k tienidlu. Za tienidlom sa vlnoplochy budú šíriť, podľa toho, ako veľmi sú štrbiny od seba vzdialené. Následne, keď sa vlnoplochy dostanú k fotografickej platni, tak budeme sledovať, ako sa na platni začnú zobrazovať body svetla – fotóny. Jednotlivé fotóny sa budú zobrazovať na platni podľa jednotlivých parametrov ovplyvňujúcich experiment. Po určitom čase, keď na platňu dopadne väčšie množstvo fotónov, bude možné vidieť, ako sa na platni vytvoril interferenčný obrazec.

4.Návrh

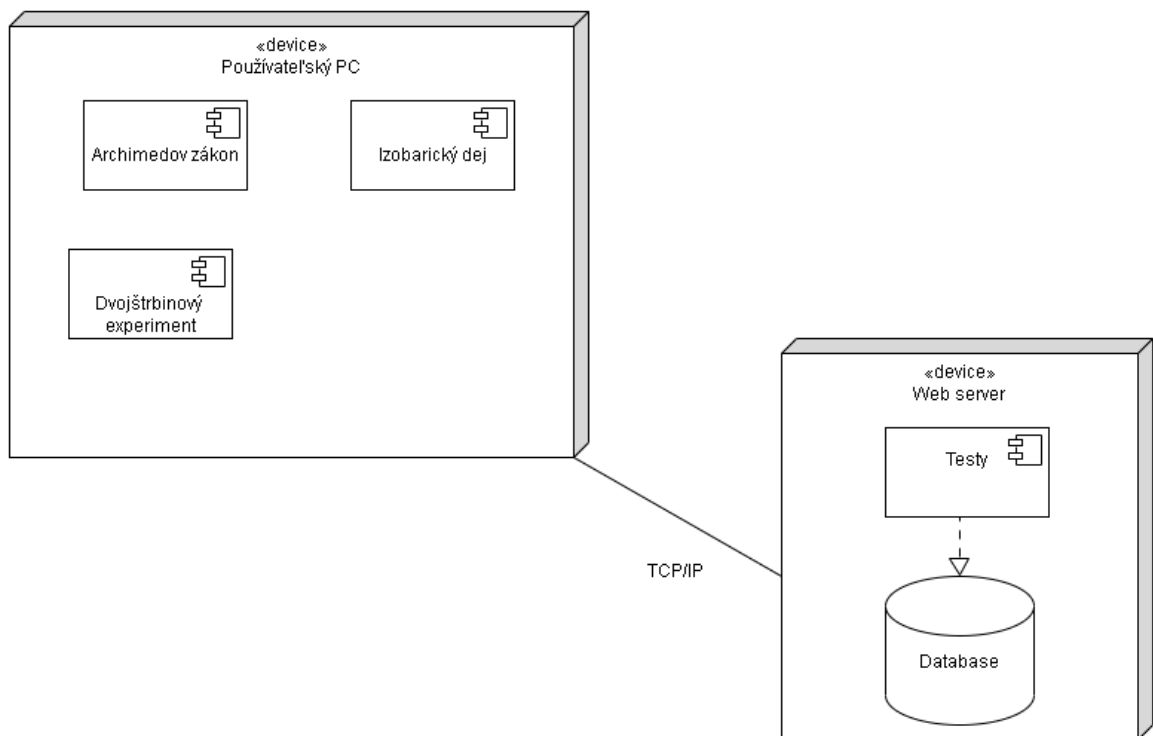
V tejto kapitole bude podrobne opísaný návrh tejto aplikácie, použité technológie a popis jednotlivých komponentov aplikácie.

4.1 Zvolené technológie

Rozhodli sme sa, aby daná aplikácia bola webová a to z dôvodu kompatibility na iných zariadeniach. Týmto riešením bude môcť byť naša aplikácia spustiteľná na väčšine zariadení, bez nutnosti inštalácie nadbytočného softvéru. Tomuto rozhodnutiu samozrejme musíme prispôbiť použitie nasledujúcich technológií na tvorbu webu, ako sú programovacie jazyky PHP a HTML . Dizajn v tejto aplikácii bude riešený pomocou CSS. Samotné simulácie budú vytvárané za pomoci programovacieho jazyka Javascript.

4.2 Rozdelenie komponentov

Aplikácia bude pozostávať z troch hlavných komponentov. Každý komponent bude jedinečná simulácia.



Obrázok 5: Deployment diagram

4.3 Komponent Archimedov zákon

Komponent Archimedov zákon bude zahŕňať všetky animácie týkajúce sa Archimedovho zákona. K tomuto komponentu patria dva súbory a to index.html a moj.js.

Na začiatku vidíme na ploche kváder na pozícii úplne hore. Ďalej vidíme kadičku s vodou v strede a na pravej strane tabuľku z informáciami. V tabuľke s informáciami sa dá meniť veľkosť kvádra a to tak, že pohneme myšou na slideri a následne sa mení jeho veľkosť, čo môžeme vidieť aj na tom, že sa nemení len vizuálne, ale v tabuľke sa mení jeho objem spolu s rozmerom, ktorý meníme. Pri ponáraní telesa pomocou slidera s názvom poloha telesa sa mení vztlaková sila na základe množstva ponoreného objemu a hustoty kvapaliny. Čím je ponorená väčšia časť telesa, tým je vztlaková sila väčšia. Ak je množstvo ponoreného objemu nulové, tak potom je aj vztlaková sila nulová. Tiažová sila, ktorá pôsobí na teleso, sa mení len pri zmene rozmerov telesa a pri zmene hustoty telesa, inak je po celý čas vykonávania simulácie rovnaká. Na telese sa zobrazujú vektory tiažovej a vztlakovej sily. Tie sa menia spolu so zmenou tiažovej a vztlakovej sily. Pri zmene typu telesa alebo typu kvapaliny, sa okrem farby zmení aj hustota. Pri spustení simulácie teleso padá do vody a zrýchľuje. Zrýchlenie počítame podľa vzorca

$$a = \frac{F_g - F_{vz} - F_{ovz} - F_{ovo}}{V * \rho} \quad (4)$$

Kde F_g je tiažová sila, F_{vz} je vztlaková sila, F_{ovz} je odpor vzduchu a F_{ovo} je odpor vody. V je objem telesa a ρ je hustota telesa.

Odpor vody pôsobí iba na tú časť telesa, ktorá sa nachádza pod vodou a odpor vzduchu zasa pôsobí na časť telesa, ktorá sa nachádza nad vodou. Odporové sily pôsobia proti pohybu telesa, preto pôsobia v opačnom smere ako rýchlosť, teda keď rýchlosť je menšia ako nula zmení sa znamienko odporových síl vo vzorci na plus. Vďaka použitiu odporových síl v simulácii vidíme, ako sa pri dotyku telesa s kvapalinou mení jeho rýchlosť a ako v kvapaline na teleso pôsobí brzdná sila. V prípade, že do kvapaliny spustíme teleso z určitej výšky, ktoré je ľahšie ako hustota kvapaliny, nastane jav, kedy sa teleso bude hompáľať, až kým sa postupne neustáli. Najskôr bude podľa vyššie uvedeného vzorca teleso zrýchľovať. Padne do kvapaliny, kde naň bude pôsobiť vztlaková sila spolu s odporom vody. Následne rýchlosť prejde do mínusových hodnôt a teleso sa začne

vynárať. Potom začne znova padať do kvapaliny. Tento jav sa bude pár krát opakovať pričom zrýchlenie telesa bude čoraz menšie. Tým pádom bude menšia aj jeho rýchlosť a tak sa teleso zastaví a dostane sa do rovnovážneho stavu.

Vďaka zahrnutiu odporových síl vo vzorci môže v simulácii nastať jav, kedy teleso nezrýchľuje, ale padá konštantnou rýchlosťou. Keď k tomuto javu dôjde, tak potom túto rýchlosť nazývame terminál velocity, pretože teleso už nie je schopné zrýchliť na väčšiu hodnotu ako je táto. Napríklad ak je teleso ponorené do vody, nastane tento jav práve vtedy, ak sa súčet odporových síl a vztlakovej sily rovná tiažovej sile. Potom je celková sila pôsobiaca na teleso nulová a tým pádom je aj zrýchlenie telesa nulové a však teleso môže mať rýchlosť, ktorá bude väčšia ako nula. V tomto prípade nastane terminál velocity a teleso bude padať na dno konštantnou rýchlosťou. V momente, keď sa teleso dotkne dna, tak sa simulácia zastaví a rýchlosť spolu so zrýchlením sa nastaví na nulu. To isté sa stane v prípade, že simuláciu zastavíme kliknutím na tlačidlo stop.

4.4 Komponent Izobarický dej

Komponent Izobarický dej bude zahŕňať všetky animácie spojené s izobarickým dejom. Kód tohto komponentu pozostáva z dvoch súborov. Jedného html súboru z názvom *index.html* a jedného súboru typu Javascript s názvom *moj.js*.

Na začiatku simulácie vidíme valec, v ktorom sa nachádza plyn. Pod ním sa nachádza plameň, ktorý symbolizuje zdroj tepla. Vedľa valca vľavo vidíme graf a vpravo tabuľku s informáciami. V tabuľke môžeme pomocou sliderov meniť počiatkové nastavenia simulácie. Pri zmene počiatkového objemu, sa automaticky mení aj tlak plynu a to na základe vzorca:

$$p = \frac{T \cdot R \cdot n}{V} \quad (5)$$

Kde **p** je tlak v pascaloch, **T** je teplota v kelvinoch, **R** je univerzálna plynová konštanta, **n** je látkové množstvo plynu a **V** je objem plynu v metroch kubických.

Pri každej zmene tlaku musíme premieňať jednotky na základné jednotky, aby nedošlo k nepresnosti. Pretože objem plynu, ktorý sa nachádza v nádobe, je meraný v decimetroch kubických a teplota je meraná v stupňoch Celzia. Teda je nutné premeniť metre na decimetre a stupne Celzia na kelviny. Tieto zmeny tlaku sa môžu diať len pred

začatím simulácie. Potom už tlak zostáva konštantný po celú dobu trvania simulácie. Taktiež platí, že tlak ovplyvňuje aj počiatočná teplota, na základe toho istého vzorca spomenutého vyššie. Tlak plynu je teda ovplyvnený dvoma veličinami, pričom platí, že tlak je najväčší práve vtedy, keď je najvyššia počiatočná teplota a počiatočný objem je najnižší. Pri zmene tlaku sa vždy najprv mení počiatočná teplota dovtedy, pokým nedosiahne maximum alebo minimum. Potom, pokiaľ by teplota mala klesnúť pod stanovené minimum, sa už bude meniť počiatočný objem. V tabuľke je možné nastaviť aj plyn pre, ktorý chceme robiť danú simuláciu. Pri zmene plynu sa zmení látkové množstvo plynu n a vďaka tomu sa zmení aj maximálne a minimálne nastaviteľný tlak na slideri. Maximum a minimum tlaku, pre konkrétny plyn, sa prepočíta na základe maximálnych a minimálnych hodnôt na slideroch počiatočného objemu, počiatočnej teploty a na základe látkového množstva plynu.

Pri spustení simulácie sa vypočíta konštanta, na základe ktorej sa bude potom počítať nový objem plynu, ktorý sa zmení vďaka zvýšeniu teploty plynu. Táto konštanta sa vypočíta len na začiatku a to z počiatočných hodnôt objemu a teploty. Konštanta sa v priebehu experimentu nemení. Keď sa zvýši objem plynu, tak sa piest posunie smerom hore. Toto sa vykonáva na základe rozdielu výšok objemu pred zvýšením teploty a po zvýšení teploty. V momente, keď sa spustí simulácia teplota plynu sa začne zvyšovať. Taktiež sa začne na grafe kresliť priamka v závislosti od teploty a objemu plynu. V momente, keď sa simulácia skončí, teda nastane situácia, kedy bude objem plynu vo valci maximálny alebo simuláciu ukončíme kliknutím na tlačidlo *stop*. Bude možné graf resetovať. To znamená, že sa zavolá príkaz na prekreslenie grafu. V tejto fáze možno urobiť na grafe aj extrapoláciu. Tá sa urobí tak, že pri každej simulácii si do poľa ukladáme počiatočné hodnoty teploty a objemu spolu s konštantou. Následne vyberieme tieto hodnoty a predĺžime priamku danej simulácie do bodu, kde priamka pretína os x . Tým pádom sa na grafe zobrazia predĺžené priamky pôvodných simulácií.

4.5 Komponent Dvojštrbinový experiment

Komponent Dvojštrbinový experiment bude obsahovať všetky animácie týkajúce sa dvojštrbinového experimentu. Kód tohto komponentu pozostáva z dvoch súborov *index.html* a *moj.js*.

Na začiatku simulácie vidíme tienidlo s dvomi štrbinami, fotografickú platňu a zdroj svetla, z ktorého sa šíri svetlo v podobe vln. Vpravo sa nachádza tabuľka s parametrami, ktoré je možné meniť. Pri zmene vlnovej dĺžky sa mení aj jej farba, to sa robí tak, že zoberieme číselnú hodnotu vlnovej dĺžky a následne ju podľa určitých pravidiel prevedieme do formátu RGB. Takto nám vznikne farba prislúchajúca konkrétnej hodnote vlnovej dĺžky.

Pri spustení simulácie sa začnú vlnoplochy pohybovať. Dôležitým faktorom pohybu vlnoplôch je parameter rýchlosť simulácie, ktorý ovplyvňuje to, ako rýchlo daná simulácia beží. Inak povedané, ako často sa má volať funkcia frame, ktorá riadi celú simuláciu. Minimálna rýchlosť simulácie je taká, že sa funkcia frame volá každých 90 milisekúnd. Pri maximálnej rýchlosti sa volá funkcia frame každých 20 milisekúnd. Ďalej na pohyb vlnoplôch vplýva aj vzdialenosť štrbín. Tá určuje, ako blízko sú vlnoplochy od seba vzdialené pri ich šírení za tienidlom. Keď sa vlnoplochy dostanú až k fotografickej platni. Na platni sa začnú zobrazovať častice svetla, teda fotóny. Na umiestnenie jednotlivých fotónov na fotografickej platni vplýva tento vzorec pravdepodobnosti.

$$P(\vartheta) = \frac{4\hbar^2 \left[\left(1 + \cos\left(\frac{p_y d}{\hbar}\right) \right) \sin^2\left(\frac{p_y a}{2\hbar}\right) \right]}{\pi a p_y^2} \quad (6)$$

Kde \hbar je redukovaná plánková konštanta, d je vzdialenosť štrbín, a je šírka štrbín a p_y je vertikálna hybnosť častice. Pre upresnenie doplním ešte ďalšie vzorce.

$$p_y = p \sin(\vartheta) \quad (7)$$

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad (8)$$

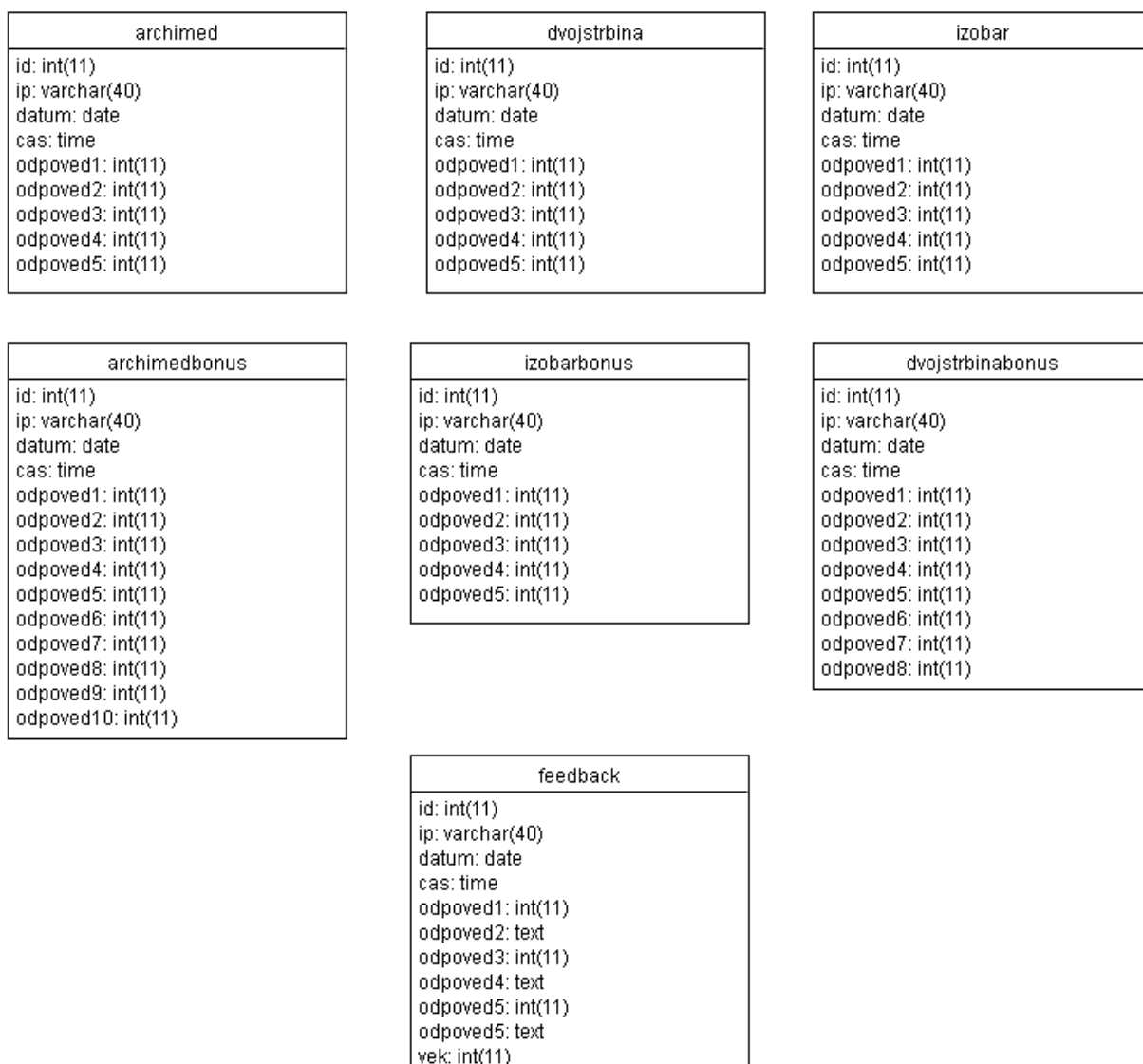
Kde p je hybnosť svetla, h je plánková konštanta a λ je vlnová dĺžka. Tento vzorec pravdepodobnosti nám určí, s akou pravdepodobnosťou častica dopadne na konkrétny bod na platni. Presnejšie povedané, určí nám pravdepodobnosť dopadu častice do konkrétnej výšky. Keďže pravdepodobnosť musí byť rôzna pre rôzne výšky, tak logicky musíme vypočítať viacero pravdepodobností. Tým pádom, každý bod na platni by mal mať svoju vlastnú pravdepodobnosť dopadu častice. Toto nám ovplyvňuje práve parameter p_y , ktorý vo svojom vzorci obsahuje sínus uhla theta. Uhol theta vypočítame pomocou vzorca:

$$\arctg\left(\frac{\Delta y}{L}\right) \quad (9)$$

Vo vzorci je Δy výška, v ktorej častica zasiahne platňu a L je vzdialenosť tienidla od platne. Takto si jednotlivé uhly theta uložíme do poľa. Veľkosť poľa bude rovná počtu bodov, ktoré sa dajú umiestniť jeden vedľa druhého na výšku platne. V našom prípade je to 535. V takomto prípade si vypočítame 535 možných pravdepodobností dopadu fotónu na konkrétne miesto. Všetky tieto pravdepodobnosti si uložíme do poľa a následne budeme generovať súradnicu fotónu na osi y na základe podmienenej pravdepodobnosti. Pole pravdepodobností sa mení iba na začiatku simulácie, keď meníme počiatočné parametre. Pri behu simulácie sa už viac nemení. Súradnicu fotónu na osi x vypočítame na základe rovnomerného rozdelenia pravdepodobnosti a to tak, aby sa nám body generovali rovnomerne pre tú istú výšku, t.j. pre tú istú súradnicu osi y.

4.6 Komponent Testy

Naša aplikácia bude obsahovať ku každej simulácii aj testy. Tieto testy budú vo forme formulárov, ktoré sa používateľovi zobrazia po kliknutí na tlačidlo „Vytlač“. Používateľ bude mať možnosť vyplniť formulár a následne ho odoslať. Po odoslaní sa používateľovi zobrazia otázky a odpovede, na ktoré odpovedal správne. Na konci vyhodnotenia testu bude znázornený počet bodov vo forme správnych odpovedí. Odpovede spolu s IP adresou, dátumom a časom sa uložia do databázy.



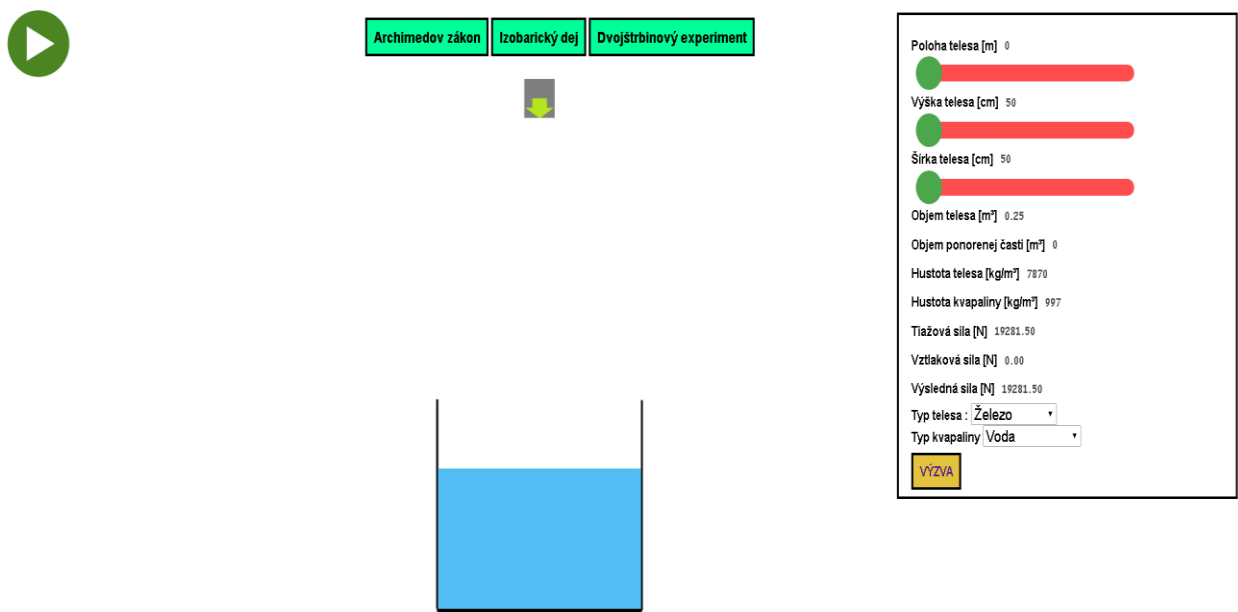
Obrázok 6: Dátový model databázy

5. Implementácia

V tejto kapitole sa budeme venovať tomu, ako sa nám podarilo splniť špecifikáciu a problémom, ktoré sme pri implementácii jednotlivých simulácií museli riešiť. A napokon aj spôsobu riešenia týchto problémov.

5.1 Archimedov zákon

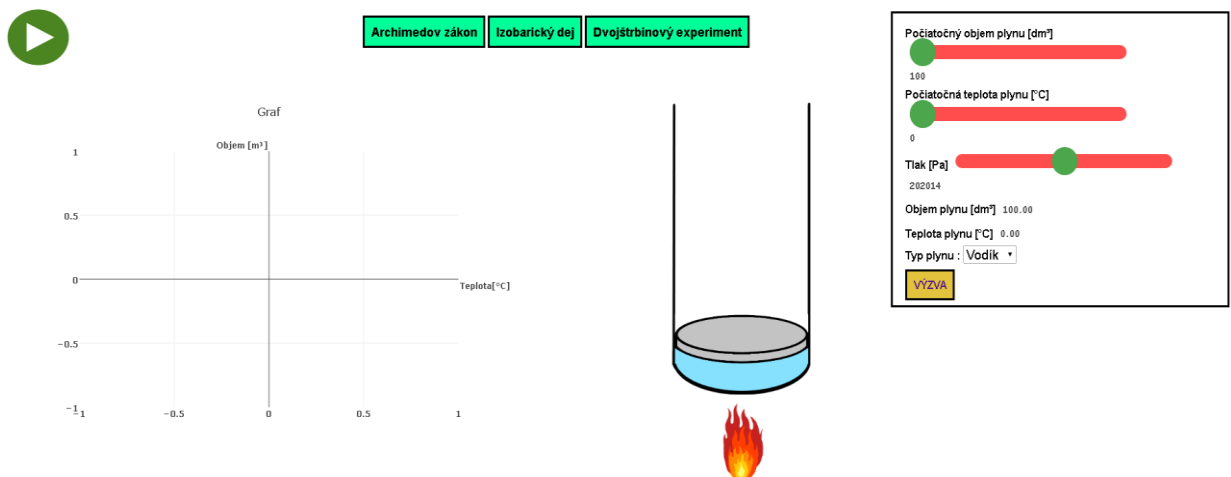
Špecifikáciu tejto simulácie sa nám podarilo splniť tak, ako sme plánovali. Pri tvorbe tejto simulácie sa vyskytol problém, ktorý bol s jednotkami jednotlivých parametrov. Pri dosadzovaní do vzorca sa stalo to, že niektoré parametre neboli prevedené do základných jednotiek. Tým pádom na mieste, kde by malo byť 0,5m bolo miesto toho 50 m a podobne. Po vyriešení tohto problému sa však simulácia správala stále veľmi zvláštne. Tento problém súvisel s rozsahom sliderov, pretože na začiatku sme počítali, že budeme ponárať telesá veľkosti od 50 m do 120 m a púšťať ich z výšky približne 400 m nad vodou. Čo sú dosť nepredstaviteľné rozmery a aj preto sa daná simulácia nesprávala tak, ako by sme čakali. Po úprave rozsahu na menšie a reálnejšie rozmery sa už simulácia správala o čosi lepšie, avšak bolo nutné ešte doladiť stav, kedy sa teleso dotklo kvapaliny. To sme vyriešili pridaním odporových síl pôsobiacich na teleso, čím sa teleso správalo reálnejšie.



Obrázok 7: Ukážka experimentu: Archimedov zákon

5.2 Izobarický dej

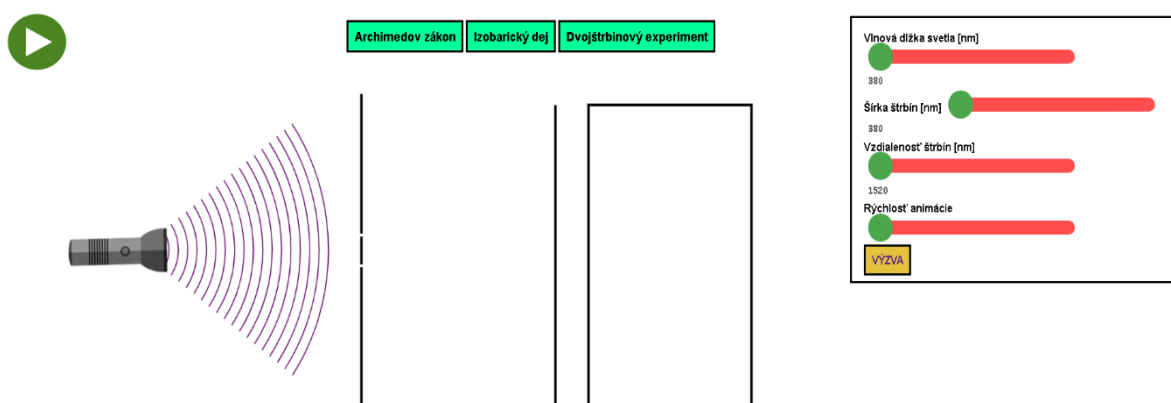
Špecifikáciu izobarického deja sa nám podarilo naplniť úplne. Pri tejto aplikácii sme mali menší problém, čo sa týka vykreslenia grafu, kde bol problém s tým, že graf prekryval ostatné elementy stránky. Okrem tohto problému, sa vyskytol aj problém pri pridávaní ďalšej priamky do grafu. Dialo sa nám to, že pri začatí ďalšieho experimentu, sa síce do grafu pridala ďalšia priamka, avšak vôbec sa to neprejavilo na grafe. V grafe bolo vidieť stále len jednu priamku tej istej farby, ktorej koncový bod predchádzajúceho experimentu sa spojil so začiatočným bodom nového experimentu. Tento problém nás nútil do preštudovania si dokumentácie. Po dôkladnom preštudovaní sme prišli na riešenie, ktoré spočívalo v nastavení ďalších parametrov grafu.



Obrázok 8: Ukážka experimentu Izobarický dej

5.3 Dvojštrbinový experiment

Špecifikáciu dvojštrbinového experimentu sa nám podarilo splniť úplne. V tejto simulácii sme mali problém s tým, že sme nevedeli ako presne sa správa pri nastavení jednotlivých parametrov. Zistili sme že výsledný obrazec, ktorý sa objaví na platni, závisí od viacerých parametrov a nie len od vlnovej dĺžky, šírky štrbín a vzdialenosti medzi štrbinami. Ale aj od výšky platne a vzdialenosti tienidla od platne a mnohých ďalších. Tento problém nás stal veľa času, pretože mnoho krát sme pokladali za nesprávny vzorec, ktorý sme používali a nie parametre, ktoré sme zadávali. V prvom rade bolo nutné si uvedomiť, že parametre, ktoré nastavujeme sa merajú v nanometroch. Čiže ich treba premeniť na metre. Čo sa tohto týka, mysleli sme si, že vzdialenosť a výška platne by mali byť tiež v nanometroch. Po určitom čase sme sa dostali na správnu cestu a miesto nanometrov pri výške platne a vzdialenosti tienidla od platne sme použili metre. No na prekvapenie ani to nespôsobilo, aby výsledný efekt bol taký, aký by sme si priali. Následne sme zistili, že na správny výsledný efekt je nutné správne nastaviť voliteľné parametre. Po dôkladnom skúmaní sme zistili, že celá simulácia dosť podstatne závisí od vlnovej dĺžky, ktorá neovplyvňuje len farbu a vzdialenosť jednotlivých vlnoplôch, ale aj nastavenie zvyšných dvoch parametrov. Tým pádom sme vytvorili medzi nimi závislosť. Takú, aby šírka štrbín bola rovná vlnovej dĺžke a vzdialenosť štrbín sa rovnala štvornásobku vlnovej dĺžky. Takúto závislosť sme implementovali aj do výslednej simulácie. Vďaka tomu vidíme výsledný efekt už na prvý pohľad pri počiatocnom nastavení parametrov.



Obrázok 9: Ukážka experimentu Dvojštrbinový experiment

6. Nasadenie v praxi

6.1 Používanie aplikácie

Nato, aby bolo možné aplikáciu používať, je nutné ju umiestniť na server. V momente, keď bude aplikácia umiestnená na serveri budeme môcť spúšťať jednotlivé simulácie. Avšak nato, aby fungovali aj jednotlivé testy, je nutné mať urobenú databázu. K databáze je potrebné mať prístup, bude v nej treba zmeniť prihlasovacie údaje, ktoré sa nachádzajú v súboroch *uloz.php* a *ulozspat.php*. Okrem toho bude tiež nutné vytvoriť v databáze všetky potrebné tabuľky podľa databázového modelu. Aplikácia je spustiteľná v štandardných webových prehliadačoch.

6.2 Testovanie

Našu aplikáciu sa nám podarilo otestovať. Pre potrebu testovania sme oslovili učiteľov z viacerých škôl: Gymnázium Viliama Paulíniho Tótha v Martine, Gymnázium Alejová v Košiciach, Spojená škola sv. Františka v Bratislave, Gymnázium Janka Francisciho-Rimavského Levoča. Taktiež aj niektorých žiakov priamo z Gymnázia Bilíkova, Bratislava a didaktikov fyziky na FMFI UK, ktorí ďalej šírili našu výzvu na vyskúšanie aplikácie.

Jedna z učiteliek, ktorá videla našu aplikáciu ju zhodnotila nasledovne. *„Oceňujem programátorský efekt, aj dostatočnú grafickú a dynamickú výstižnosť podstaty javov. Ohyb na štrbine pekne znázorňuje smery, v ktorých vznikajú maximá a minimá v postupujúcej vlne. Trochu zavádzajúce, aj keď fyzikálne správne je, že oblasť maxim je znázornená dopadom fotónov a teda sčernaním miesta dopadu na registračnej ploche. Za výrazný nedostatok považujem spôsob vyjadrovania - nefyzikálny, chybné zápisy napr. jednotiek fyzikálnych veličín v grafe... Výzva: formulácie otázok viacero gramatických chýb “* (Jana Ertlová). Taktiež nám dala ešte ďalšie pripomienky ako napríklad: *„...pre označenie osí v grafe: teplota/°C určite nie teplota [°C]. je to zaužívané v učebniciach ZŠ, ale nie je to správne.“* Pripomienky sme do aplikácie zapracovali a opravili tak tým chyby, ktoré sa v nej vyskytli.

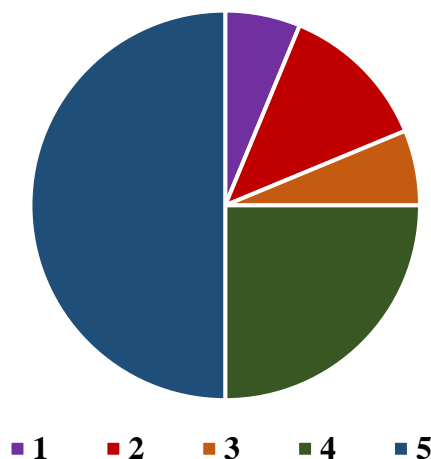
Ďalej sme dostali spätnú väzbu aj od učiteľky z Košíc, ktorá sa vyjadrila nasledovne: *„Páči sa mi to, pekná práca a myslím, že i užitočná...“* Jana Plichtová.

Pozitívne ohlasy od oslovených pedagógov naznačujú, že naša práca nebola zbytočná a aplikácia má šancu byť využitá vo vyučovacom procese.

Pri testovaní sme žiakom dali možnosť vyjadriť sa k našej aplikácii prostredníctvom spätnej väzby, ktorej sa zúčastnilo 16 žiakov. Žiaci odpovedali na nasledujúce otázky.

Nakoľko bolo ovládanie experimentov intuitívne ? (1 – najmenej, 5 – najviac). Ako môžeme vidieť na grafe nižšie. Väčšina žiakov hodnotila ovládanie experimentu dobre. Okrem tejto otázky sme sa žiakov pýtali otázku ohľadom zlepšenia ovládania experimentu. Na túto otázku nám väčšina odpovedala pozitívne ako napríklad: „*Ovládanie sa správalo veľmi dobre. Bolo intuitívne, jednoduché a príjemne navrhnuté.*“ , „*Všetko bolo v poriadku*“

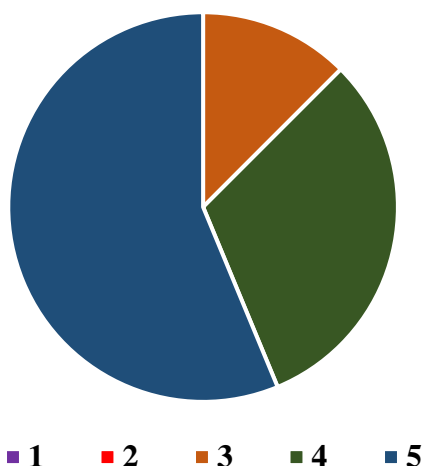
Intuitívnosť ovládania (1-najmenej, 5-najviac)



Obrázok 10: Graf intuitívnosti ovládania

Ďalej sme sa žiakov pýtali: „*Z hľadiska teoretického fyzikálneho princípu nakoľko si rozumel(a), čo sa v experimente deje? (1 – najmenej, 5 – najviac).*“ Opäť môžeme vidieť nižšie graf, ktorý popisuje odpovede na túto otázku. Taktiež, aj sem sme dali žiakom priestor vyjadriť svoj názor. Opýtali sme sa ich otázku: „*Čo by Ti pomohlo lepšie porozumieť fyzikálnym princípom experimentov ?*“ Žiaci na túto otázku odpovedali nasledovne: „*Popísanie experimentu*“ , „*Nejaký popis na konci pokusu*“ , „*Ich robenie a reálne praktizovanie*“ Na základe týchto pripomienok sme sa rozhodli pridať do aplikácie odkaz na stranu venujúcej sa danému experimentu v elektronickej učebnici fyziky.

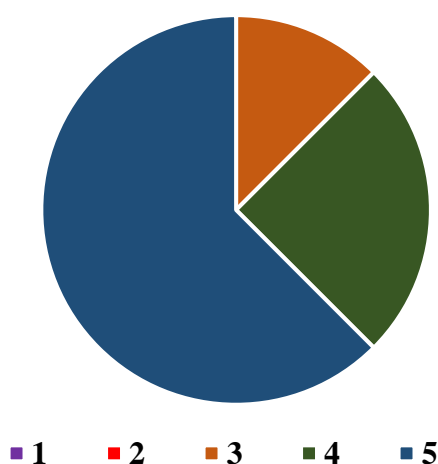
Zrozumiteľnosť experimentu (1-najmenej, 5-najviac)



Obrázok 11: Graf zrozumiteľnosti experimentu

Následne sme sa ich spýtali ešte jednu otázku „*Voliteľné veličiny v experimentoch – nakoľko máš pocit, že rozumieš, čo každý z nich v experimente mení? (1 – skoro vôbec nerozumiem nastavovaniu veličín, 5 – všetkým nastavovateľným veličinám rozumiem)*“ Ako môžeme vidieť s grafu, tak väčšina študentov voliteľným veličinám rozumie. Za úspech považujeme, že ani jeden s testovaných žiakov neoznačil možnosť najmenej.

Zrozumiteľnosť parametrov (1-najmenej, 5-najviac)

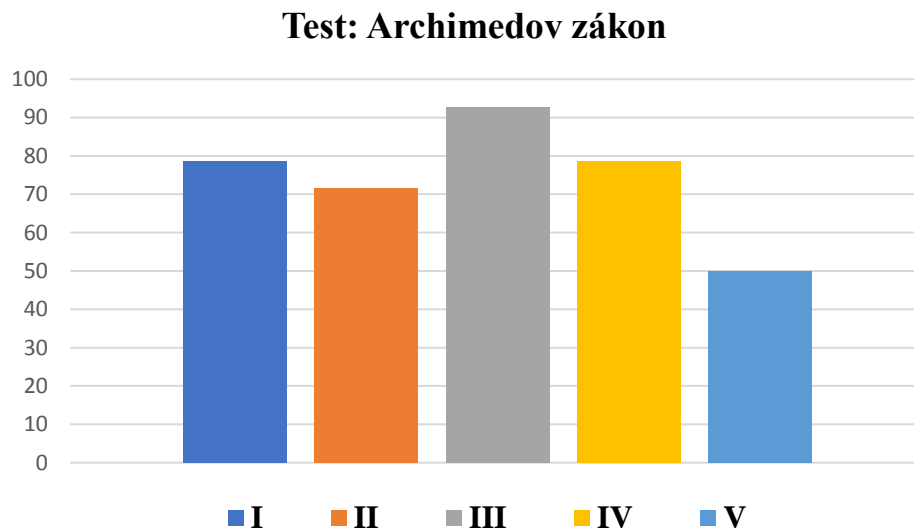


Obrázok 12: Zrozumiteľnosť parametrov experimentu

Nakoniec sme žiakom položili otázku: „*Všimol/la si si nejakú chybu, alebo niečo, čo by sme mohli v aplikácii vylepšiť, opraviť?*“ Žiaci odpovedali nasledujúco: „*V testoch*

sú nejaké gramatické chyby, resp. nejasné pojmy, ktoré by sa dali vysvetliť lepšie.“, „Ani nie, jedine pridať text opisujúci experiment“ , „nič som si nevšimol, takže nie.“ Na základe týchto odpovedí sme sa rozhodli preformulovať jednotlivé otázky a klásť väčší dôraz na gramatiku.

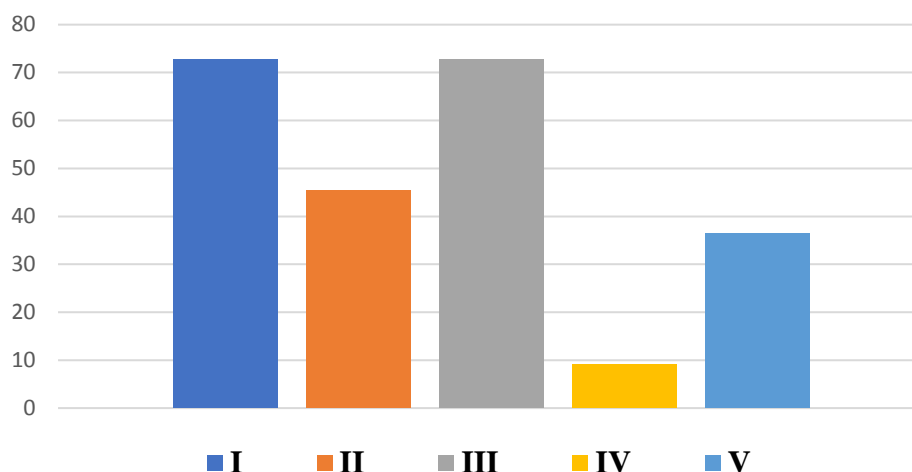
Pre žiakov sme si taktiež pripravili pár testov, ktorými sme chceli otestovať ich vedomosti o danom experimente a zistiť, či je daný experiment dostatočne jasný. Či pomocou neho dokážu úspešne odpovedať na testové otázky. Všetky testy sa nachádzajú v prílohe c, kde si ich môžeme podrobne pozrieť. V nasledujúcom prehľade uvidíme grafy úspešnosti odpovedí na jednotlivé otázky. Každý graf obsahuje na osi x konkrétnu otázku a na osi y sa nachádzajú percentá.



Obrázok 13: Test Archimedovho zákona – testu sa zúčastnilo 14 žiakov

Ako môžeme vidieť tento test dopadol relatívne úspešne. Nadpolovičná väčšina žiakov odpovedala správne na uvedené otázky. Jeden z možných dôvodov môže byť ten, že každý z nás sa už niekedy s Archimedovým zákonom stretol a tak vie ako približne funguje.

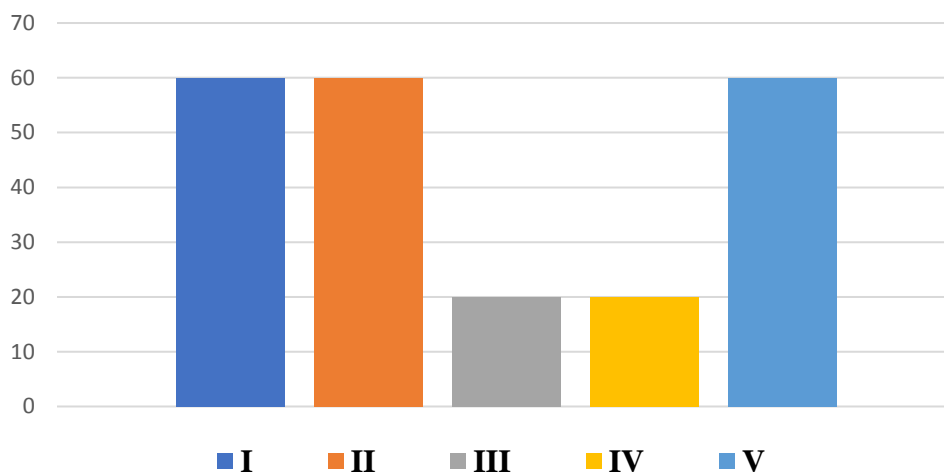
Test: Izobarický dej



Obrázok 14: Test Izobarického deja – testu sa zúčastnilo 11 žiakov

Čo sa týka tohto testu tak na obrázku 14 vidíme, že na niektoré otázky študenti odpovedali lepšie a na iné o dosť horšie. V prípade otázky číslo IV vidíme že na ňu odpovedalo správne iba 10% žiakov čo pri počte 11, ktorý sa zúčastnili testu činí jedného žiaka. Dôvodom môže byť zlá formulácia otázky, tým pádom žiaci nerozumeli otázke a nevedeli, ktorú možnosť mali označiť.

Test:Dvojštrbinový experiment



Obrázok 15: Test Dvojštrbinového experimentu – testu sa zúčastnilo 5 žiakov

V tomto teste vidíme celkom rovnaký podiel na jednotlivých odpovediach. Keďže sa testu zúčastnilo len 5 žiakov tak je veľmi ťažké povedať či je test vhodne nastavený a či si nevyžaduje preformulovať niektoré otázky.

Záver

Predmetom našej bakalárskej práce bolo vytvoriť webovú výučbovú aplikáciu, ktorej cieľom je simulovať vybrané fyzikálne javy. Konkrétne sme sa zamerali na Archimedov zákon, ktorý popisuje správanie sa telesa v kvapaline. Izobarický dej, pri ktorom je demonštrované, ako závisí tlak od objemu a teploty. Dvojštrbinový experiment, ktorý dokazuje, že sa svetlo správa ako vlna aj ako častica. Každý z týchto javov je niečím špecifický a zaujímavý, pretože každý pochádza z inej oblasti, ktorým sa fyzika venuje. Medzi hlavné vlastnosti týchto simulácií patrí interaktívnosť každej z nich. Aby žiaci nemali problém pochopiť ako sa daná simulácia správa pri rozličných parametroch. Túto vlastnosť sme zabezpečili pomocou sliderov, ktorými je možné jednoducho meniť jednotlivé parametre. Ďalej naša aplikácia obsahuje aj možnosť vytlačiť si výstup z experimentu, ktorý je vhodne naformátovaný. Taktiež obsahuje odkaz na učebnicu fyziky, v ktorej sú jednotlivé fyzikálne javy detailne opísane. V prípade, že by žiakom chýbali určité poznatky o experimente, môžu si ich jednoducho doštudovať bez potreby hľadania v papierových učebniciach. Okrem toho aplikácia obsahuje aj testy, ktorými si žiaci môžu preveriť svoje vedomosti, ktoré získali pri používaní aplikácie.

Naša aplikácia naplnila všetky ciele, ktoré sme si na začiatku vývoja stanovili. Podarilo sa nám vytvoriť aplikáciu, ktorá interaktívne simuluje jednotlivé fyzikálne javy a je navrhnutá podľa špecifikácie. Naša aplikácia pozostáva z dvoch častí. Prvá časť sa venuje konkrétnym simuláciám. Druhá časť sa venuje testovaniu. Aplikáciu je možné spustiť prostredníctvom webového servera.

Zdrojové kódy patriace našej aplikácii sú open-source. Je možné ich nájsť v elektronickej prílohe tejto práce a taktiež aj na webovej adrese <https://github.com/drab12/SimulaciaFyziky/tree/master/>. Taktiež je naša aplikácia dostupná aj na serveri: <https://kempelen.dai.fmph.uniba.sk/fyz/>, kde je možné si ju vyskúšať.

Čo sa týka možností, o ktoré by sme mohli našu aplikáciu obohatiť. Tak sa určite dá zamýšľať nad funkcionalitou pridávania testov. Tento prídavok by zabezpečoval, aby učitelia mohli pridávať do aplikácie vlastné testy, prostredníctvom jednoduchého rozhrania. Tým pádom by nemuseli byť odkázaní na testy, ktoré sú zabudované v aplikácii, ale mali by možnosť vytvoriť si test podľa toho, čo žiaci aktuálne preberajú. Ďalej by bolo

určite vhodné, pridať do aplikácie ďalšie experimenty. Čím by bola aplikácia určite atraktívnejšia a mohlo by ju používať viac žiakov. Celkovo by sa takto fyzika žiakom viac priblížila, keďže by mali viac príležitostí experimentovať.

Použitá literatúra

- [1] Peter Demkanin, Martina Horváthová: *Fyzika pre 3. ročník gymnázia a 7. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*, EDUCO, 2012.
- [2] Peter Demkanin, Peter Horváth, Soňa Chalupková, Zuzana Šuhajová: *Fyzika pre 2. ročník gymnázia a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*, EDUCO, 2010.
- [3] J.Enrique Hinostroza, Harvey Mellar, Lucio Rehbein, Christina Preston: *Developing Educational Software: a Professional Tool Perspective*, Education and Information Technologies vol. 5. no.2, p.103-117, 2000.
- [4] Ján Pišút, Rudolf Zajac, Jozef Hanč, Juraj Šebesta: *O atómoch a kvantovaní pre učiteľa fyziky*, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, 2003.
- [5] Samuel J. Ling, Jeff Sanny, Bill Moebs: *University Physics III Optics & Modern Physics*, Openstax, 2016. dostupné online:
[https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics/Book%3A_University_Physics_\(OpenStax\)/Map%3A_University_Physics_III_-_Optics_and_Modern_Physics_\(OpenStax\)/00%3A_Front_Matter/03%3A_Table_of_Contents](https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics/Book%3A_University_Physics_(OpenStax)/Map%3A_University_Physics_III_-_Optics_and_Modern_Physics_(OpenStax)/00%3A_Front_Matter/03%3A_Table_of_Contents) citované dňa: 25.3.2020.
- [6] Ján Pišút: *Fyzika pre 4. ročník gymnázií*, SPN Bratislava, 2006.
- [7] Marián Kireš, Jozef Labuda: *Mechanika kvapalín a plynov*, portál oddelenia didaktiky fyziky Ústavu fyzikálnych vied PF UPJŠ Košice, dostupné online:
<http://physedu.science.upjs.sk/kvapaliny/archimed.htm> citované dňa: 25.3.2020.
- [8] Andrew Zimmerman Jones: *What Is Isobaric Process*, Thoughtco.com, 2019. dostupné online: <https://www.thoughtco.com/isobaric-process-2698984> citované dňa: 17.2.2020
- [9] Lukáš Slovák: *Výukový program demonštrujúci fyzikálny princíp*, bakalárska práca, FMFI UK Bratislava, 2011.
- [10] Marián Jonis: *Výuková aplikácia demonštrujúca fyzikálny princíp*, bakalárska práca, FMFI UK Bratislava, 2015.
- [11] Matej Kellner: *Výuková aplikácia demonštrujúca fyzikálny princíp*, bakalárska práca, FMFI UK Bratislava, 2016.
- [12] Walter fendt, 1998. dostupné online: <https://www.walter-fendt.de/html5/phsk/> citované dňa 12.12.2019

- [13] *Archimedov zákon simulácia*, University of Colorado Boulder, 2004-2011.
dostupné online: https://phet.colorado.edu/sims/density-and-buoyancy/buoyancy_sk.html citované dňa: 25.2.2020
- [14] *Html, CSS, Javascript*, 2020. dostupné online: <https://www.w3schools.com/>
citované dňa: 25.3.2020
- [15] *Javascript dokumentácia*, 2020. dostupné online: <https://devdocs.io/javascript/>
citované dňa: 25.3.2020
- [16] *Javascript tutorial*, 2020. dostupné online: <https://www.jakpsatweb.cz/javascript/>
citované dňa: 25.3.2020
- [17] Thomas V Marcella: *Quantum interference with slits*, European Journal of Physics, vol.23, no.6, p.615-621, 2002.
- [18] Nick Connor: *What is Isobaric Process – Definition*, Thermal-engineering.org, 2019. dostupné online: <https://www.thermal-engineering.org/what-is-isobaric-process-definition/> citované dňa: 18.2.2020

Príloha

Príloha a - Príklad výstupu z experimentu Archimedovho zákona

21:56:06

Archimedov zákon

01-06-2020



Poloha telesa (m)	6.30
Výška telesa (cm)	50
Šírka telesa (cm)	50
Objem telesa (m ³)	0.25
Objem ponorenej časti (m ³)	0
Hustota telesa (kg/m ³)	7870
Hustota kvapaliny (kg/m ³)	997
Tiažová sila (N)	19281.50
Vztlaková sila (N)	0.00
Výsledná sila (N)	19281.50
Typ telesa :	<input type="text" value="Železo"/>
Typ kvapaliny	<input type="text" value="Voda"/>

Obrázok 16: Výstup z experimentu

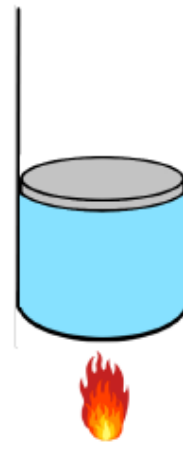
Príloha b - Príklad výstupu z experimentu Izobarický dej

22:25:05

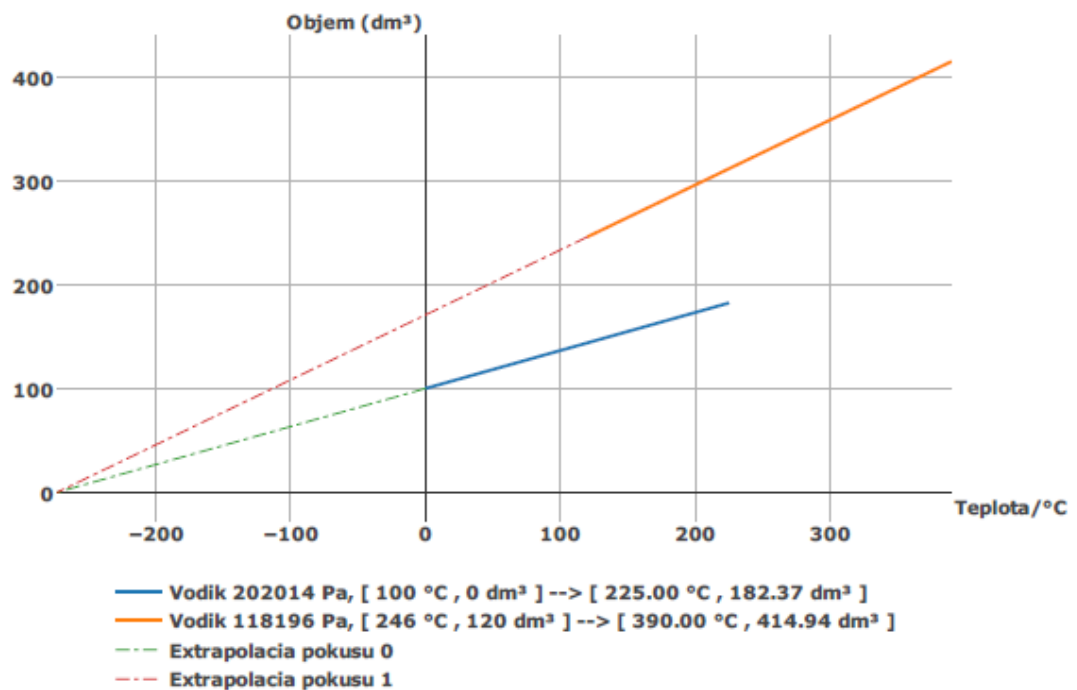
Izobarický dej

01-06-2020

Počiatkový objem plynu (dm ³)	246
Počiatková teplota plynu (°C)	120
Tlak (Pa)	118196
Objem plynu (dm ³)	414.94
Teplota plynu (°C)	390.00
Typ plynu :	Vodík ▾



Graf



Príloha c - Testy jednotlivých simulácií

Test Archimedov zákon

1. Úloha

Čím je hustota telesa vyššia, tým viac bude v morskej vode teleso:

- nadľahčované
- ľahšie klesať ku dnu

2. Úloha

Zistite, či sa guma potopí v oleji.

- áno
- nie

3. Úloha

Zistite, či sa železo potopí v peroxide vodíka.

- áno
- nie

4. Úloha

Zistite, čo majú spoločné guma a dubové drevo pri ponorení do peroxidu vodíka.

- potopia sa až na dno
- guma sa potopí a dubové drevo sa bude vznášať v kvapaline
- budú sa vznášať v kvapaline

5. Úloha

Zväčšením telesa sa zvýši aj jeho hmostnosť a teda vytlačí viac kvapaliny. Preto:

- pre telesá, ktoré majú vyššiu hustotu ako voda, platí, že s menším objemom plávajú na hladine, ale po zväčšení objemu klesnú na dno
- pre telesá, ktoré majú vyššiu hustotu ako voda, platí, že s menším objemom sú na dne, ale po zväčšení objemu vyplávajú na hladinu
- pre telesá, ktoré majú nižšiu hustotu ako voda, platí, že s menším objemom plávajú na hladine, ale po zväčšení objemu klesnú na dno
- pre telesá, ktoré majú nižšiu hustotu ako voda, platí, že s menším objemom sú na dne, ale po zväčšení objemu vyplávajú na hladinu
- neplatí ani jedno z tvrdení

Test Izobarický dej

1. Úloha

Čo je základná vlastnosť izobarického deja ?

- so stúpajúcou teplotou sa mení tlak a objem zostáva konštantný
- so stúpajúcou teplotou sa mení objem a tlak zostáva konštantný

2. Úloha

Zistite, ako závisí rýchlosť experimentu od počiatočného objemu a počiatočnej teploty.

- čím je počiatočný objem väčší ako počiatočná teplota, tým je experiment rýchlejší
- čím je počiatočná teplota väčšia ako počiatočný objem, tým je experiment rýchlejší
- čím je počiatočný objem väčší ako počiatočná teplota, tým je experiment pomalší

3. Úloha

Bude pre počiatočné hodnoty 100 dm^3 a 50°C najvyššia nameraná teplota vyššia ako 2000°C ?

- áno
- nie

4. Úloha

Pomer objemu a teploty počas jedného experimentu so zvyšujúcou teplotou:

- rastie lineárne
- rastie exponenciálne
- klesá lineárne
- klesá exponenciálne
- nemení sa

5. Úloha

Zistite, v akom pomere musí byť počiatočný objem a počiatočná teplota, aby bol tlak maximálny.

- čím sú teplota a objem väčšie, tým je tlak väčší
- čím sú teplota a objem nižšie, tým je tlak väčší
- keď teplota stúpa a objem klesá, tak tlak rastie
- keď teplota klesá a objem stúpa, tak tlak rastie

Test Dvojštrbinový experiment

1. Úloha

Čo vidíme, ak nastavíme v experimente vlnovú dĺžku svetla na minimum a šírku štrbín spolu s vzdialenosťou štrbín na maximum ?

- 3 pásy tesne pri sebe
- 5 pásov, pričom 3 sú hrubé a 2 tenké
- 1 hrubý pás

2. Úloha

Ako ovplyvňuje experiment vzdialenosť štrbín ?

- čím je väčšia, tým sú pásy hrubšie
- vôbec
- čím je väčšia, tým je na platni viac pásov

3. Úloha

Ako ovplyvňuje experiment šírka štrbín ?

- čím je väčšia, tým je na platni menej pásov
- čím je väčšia, tým sú pásy hrubšie

4. Úloha

Ako ovplyvňuje experiment vlnová dĺžka svetla ?

- čím je väčšia, tým sú pásy hrubšie
- čím je väčšia, tým je na platni viac pásov
- experiment neovplyvňuje vôbec, ovplyvňuje iba farbu svetla

5. Úloha

Čo dokazuje dvojštrbinový experiment o svetle ?

- svetlo sa správa ako vlna
- svetlo sa správa aj ako vlna aj ako častica
- svetlo sa správa ako častica