

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: 18, 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 pod'akovať svojmu školiteľovi Mgr. Pavlovi Petrovičovi, PhD., za cennú pomoc, rady, konzultácie a čas, ktorý mi venoval počas písania bakalárskej práce. Rovnako sa chcem pod'akovať 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 výukovú aplikáciu pre stredoškolskú fyziku, ktorá na základe simulácie vysvetľuje jednotlivé fyzikálne javy. Aplikácia by mala byť interaktívna, aby nebolo jej používanie pre žiakov komplikované. Zvolili sme si rôzne fyzikálne javy z učebnice pre stredoškolákov, ktoré sa nám úspešne podarilo naprogramovať. V našej práci popisujeme východiská jednotlivých javov. Ďalej popisujeme špecifikáciu, návrh a na koniec implementáciu. Vytvorená aplikácia je použiteľná vo vyučovacom procese. Bola aj otestovaná na skupine študentov strednej školy.

# **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, so its use is not complicated for students. We chose various physical phenomena with textbooks for secondary school students, which we successfully programmed. At our thesis we describe the starting points of individual phenomena. Next, we describe specification, design and finally implementation. The created application can be used in the teaching process. It was also tested on a group of secondary school students.

# Obsah

1. Úvod .....	1
2. Východiská .....	2
2.1 Tvorba didaktického softvéru .....	2
2.2 Fyzika .....	3
2.2.1 Dvojštrbinový experiment.....	3
.....	4
2.2.2 Archimedov zákon.....	5
2.2.3 Izobarický dej .....	6
2.3 Simulácia .....	7
2.4 Podobné práce .....	8
2.5 Existujúce systémy .....	8
2.5.1 walter-fendt.de .....	8
2.5.2 phet.colorado.edu.....	10
2.6 Programovacie jazyky a technológie.....	11
3.Špecifikácia.....	12
3.1 Všeobecná špecifikácia .....	12
3.2 Archimedov zákon.....	13
3.3 Izobarický dej .....	13
3.4 Dvojštrbinový experiment.....	14
4.Návrh.....	15
4.1 Zvolené technológie.....	15
4.2 Rozdelenie komponentov .....	16
4.3 Komponent Archimedov zákon.....	16
4.4 Komponent Izobarický dej .....	17
4.5 Komponent Dvojštrbinový experiment.....	19
5.Implementácia .....	20
5.1 Archimedov zákon.....	20
Použitá literatúra.....	21



# 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. 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. Keďže sa na stredných školách postupne upúšťa od fyzikálnych pokusov, 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 mojej bakalárskej práce je vytvoriť program, ktorý bude simulovať jednotlivé fyzikálne javy. Týmto spôsobom by som chcel 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 prispôsobený pre výučbu žiakov stredných škôl.

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

## 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

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 zvážiť 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, kognitívy alebo výučby. 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 ktorej 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 novo objavených skutočností a poznatkov. Mal by mať jednoduché, intuitívne ovládanie. Nemal by obsahovať veľa textu, aby študenta príliš neodradil. Medzi jeden z hlavných cieľov aplikácie je 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 užívateľov 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 zadať 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), alebo postupujú ďalej, ako by sa šírili samostatne

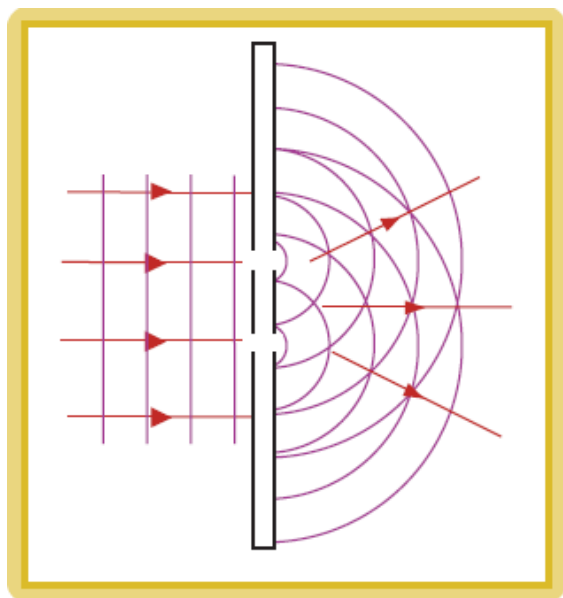
Tento experiment pozostáva z koherentného zdroja svetla, ako napríklad laserový lúč, ktorý osvetľuje tienidlo. Z tenkého tienidla, na ktorom sa nachádzajú dve rovnobežné štrbiny, ktorých veľkosť a vzdialenosť je porovnateľná s vlnovou dĺžkou svetla. Cez tieto štrbiny bude prechádzať svetlo z koherentného 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 svetelné vlny 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 diskrétnych bodoch ako jednotlivé častice. Interferenčný obrazec sa objavuje prostredníctvom premenlivej hustoty týchto častíc na rôznych častiach platne.

Ak by však svetlo pozostávalo výlučne z klasických častíc a tieto častice by boli vystrelené v priamke cez štrbinu, a narazili by na fotografickú platňu na druhej strane, očakávali by sme, že uvidíme obrazec zodpovedajúci veľkosti a tvaru štrbiny. Keď však tento experiment vykonáme, na obrazovke 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.



**Obrázok 1.** Príklad šírenia sa svetla v dvojštrbine

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 znázornene 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.

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. Uhly od priameho smeru, v ktorých vzniknú zosilnenia a zoslabenia závisia od vzdialenosti štrbín a tiež od vlnovej dĺžky svetla. Ak na dvoj štrbinu necháme dopadať biele svetlo, rozloží sa na spektrum. Jednotlivé zosilnenia v priamom smere budú farebné. (8).

### 2.2.2 Archimedov zákon

Archimedov zákon je fyzikálny zákon z hydrostatiky, ktorý sformuloval Grécky učenec 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.

$$1. F_v = F_g + F_{vz}$$

Taktiež vieme, že teleso je nadľahčované silou ktorá sa rovná  $F = V\rho g$  kde  $V$  je objem ponorenej časti telesa,  $\rho$  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:

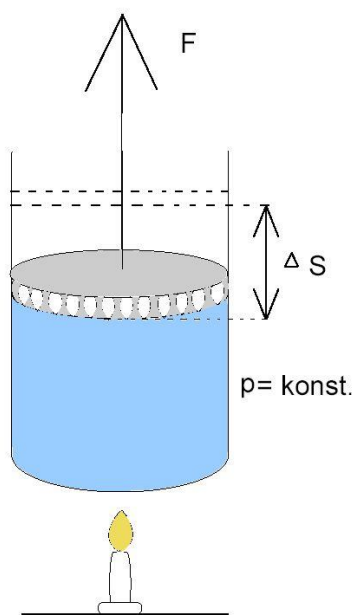
- Ak je hustota tuhého telesa väčšia ako hustota kvapaliny. Tiažová sila, ktorá pôsobí na teleso je väčšia ako hydrostatická vztlaková sila. Výslednica síl smeruje nadol a teleso klesá ku dnu. Veľkosť vztlakovej sily sa pritom so zväčšujúcim objemom potopenej časti telesa zväčšuje.
- Ak je hustota tuhého telesa rovnaká ako hustota kvapaliny. Tiažová sila je rovnaká ako hydrostatická vztlaková sila. Výslednica síl je teda nulová a na teleso nepôsobí žiadna sila. Teleso sa v kvapaline vznáša, tzn. nestúpa ani neklesá.
- Ak je hustota tuhého telesa menšia ako hustota kvapaliny Tiažová sila pôsobiaca na teleso je menšia ako hydrostatická vztlaková sila. Výslednica síl smeruje nahor, čo spôsobuje, že teleso stúpa ku voľnej hladine kvapaliny. Veľkosť vztlakovej sily sa pritom so zmenšujúcim objemom potopenej časti telesa zmenšuje.
- 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 termodynamický proces, pri ktorom tlak zostáva konštantný. Obvykle sa to dosiahne tak, že sa objem nechá expandovať alebo zmenšovať takým spôsobom, aby neutralizoval akékoľvek zmeny tlaku, ktoré by boli spôsobené prenosom tepla. Pri zohrievaní sa plyn rozpína a pri ochladzovaní zmenšuje svoj objem. Na zachovanie tejto vlastnosti sa používa vzorec.

$$2. \frac{V}{T} = \text{konstanta}$$

### Príklad izobarického deja podľa [7]



Obrázok 2. Izobarický dej

Na obrázku 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 stúpal 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 umiestnime 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.

## 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 [10]. Táto práca sa venuje vizualizácii fyzikálnych javov z fyziky mikrosveta.

Je pomerne dobre graficky spracovaná. Používateľské rozhranie pôsobí jednoduchým a intuitívnym dojmom. Výhodou tejto práce je to, že má 2 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 je nutné mať na počítač, na ktorom je nainštalovaná Java pre spustenie danej aplikácie.

Ďalšia práca, ktorá stojí za zmienku je práca Mariána Jonisa [13]. 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.

## 2.5 Existujúce systémy

Na internete je možné nájsť množstvo podobných výukových 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 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.

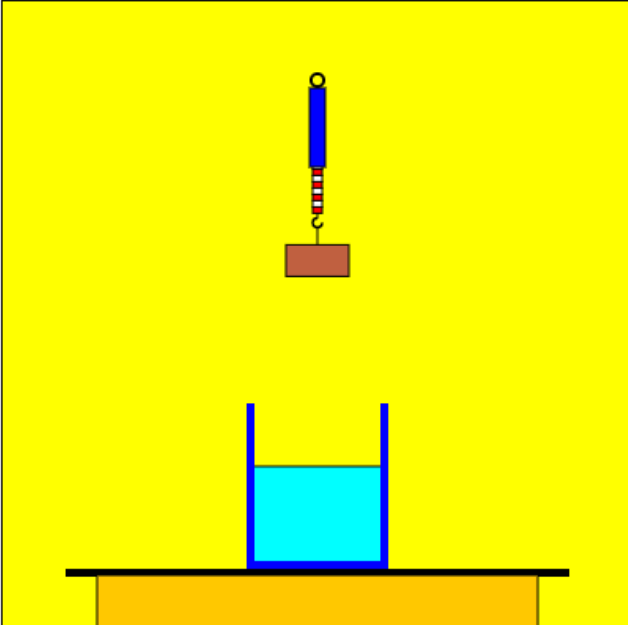


Čo sa týka vecí, ktorými sa môžeme v tejto aplikácii inšpirovať je určite rozmiestnenie. Teda to, že experiment, ktorý prebieha sa nachádza na jednej polovici obrazovky a všetky premenné a hodnoty sa nachádzajú v prehľadnej tabuľke na pravej strane. Čo umožňuje používateľovi jednoducho sledovať meniace 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 čosi 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, kvapaliny s konkrétnou hustotou.
- Ďalšou vecou, ktorá kazí celkový dojem sú textové polia. Vždy keď chce používateľ zmeniť niečo v experimente musí stále zadávať hodnotu do textového poľa. Pritom ani nevie, aké minimálne a aké maximálne hodnoty môže zadať. Tento princíp totálne odrádza používateľa od chuti experimentovať a učiť sa nové veci. Preto sme sa rozhodli použiť v našej aplikácii slidery, ktoré sú omnoho intuitívnejšie, ľahko sa používajú a sú používateľsky prítulnejšie.

Po celkovom zhodnotení tejto aplikácie usudzujem, že má viac mínusov ako plusov, no je to skvelý príklad toho, čomu by sme pri tvorbe našej aplikácie mali vyhnúť a načo si dať pozor.



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

W. Fendt 1998, A. Šutta 2015

Obrázok 3. Ukážka Archimedovho zákona zo stránky walter-fendt.de

### 2.5.2 phet.colorado.edu

Na tejto stránke sa nachádza množstvo fyzikálnych experimentov. No opäť vyberiem Archimedov zákon.

Čo sa týka tejto aplikácie, tak má naozaj veľmi kvalitnú dizajnovú ale aj kvalitatívnu 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 tiež 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

## 2.6 Programovacie jazyky a technológie

V práci používame štandardné technológie HTML5, CSS, PHP. a Javascript. Tieto technológie sme si vybrali z toho dôvodu, aby bola aplikácia dostupná pre čo najväčší počet zariadení.

### 3.Špecifikácia

Cieľom mojej bakalárskej je vytvoriť výukovú aplikáciu pre stredoškolákov. Ktorá vysvetľuje jednotlivé fyzikálne javy, objasňuje závislosti jednotlivých veličín od ktorých sa odvíja konkrétny jav. Aplikácia bude simulovať fyzikálne javy, ktoré budú obsahovať rozlične parametre. Tieto parametre budú môcť študenti meniť. Aplikácia bude mať jednoduché intuitívne rozhranie a bude dostatočne interaktívna, aby nebolo pre žiakov stredných škôl 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 študent meniť a bude obsahovať aj tlačidlo výzva, na ktoré keď študent klikne tak sa zobrazí formulár s otázkami. Po vyplnení formulára sa študent 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, 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 do našej aplikácie pridali parameter

menu=off. Tento parameter zakazuje v aplikácii menu, teda nie je 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, gumu, olovo ... Samozrejme bude sa dať meniť aj typ kvapaliny na olej, morskú vodu ... 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, 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 vyskytovať 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. 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 vo vode 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. V strede našej aplikácie sa bude nachádzať valec v ktorom bude plyn uzavretý piestom, pri

behu simulácie a zväčšovaní objemu plynu sa píst bude pomaly dvíhať smerom hore. Taktiež sa pri spustení aplikácie zobrazí graf, v ktorom sa na x-ovej osi bude zobrazovať teplota v stupňoch Celzia a na y-osi sa bude nachádzať objem. Simulácia začne v počiatočnom stave, v ktorom budeme mať nastavené hodnoty počiatočného objemu, teploty, tlaku a 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 píst 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. 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 píst 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 zazoomovať, 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 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. Žiaci vďaka tomu budú môcť na grafe vidieť priamky plynov pri rôznych počiatočných 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 x-ovú os).

### 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 počiatočnom 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. Taktiež sa pri zmene vlnovej dĺžky bude meniť aj šírka štrbiny, ktorej minimum bude nastavené na veľkosť vlnovej dĺžky. Okrem šírky štrbín ovplyvňuje vlnová dĺžka aj vzdialenosť štrbín, ktorá by sa mala rovnať štvor násobku veľkosti vlnovej dĺžky. 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 vzdialené viac. 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**

Rozhodol som 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 3 hlavných komponentov. Každý komponent bude jedinečná simulácia.

## 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

$$3. a = \frac{F_g - F_{vz} - F_{ovz} - F_{ovo}}{V * \rho}$$

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  $\rho$  je hustota telesa.



Odpor vody pôsobí iba na tú časť telesa, ktorá sa nachádza pod vodou a odpor vzduchu zase 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 z 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 hompaľať až kým sa postupne neustáli. Najskôr teleso bude zrýchľovať podľa vyššie uvedeného vzorca. 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 teleso je 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 počiatočné nastavenia simulácie. Pri zmene počiatočného objemu sa automaticky mení aj tlak plynu a to na základe vzorca.

$$4. p = \frac{T \cdot R \cdot n}{V}$$

Kde  $p$  je tlak v pascaloch,  $T$  je teplota v kelvinoch,  $R$  je univerzálna plynová konštanta,  $n$  je molové 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 pokiaľ 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 mólové 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 molového 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 s počiatočných hodnôt objemu a teploty. Konštanta sa v priebehu experimentu nemení. Keď sa zvýši objem plynu, tak sa piest posunie smerom hore. Toto sa robí tak, že zoberieme objem plynu pred zvýšením teploty a vypočítame z neho výšku, v ktorej by sa mal nachádzať piest. Potom zoberieme nový objem plynu a znova vyrátame výšku. Následne urobíme rozdiel medzi týmito výškami a o toľko posunieme piest smerom hore. V momente keď sa spustí simulácia začne sa zvyšovať teplota plynu o 5 stupňov Celzia. 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 konkrétnemu číslu 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.

$$5. P(\vartheta) = \frac{4\hbar^2 \left[ \left( 1 + \cos\left(\frac{p_y d}{\hbar}\right) \right) \sin^2\left(\frac{p_y a}{2\hbar}\right) \right]}{\pi a p_y^2}$$

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.

$$6. p_y = p \sin(\vartheta)$$

$$7. p = \frac{h}{\lambda}$$

Kde  $p$  je hybnosť svetla,  $h$  je plánková konštanta a  $\lambda$  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

$$8. \arctg\left(\frac{\Delta y}{L}\right)$$

kde  $\Delta y$  je 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 y-ovú súradnicu fotónu na základe podmienenej pravdepodobnosti. Pole pravdepodobností sa mení iba na začiatku simulácie, keď meníme počiatočné parametre. Pri behu simulácie sa už viac nemení. X-ovú súradnicu fotónu vypočítame na základe rovnomerného rozdelenia pravdepodobnosti a to tak, aby sa nám body generovali rovnomerne pre tú istú výšku (pre tú istú súradnicu y). Konkrétne sa generovaniu bodov venuje metóda `generuj()`

## 5. Implementácia

V tejto kapitole sa budeme venovať tomu ako sa nám podarilo splniť špecifikáciu, a aké problémy sme pri tom museli riešiť.

### 5.1 Archimedov zákon

## Použitá literatúra

- [1] Interference in Thin Films 25.3.2020  
[https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University\\_Physics/Book%3A\\_University\\_Physics\\_\(OpenStax\)/Map%3A\\_University\\_Physics\\_III\\_-\\_Optics\\_and\\_Modern\\_Physics\\_\(OpenStax\)/03%3A\\_Interference/3.05%3A\\_Interference\\_in\\_Thin\\_Films](https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics/Book%3A_University_Physics_(OpenStax)/Map%3A_University_Physics_III_-_Optics_and_Modern_Physics_(OpenStax)/03%3A_Interference/3.05%3A_Interference_in_Thin_Films)
- [2] Archimedov zákon 25.3.2020 <http://physedu.science.upjs.sk/kvapaliny/archimed.htm>
- [3] What Is Isobaric Process 30.6.2019 <https://www.thoughtco.com/isobaric-process-2698984>
- [4] Alternating current 25.3.2020 <https://www.britannica.com/science/alternating-current>
- [5] Html, CSS, Javascript 25.3.2020 <https://www.w3schools.com/>
- [6] Javascript dokumentácia 25.3.2020 <https://devdocs.io/javascript/>
- [7] Javascript tutorial 25.3.2020 <https://www.jakpsatweb.cz/javascript/>
- [8] doc. RNDr. Peter Demkanin, PhD.; Mgr. Martina Horváthová; Fyzika pre 3. ročník gymnázia a 7. ročník gymnázia s osemročným štúdiom EDUCO 2012 ISBN 978-80-89431-35-9
- [9] doc. RNDr. Peter Demkanin, PhD., PaedDr. Peter Horváth, PhD., PaedDr. Soňa Chalupková, PhD., Mgr. Zuzana Šuhajová Fyzika pre 2. ročník gymnázia a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom EDUCO 2010 ISBN 978-80-89431-10-6
- [10] Lukáš Slovák Výukový program demonštrujúci fyzikálny princíp 2011
- [11] Jozef Belko: Výukový program demonštrujúci fyzikálny princíp 2013
- [12] Kellner M. Výuková aplikácia demonštrujúca fyzikálny princíp (Bakalárska práca) FMFI UK Bratislava 2015
- [13] Jonis M. Výuková aplikácia demonštrujúca fyzikálny princíp (Bakalárska práca) FMFI UK Bratislava 2015
- [14] Harvey Mellor Developing Educational Software: a Professional Tool Perspective 2000
- [15] Quantum interference with slits [https://arxiv.org/ftp/quant-ph/papers/0703/0703126.pdf?fbclid=IwAR1AEcsjCXG\\_e2b1PXJ501uY6Ahz8ILSnq5-lk5PT9-0zNWTl1PvYp9pJFE](https://arxiv.org/ftp/quant-ph/papers/0703/0703126.pdf?fbclid=IwAR1AEcsjCXG_e2b1PXJ501uY6Ahz8ILSnq5-lk5PT9-0zNWTl1PvYp9pJFE)
- [16] Vlnové vlastnosti častíc  
[http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~pisut/kniha/07\\_Kapitola\\_3.pdf](http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~pisut/kniha/07_Kapitola_3.pdf)