

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE

FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

Výuková aplikácia demonštrujúca princípy v elektrických obvodoch

2015

Michal Sejč

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE

FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

Výuková aplikácia demonštrujúca princípy v elektrických obvodoch

Bakalárska práca

Študijný program: Aplikovaná informatika

Študijný odbor: 9.2.9 aplikovaná informatika

Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky

Školiteľ: Mgr. Pavel Petrovič, PhD.

Bratislava 2015

Michal Sejč



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Michal Sejč
Študijný program: aplikovaná informatika (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)
Študijný odbor: 9.2.9. aplikovaná informatika
Typ záverečnej práce: bakalárska
Jazyk záverečnej práce: slovenský

Názov: Výuková aplikácia demonštrujúca princípy v elektrických obvodoch /
Educational Application on Electrical Circuits Principles


Cieľ: Preskúmať, navrhnúť a implementovať výučbový program demonštrujúci niekoľko fyzikálnych princípov z oblasti elektrických a magnetických polí a ich aplikácií. Úlohou študenta je samostatne navrhnúť niekoľko experimentov, ktoré sú vhodné na počítačovú simuláciu, navrhnúť spôsob a vizualizáciu simulácie, systém implementovať, odladiť a otestovať.


Literatúra: Lukáš Slovák: Výukový program demonštrujúci fyzikálny princíp, Bakalárska práca, FMFI UK, Bratislava, 2011.
Jozef Belko: Výukový program demonštrujúci fyzikálny princíp, Bakalárska práca, FMFI UK, Bratislava, 2012.
Averill M. Law, W. David Kelton: Simulation Modeling and Analysis, McGraw-Hill, 2001.

Kľúčové slová: fyzikálny výukový program, simulácia, elektrické obvody, magnetizmus

Vedúci: Mgr. Pavel Petrovič, PhD.
Katedra: FMFI.KAI - Katedra aplikovanej informatiky
Vedúci katedry: doc. PhDr. Ján Rybár, PhD.
Dátum zadania: 22.10.2013

Dátum schválenia: 22.10.2013
doc. RNDr. Damas Gruska, PhD.
garant študijného programu


.....
študent


.....
vedúci práce

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

.....

Pod'akovanie

Chcel by som sa poďakovať predovšetkým môjmu školiteľovi Mgr. Pavlovi Petrovičovi, PhD. za pomoc, inšpiráciu a usmerňovanie pri tvorbe mojej bakalárskej práce. Ďalej by som chcel poďakovať PaedDr. Petrovi Horváthovi, PhD. za pomoc pri teoretickom rozpracovaní experimentov po fyzikálnej stránke.

Abstrakt

Cieľom našej práce bolo vytvoriť výukovú webovú aplikáciu, ktorej úlohou bolo demonštrovať pomocou simulácie a následnej vizualizácie vybrané fyzikálne javy z oblasti elektrotechniky. Aplikácia mala byť primárne určená pre použitie na stredných školách. Program by mal byť plne interaktívny a taktiež rozšíriteľný pre možné budúce verzie. Následne sme mali program otestovať v praxi na žiakoch strednej školy. Všetky tieto ciele sa nám podarilo splniť. V úvodnej kapitole sme popísali východiská na základe ktorých, sme vytvorili špecifikáciu systému. Ďalej popisujeme návrh a implementáciu jednotlivých častí aplikácie. Na záver spomenieme priebeh testovania systému v praxi na žiakoch strednej školy.

Kľúčové slová: simulácia, experiment, webová aplikácia

Abstract

The objective of this graduation thesis was to create an educational web application and its purpose was to demonstrate selected physical phenomena in the field of electrical engineering using simulation and visualization. The application was primarily assigned for use in high schools. The program should be fully interactive and also extendable for possible future updates. Subsequently, we were managed to test program on high school students. We successfully accomplished all of these objectives. In the introductory chapter we created a system specification based on starting points that we also described in this chapter. In the following chapter we described a project and implementation of individual parts of the application. The final chapter deals with process of practical testing of the system on high school students.

Key words: simulation, experiment, web application

Obsah

1 ÚVOD	1
2 VÝCHODISKÁ.....	3
2.1 Výber experimentov	3
2.1.1 Kirchhoffove zákony	3
2.1.2 Transformátor	6
2.1.3 Elektrické vodiče a izolanty	7
2.1.4 Elektrochemický článok.....	10
2.2 Existujúce systémy	11
2.3 Použité programovacie jazyky a technológie	14
2.3.1 HTML, CSS, PHP, MySQL.....	14
2.3.2 JavaScript a jQuery	14
3. ŠPECIFIKÁCIA CIEĽOV	16
3.1 Všeobecná špecifikácia.....	16
3.2 Konkrétna špecifikácia.....	16
3.2.1 Simulácia Kirchhoffových zákonov	17
3.2.2 Simulácia transformátorového javu	17
3.2.3 Simulácia vodičov a nevodičov	18
3.2.4 Simulácia elektrochemického článku	19
3.2.5 Interaktívny tutoriál	20
3.2.6 Administračné rozhranie a testy	21
4 NÁVRH RIEŠENIA	23
4.1 Typy používateľov.....	23
4.2 Štruktúra aplikácie.....	24
4.3 Dátový model aplikácie	24
4.3.1 Tabuľky a ich vzájomné vzťahy.....	25
4.4 Komponenty aplikácie	26
4.4.1 Komponenty experimentov	27
4.6 Návrh experimentov.....	28
4.7 Návrh administračného rozhrania.....	30
5. IMPLEMENTÁCIA	33

5.1 Problémy pri implementácii	33
6 NASADENIE A POUŽITIE	36
6.1 Použitie v praxi	36
ZÁVER	38
POUŽITÁ LITERTÚRA	39
PRÍLOHY	41

1 ÚVOD

Život v dnešnej dobe si nevieme predstaviť bez využívania informačných technológií. Stretávame sa s nimi na každom kroku. Či už je to v domácnostiach, v medicíne, v školstve jednoducho vo všetkých oblastiach nášho života.

Takmer všetko čo potrebujeme k životu, si vieme jednoducho vyhľadať a zariadiť v priebehu niekoľkých sekúnd prostredníctvom internetu. Preto sme sa rozhodli prispôbiť a vytvoriť webovú aplikáciu pre žiakov stredných škôl, ktorá im prostredníctvom simulácií experimentov z oblasti fyziky pomôže lepšie pochopiť danú problematiku. Fyzika je však veľmi pútavá a zaujímavá veda, ktorá však obsahuje príliš veľa teórie, vzorcov a rôznych výpočtov, ktoré môžu ľahko odradiť nejedného žiaka. Preto sme sa rozhodli k tomuto vednému odboru trochu prispieť a ukázať žiakom reálne simulácie, ktoré v učebniciach len tak nenájdu. Aplikácia bude disponovať veľkou interaktivitou, takže si každý žiak bude môcť vyskúšať ako daný fyzikálny jav funguje a zistiť tak súvislosti medzi vstupnými parametrami a výstupnou simuláciou. Tým pomôže žiakovi pochopiť fyzikálne javy trochu zábavnejším spôsobom. Navyše bude dostupná on-line, takže ju bude možné použiť kedykoľvek a kedykoľvek to bude potrebné.

Cieľom našej práce bolo vytvoriť webovú aplikáciu, ktorá bude simulovať fyzikálne javy z oblasti fyziky. Konkrétne sa jedná o simuláciu Kirchhoffových zákonov, Transformátorového javu, Vodičov a Izolantov a Elektrochemického článku. S každým zo spomínaných experimentov prichádzame do styku každý deň a ani si to pritom neuvedomujeme. Kirchhoffovými zákonmi sa riadia zložité elektrické obvody, ktoré sa nachádzajú takmer vo všetkých elektronických zariadeniach, ktoré dennodenne používame. Ako napríklad počítač, mobilný telefón či tablet. Transformátorový jav sa odohráva v mnohých nabíjačkách a adaptéroch pre elektronické zariadenia. Vysvetlí nám, ako sa vysoké napätie niekoľko tisíc voltov z elektrickej siete dokáže zmeniť napríklad na 220V, ktoré bežne používame v domácnostiach. Experiment Vodiče a izolanty vysvetľuje, prečo niektoré materiály elektrický prúd vedú a iné nie. Dozvieme sa teda, prečo nás nepotrasie medený kábel, ktorý je obalený v izolante. Posledný experiment predstavuje predchodcu dnešnej batérie, ktorá poháňa všetky prenosné elektronické zariadenia. Ukáže nám, ako sa sila chemických reakcií mení sa elektrickú energiu. Okrem týchto simulácií sme do aplikácie pridali aj teoretický popis, ktorý bude vysvetľovať a odôvodňovať, prečo daná simulácia prebieha práve tak, ako ju môžeme vidieť. K experimentálnej časti sme ďalej pridali aj administračné rozhranie pre učiteľa a rovnako aj pre žiakov, ktoré bude učiteľovi umožňovať testovať vedomosti žiakov, ktoré nadobudli nie len pri používaní našej aplikácie, ale aj na hodinách fyziky priamo v škole.

Naša aplikácia bude však pozostávať iba zo štyroch experimentov, ktoré ani zďaleka nedokážu obsiahnuť množstvo učiva, ktoré samotná fyzika obsahuje. Preto bolo nutné

aplikáciu postaviť tak, aby bolo možné v práci pokračovať ďalej a pridávať do nej tak nové experimenty.

V druhej kapitole tejto práce sme popísali východiská z ktorých sme čerpali inšpiráciu a teoretické informácie pre vytvorenie nášho programu. Spomenuli sme tam teoretický základ jednotlivých experimentov a taktiež sme popísali aj podobné práce, ktoré sa podobným problémom zaoberali už v minulosti. A nakoniec sme analyzovali technológie a vybrali tie najvhodnejšie pre docielenie tých najlepších výsledkov našej práce. V tretej kapitole sme sa zaoberali detailnou špecifikáciou požiadaviek, ktoré sme museli splniť pre dosiahnutie nášho cieľa. V štvrtej kapitole sme sa zaoberali návrhom riešenia. Popísali sme štruktúru aplikácie a jej rozdelenie na jednotlivé komponenty. Každý komponent sme popísali jednotlivo. Taktiež sme tam detailne rozobrali aj dátový model celého systému. V kapitole o implementácii sme popísali problémy s ktorými sme sa pri implementácii stretli a ako sme ich následne vyriešili. V poslednej kapitole sme popísali testovanie aplikácie v praxi.

2 VÝCHODISKÁ

2.1 Výber experimentov

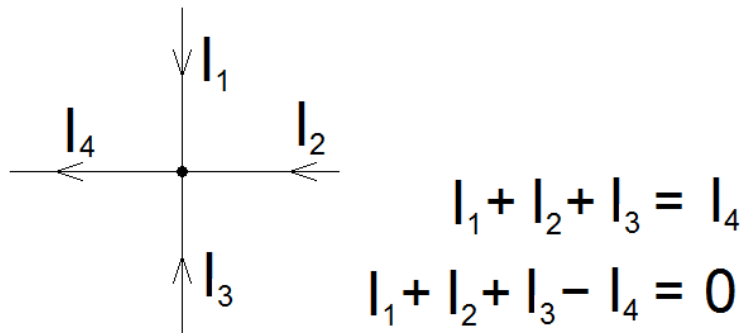
Elektrické obvody sú súčasťou každého elektrického zariadenia, ktoré poznáme. Málokto si však vie predstaviť fyzikálne javy, ktoré sa vo vnútri týchto zariadení odohrávajú. K tejto tematike mám veľmi blízko, pretože som vyštudoval strednú elektrotechnickú školu a javy v elektrických obvodoch ma nesmierne zaujímajú. Preto som si zvolil na simuláciu 4 konkrétne fyzikálne javy, ktoré sa odohrávajú v úplne každom elektronickom prístroji, ktorý so sebou každý deň nosíme, ako je napríklad mobilný telefón, tablet či notebook. Fyzikálnych javov v elektrických obvodoch je veľmi veľa a preto sme mali problém vybrať tie, ktoré sa dajú dobre a pochopiteľne simulovať. Nakoniec som sa rozhodol pre tieto 4, ktoré sú najbežnejšie a myslím si, že by s nimi mal byť každý aspoň trochu oboznámený. Cieľom bolo ukázať fyziku lepšie prijateľnú a pochopiteľnú pre širšiu skupinu ľudí a nielen pre študentov elektrotechniky, pre ktorých bol program pôvodne určený.

2.1.1 Kirchhoffove zákony

Kirchhoffové zákony pozostávajú z dvoch pravidiel, ktoré v polovici 19. storočia matematicky vyjadril nemecký fyzik Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887). Tieto dve pravidlá patria k základom teórie elektrických obvodov. Používajú sa najmä pre výpočet veľkosti a smeru elektrických prúdov v jednotlivých vetvách rozvetvených obvodov a na výpočet veľkosti elektrického napätia na jednotlivých komponentoch daného obvodu. Pri analýze elektrického obvodu sa dajú použiť obe tieto pravidlá. Pri výpočte je potrebné zostaviť a vyriešiť sústavu N rovníc o N neznámych. Počet rovníc a neznámych závisí od počtu uzlov a slučiek v danom obvode. Tieto zákony sa dajú použiť nielen v obvodoch s jednosmerným prúdom, ale aj v obvodoch so striedavým prúdom.

2.1.1.1 Prvý Kirchhoffov zákon

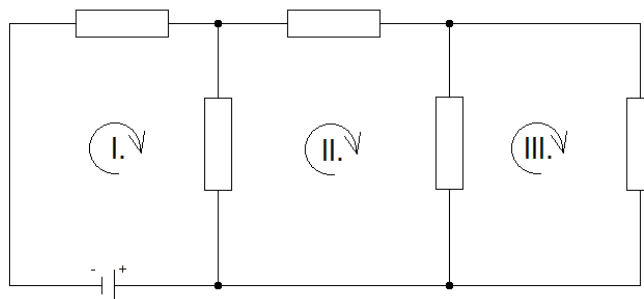
[1] Platí pre rozvetvený elektrický obvod. Rozvetvený elektrický obvod nazývame taký, ktorý obsahuje aspoň 2 uzly. Uzol je miesto, kde sa stretávajú aspoň 3 vodiče. Časť elektrického obvodu, ktorá sa nachádza medzi jednotlivými uzlami sa nazýva vetva. Prvý Kirchhoffov zákon popisuje práve uzly v el. obvodoch. Vyjadruje, že algebrický súčet prúdov do uzla vtekajúcich a z uzla vytekajúcich sa rovná nule (viď obrázok 2.1). Pri aplikácií v el. obvodoch sa za pomoci tohto pravidla zostavujú rovnice pre všetky nezávislé uzly.



Obrázok 2.1 Uzol v el. obvode a smery jednotlivých prúdov

2.1.1.2 Druhý Kirchhoffov zákon

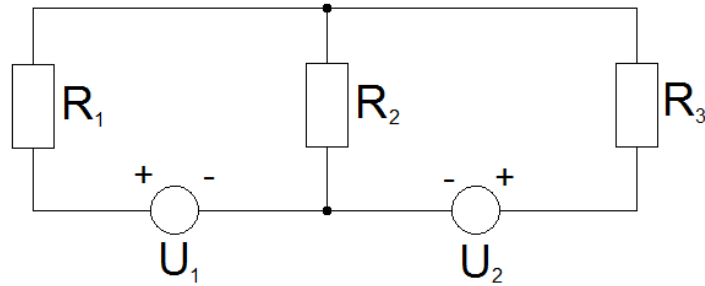
[1] Druhý Kirchhoffov zákon hovorí o napätí v slučkách. Slučka je uzavretá cesta v el. obvode. Dalo by sa to prirovnať k uzatvorenej ceste v grafe s tým, že každú cestu môžeme prejsť len raz a jedna cesta sa nemôže križovať s inou. Sú to takzvané oká elektrického obvodu. Pre lepšie vysvetlenie slučky vid' obrázok 2.2 na ktorom sú slučky označené rímskymi číslicami I., II. a III. Pre každú takúto slučku v obvode platí, že súčet úbytkov napätí na jednotlivých prvkoch slučky sa rovná súčtu napätí vnútorných napäťových zdrojov. Celkový súčet napätí slučky by sa teda mal rovnať nule.



Obrázok 2.2 Slučky v elektrickom obvode

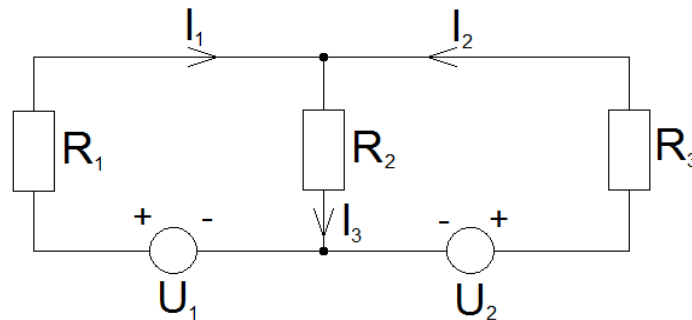
2.1.1.3 Aplikácia Kirchhoffových zákonov v elektrickom obvode

Majme daný elektrický obvod pozostávajúci z dvoch zdrojov napätia $U_1 = 14 \text{ V}$, $U_2 = 18 \text{ V}$ a troch rezistorov, ktorých odpory $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$ a $R_3 = 3 \Omega$. Na obrázku 3 môžeme vidieť, ako náš obvod vyzerá. Jednotlivé odpory rezistorov a veľkosti napätí oboch zdrojov poznáme, čo však nepoznáme sú veľkosti prúdov, ktoré tečú v jednotlivých vetvách obvodu. Tie vypočítame za pomoci použitia Kirchhoffových zákonov.



Obrázok 2.3 Nákres popísaného elektroického obvodu

Z obrázku 2.3 vidíme, že obvod obsahuje aj 2 uzly, ale aby sme na ne mohli aplikovať 1. Kirchhoffov zákon, musíme si najprv označiť prúdy, ktoré cez tieto uzly pretekajú. Vieme, že prúd tečie od kladného pólu zdroja k zápornému. Prúd v celej vetve hodnotu nemení a to znamená, že v našom obvode potečú práve 3 rôzne prúdy. Označíme si ich ako I_1 , I_2 a I_3 . Prúdy sú znázornené na obrázku 2.4.

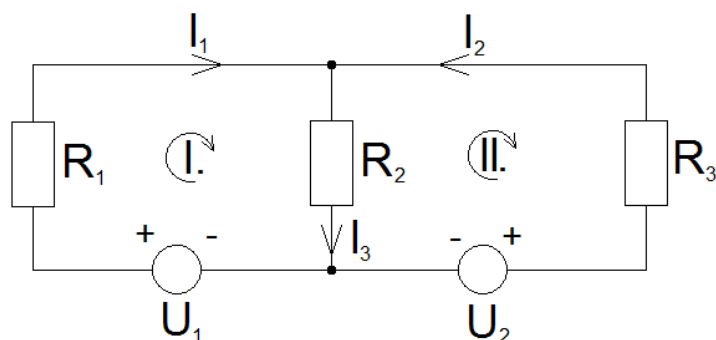


Obrázok 2.4 Znázornenie toku el. prúdov v obvode

Označené prúdy predstavujú neznáme, ktoré chceme vypočítať. Teda máme 3 neznáme. Ak by sme aplikovali 1. Kirchhoffov zákon pre všetky uzly, dostali by sme 2 rovnice, následne by sme aplikovali 2. Kirchhoffov zákon pre obe slučky, dostali by sme 4 rovnice. Ale, ako môžeme vidieť, tak rovnice pre oba uzly by boli rovnaké, pretože tieto uzly majú spoločné všetky 3 vetvy. Rovnicu pre druhý uzol teda vynecháme. A zostanú nám 3 rovnice o troch neznámych. Rovnica pre uzol by teda bola:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (2.1)$$

Na zostavenie ďalších dvoch rovníc podľa 2. Kirchhoffovho pravidla, si musíme v obvode určiť slučky. Počet slučiek v našom obvode sa bude rovnať dvom. Na smere orientácie slučiek nezáleží, všetky ale musia byť orientované rovnakým smerom. Označíme si ich rímskymi číslicami I a II. Slučky sú znázornené na obrázku 2.5.



Obrázok 2.5 Slučky v elektrickom obvode

Na základe týchto slučiek už vieme zostaviť posledné 2 rovnice. Postupujeme tak, že začneme v ľubovoľnom uzle a pohybujeme sa v smere orientácie slučky a cestou zapisujeme do rovnice všetky prvky obvodu. Začnime teda v spodnom uzle a zostavme rovnicu pre slučku I. Ako prvý prvok obvodu je zdroj, ten má však polaritu otočenú proti smeru slučky, takže do rovnice zapíšeme $-U_1$, pokračujeme ďalej a vidíme, že prúd pretekajúci cez rezistor R_1 je v smere slučky, do rovnice teda pridáme $+R_1 \cdot I_1$. Posledným prvkom v tejto slučke je rezistor R_2 , ktorého prúd je takisto v smere slučky, takže pridáme $+R_2 \cdot I_3$. Rovnakým spôsobom prejdeme aj slučku II. Tieto dve rovnice budú vyzerať nasledovne.

$$\begin{aligned} -U_1 + R_1 \cdot I_1 + I_3 \cdot R_2 &= 0 \\ U_2 - R_2 \cdot I_3 - R_3 \cdot I_2 &= 0 \end{aligned} \quad (2.2)$$

Dostali sme sústavu 3 rovníc o 3 neznámych a po dosadení hodnôt U_1 , U_2 , R_1 , R_2 a R_3 už vieme vypočítať veľkosti prúdov I_1, I_2 a I_3 . Hodnoty prúdov by sa mali rovnať $I_1 = 1$ A, $I_2 = 2$ A a $I_3 = 3$ A.

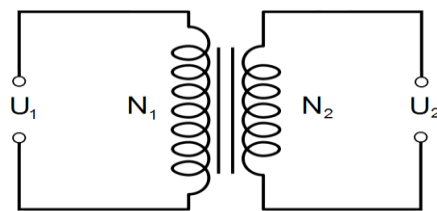
2.1.2 Transformátor

Transformátor je elektrický stroj, ktorý sa používa na zmenu veľkosti striedavého elektrického napätia. Umožňuje napätie zmenšiť, ale aj zväčšiť bez zmeny frekvencie. Samotná konštrukcia pozostáva z feromagnetickej kostry, je to druh kovu, ktorý sám o sebe nie je magnetický, ale dokáže sa pri pôsobení externého magnetického poľa na určitú dobu zmagnetizovať. Na tejto kostre sú navinuté najmenej dve cievky. Označujú sa ako primárna a sekundárna, alebo ako primárne a sekundárne vinutie. Tieto cievky by mali byť umiestnené tak, aby bola medzi nimi čo najväčšia vzájomná magnetická väzba. Cievka je vlastne elektrický vodič navinutý na nosnú kostru, v našom prípade na feromagnetickú kostru transformátora. Ak sa do vodiča primárnej cievky pustí striedavý elektrický prúd, cievka začne vytvárať striedavé magnetické pole. Toto magnetické pole začne pôsobiť na druhú (sekundárnu) cievku transformátora a tým sa v nej vytvorí elektrické napätie. Pomer

napätí na cievkach sa označuje ako transformačný pomer. Ten je úmerný pomeru počtu závitov na jednotlivých cievkach a označujeme ho ako koeficient n . [2] Počet závitov sa označuje ako N_1 pre primárnu cievku a N_2 pre sekundárnu cievku.

$$U_1/U_2 = N_1/N_2 = n \quad (2.3)$$

Ak má primárna cievka väčší počet závitov ako cievka sekundárna, výsledná hodnota napätia bude menšia. Teda, bude sa jednať o transformáciu nadol. V opačnom prípade sa bude jednať o transformáciu nahor a výsledné napätie bude väčšie ako napätie vstupné.



Obrázok 2.6 Schematická značka transformátora

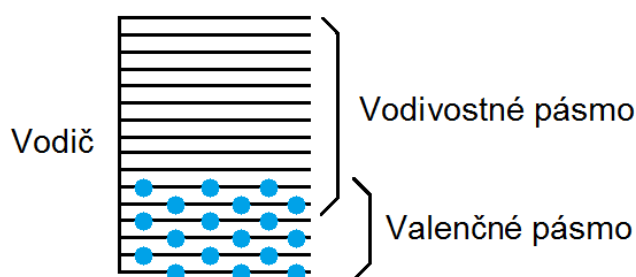
2.1.3 Elektrické vodiče a izolanty

Elektrické vodiče a izolanty sú základným stavebným kameňom všetkých elektronických zariadení. Aby sme dokázali pochopiť, prečo niektoré materiály vedú elektrický prúd a iné nie, musíme sa na ne pozrieť poriadne zblízka. Všetko začína u samotných atómov daného materiálu. Vieme, že atómy sú zložené z jadra, ktoré obsahuje protóny a neutróny a z elektrónového obalu v ktorom obiehajú elektróny. Protóny a neutróny sa spoločne nazývajú nukleóny. Elektróny obiehajú jadro atómu po určitých dráhach, ktoré sa nazývajú orbitály alebo orbity. Tieto orbitály popísal ako prvý rakúsky fyzik Erwin Schrödinger a zistil, že výskyt elektrónu je určený jeho energiou. Pre tok elektrického prúdu sú dôležité práve tieto elektróny. Elektróny, ktoré sa nachádzajú na orbite bližšie k jadrú atómu, sú viazané väčšou silou ako elektróny, ktoré sú od jadra viac vzdialené. Elektróny na poslednej vrstve sa nazývajú valenčné. Tie sa dokážu od jadra odtrhnúť a voľne pohybovať v látke. Táto schopnosť elektrónov, voľne sa pohybovať dáva danému materiálu schopnosť viesť elektrický prúd.

2.1.3.1 Vodiče

U elektrických vodičov je dôležitá ich vodivosť teda schopnosť, ako dobre dokážu viesť elektrický prúd. Okrem pevných látok, dokážu elektrický prúd viesť aj plynné a kvapalné

látky. Pevné látky, najmä kovy majú však vodivosť väčšiu, pretože jednotlivé atómy sú umiestnené v kryštalickej mriežke. Práve mriežka umožňuje valenčným elektrónom ľahko sa pohybovať, pretože atómy sú umiestnené veľmi tesne vedľa seba a pôsobia medzi nimi silné príťažlivé sily. Vodivosť materiálov sa dá znázorniť takzvaným pásmovým modelom látok. Je to model zložený z 3 pásiem. Vodivostným, zakázaným a valenčným. Zakázané pásmo predstavuje akúsi medzeru, cez ktorú sa elektróny vedia dostať iba za určitých podmienok. Pri vodičoch sa však toto zakázané pásmo nevyskytuje, pretože sa tu prelína valenčné pásmo s vodivostným a to znamená, že elektróny sa bez prekážok vedia pohybovať vodičom. Pásmový model je znázornený na obrázku 2.7.



Obrázok 2.7 Pásmový model vodiča

Vodivosť materiálu označujeme G a dá sa vypočítať ako podiel prúdu a napätia. Udáva sa v siemensoch S .

$$G = \frac{I}{U} \quad (2.4)$$

Okrem vodivosti sú pri elektrických vodičoch dôležité aj ostatné jeho vlastnosti, ktoré môžu byť elektrické, mechanické, tepelné a magnetické. Medzi elektrické vlastnosti patrí aj elektrický odpor. Označujeme ho ako R . Vyjadruje schopnosť zabraňovať elektrickým vodičom viesť elektrický prúd. Hodnota elektrického odporu sa udáva v ohmoch (Ω) a je definovaná ako podiel napätia a prúdu prechádzajúceho vodičom.

$$R = \frac{U}{I} \quad (2.5)$$

Elektrický odpor hlavne závisí od druhu materiálu, rozmerov a teploty vodiča. Tento odpor sa dá vypočítať bez toho, aby sme potrebovali poznať veľkosť elektrického prúdu a hodnotu napätia, len za použitia vlastností danej látky.

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2.6)$$

Kde l je dĺžka vodiča, S je obsah kolmého prierezu vodiča a ρ je rezistivita. Odpor vodiča v závislosti od teploty vzrastá priamoúmerne. Zmena odporu od teploty je lineárna.

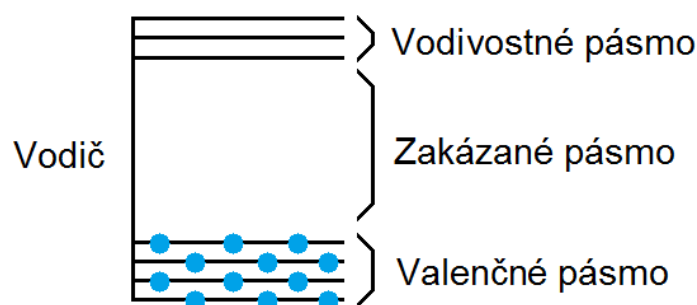
Ak teplota klesne príliš nízko, vodivosť vodiča sa zvýši. Pri veľmi nízkych teplotách môže teplota prekročiť kritickú hranicu a odpor vodiča sa zníži na nulu, tým vzniká supravodivosť. Takúto vlastnosť má napríklad ortuť pri teplote blízkej 0 stupňom kelvin, teda $-273,15^{\circ}\text{C}$.

Rezistivita ρ je tabuľková hodnota [3] pre daný materiál a určuje odpor 1m dlhého vodiča s priemerom 1m^2 pri teplote 20°C . Ak však potrebujeme vypočítať rezistivitu vodiča pri teplote inej ako je 20°C , potrebujeme poznať aj teplotný súčiniteľ odporu α . α je taktiež tabuľková hodnota a udáva o koľko sa zmení rezistivita materiálu pri zmene teploty o 1°C . Na výpočet rezistivity musíme použiť nasledujúci vzorec.

$$R = (\rho * (1 + \alpha * \Delta t)) * \frac{l}{S} \quad (2.7)$$

2.1.3.2 Izolanty

Izolant, alebo inými slovami nevodič, je látka, ktorá obsahuje veľmi malé množstvo voľných alebo valenčných elektrónov. Ak si nevodič ukážeme na pásmovom modeli (obrázok 2.8), vidíme, že medzi valenčným a vodivostným pásmom sa nachádza zakázané pásmo. To predstavuje akúsi priepasť, ktorú voľné elektróny nie sú schopné prekročiť. Takýto izolant však má nepatrnú elektrickú vodivosť. To znamená, že vedie nepatrné množstvo elektrického prúdu. To malé množstvo sa v ňom rozptyľuje a premieňa na teplo. Tým vzniká určitá strata, ktorá sa nazýva dielektrická strata. Ak však extrémne zvýšime elektrické napätie pôsobiace na izolant, môže dosiahnuť kritickú hranicu a nastane takzvaný prieraz. Toto napätie sa nazýva prierazné. Prieraz znamená, že izolantom začne pretekať elektrický prúd a stane sa vodivým.



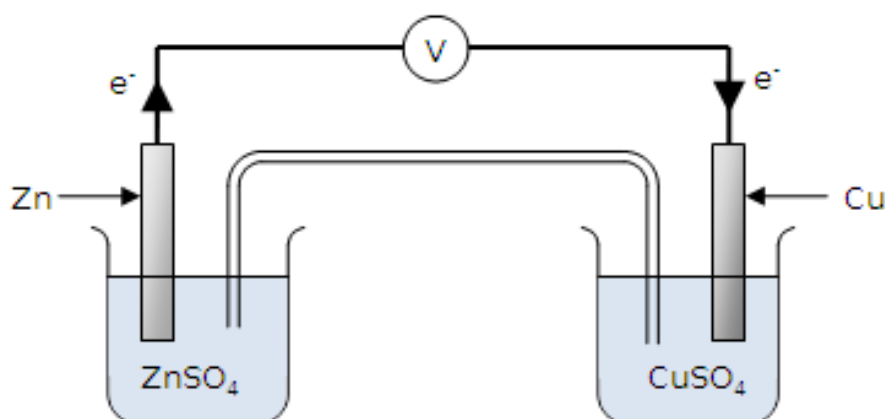
Obrázok 2.8 Pásmový model izolantu

Izolanty, rovnako ako aj vodiče, môžu nadobudnúť všetky 3 skupenstvá. Ďalej sa potom rozdeľujú na organické a anorganické. Vodivosť izolantu najmä organického pôvodu, môže byť ovplyvnená vlhkosťou. Preto sa najčastejšie používajú izolanty anorganického pôvodu, ako sú napríklad sľuda, sklo a keramika.

2.1.4 Elektrochemický článok

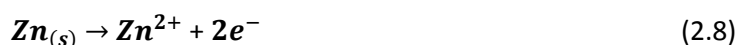
Elektrochemický, alebo inak povedané galvanický článok je zdrojom elektrického napätia. Toto napätie je generované chemickými reakciami, ktoré v ňom prebiehajú.[4] V tomto experimente je simulovaný práve Daniellov článok, ktorý bol vynájdený v roku 1836 britským chemikom a meteorológom Johnom Fredericom Daniellom. Dnes na podobnom princípe fungujú všetky druhy batérií.

Daniellov článok sa skladá z dvoch fyzicky od seba oddelených nádob. V prvej sa nachádza 15% roztok síranu zinočnatého $ZnSO_4$ a v druhej 15% roztok síranu meďnatého $CuSO_4$. Tieto nádoby sú vzájomne prepojené takzvaným soľným mostíkom, v ktorom sa nachádza roztok solí. V tomto prípade sa jedná o roztok dusičnanu draselného KNO_3 . Tento roztok slúži na vyrovnanie elektrického náboja v oboch nádobách. Do nádoby so síranom zinočnatým sa vloží elektróda zložená zo zinku a do tej druhej elektróda z medi. Elektródy sú následne prepojené elektrickým vodičom, na ktorom je možné merať napätie. Celá zostava je vyobrazená na obrázku 2.9.



Obrázok 2.9 Daniellov článok

Princíp je taký, že ak spojíme elektrický obvod zo zinkovej elektródy sa do roztoku $ZnSO_4$ uvoľní jeden atóm zinku. Zinok zanechá v elektróde 2 elektróny, preto do roztoku vstupuje ako Zn^{2+} . Inými slovami prebehne tam reakcia popísaná nasledujúcim chemickým vzorcom. Hovoríme o oxidácii.



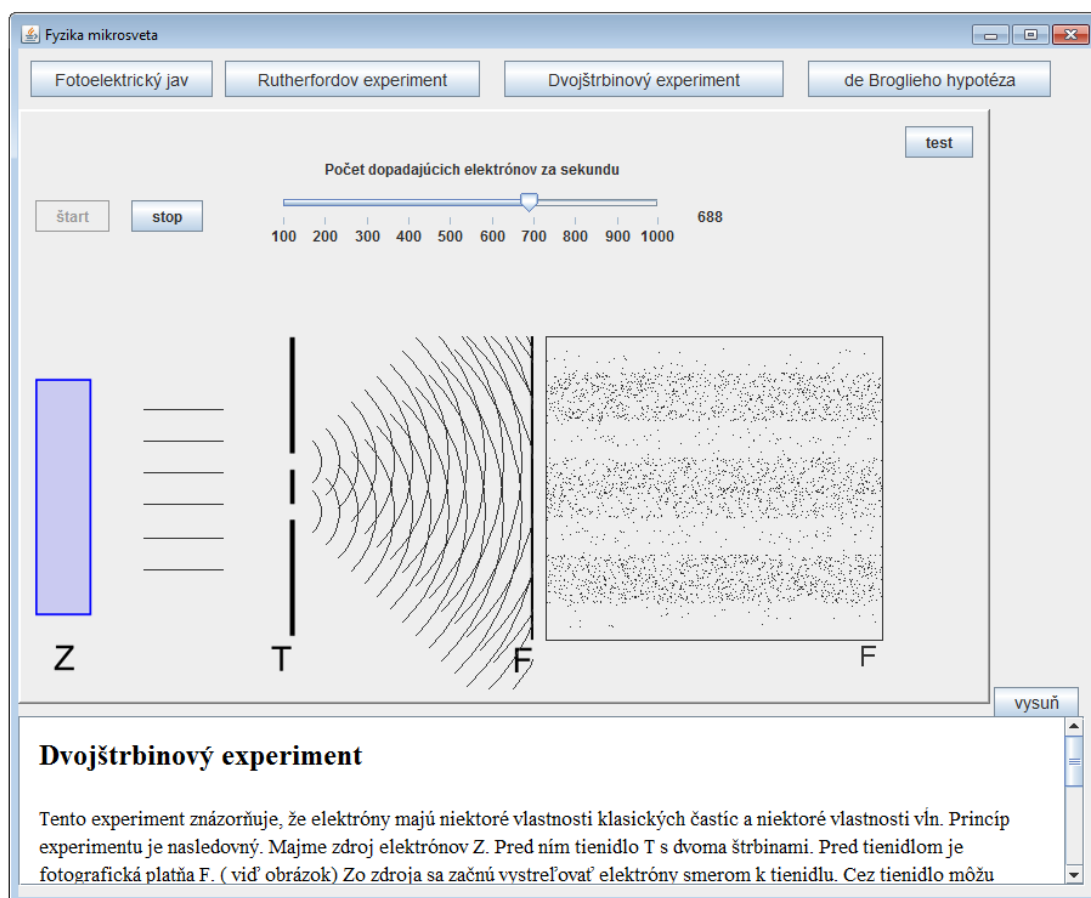
Tieto 2 elektróny cestujú elektrickým obvodom až do medenej elektródy. Tam vytvoria záporný náboj. Ten pritiahne z roztoku síranu meďnatého jeden atóm medi, ktorému práve 2 elektróny chýbajú. Tento atóm medi zreaguje s elektródou. Hovoríme o redukčnej chemickej reakcii.



Týmto vznikne v prvej nádobe kladný elektrický náboj, pretože v nej pláva o jeden atóm zinku viac a naopak v druhej nádobe vznikne záporný elektrický náboj, pretože jeden atóm medi sa naviazal na medenú elektródu. Tento problém rieši práve soľný mostík, ktorý oba tieto elektrické náboje vyrovná. Do prvej nádoby vniknú 2 molekuly NO_3^- a do druhej zase 2 atómy draslíku K^+ . Týmto spôsobom prešli 2 elektróny cez elektrický obvod a vytvorili tak elektrický prúd. Celý článok bude vytvárať elektrický prúd [5], až do kým neprestane prebiehať jedna z popísaných reakcií. Vtedy hovoríme, že sa vybila baterka.

2.2 Existujúce systémy

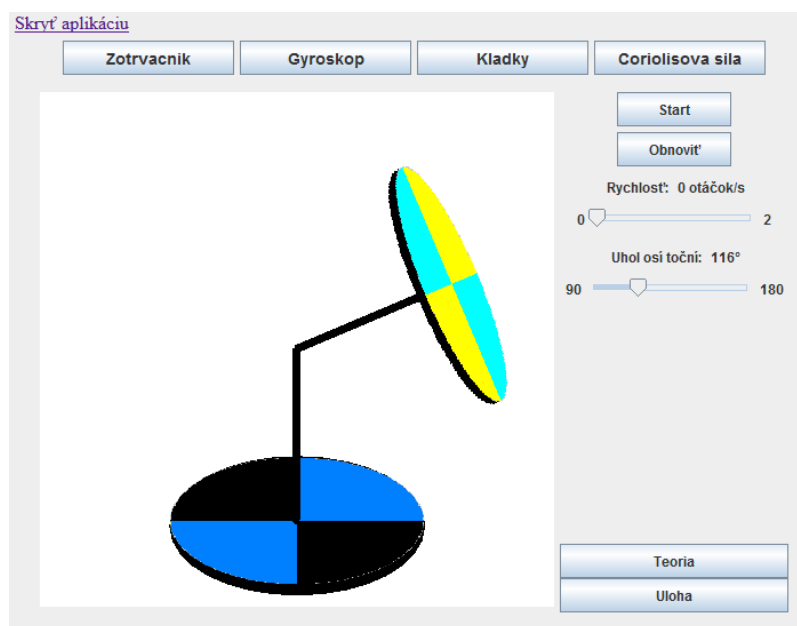
V minulosti boli na našej univerzite už vypracované dve bakalárske práce, ktoré sa zaoberali simuláciami fyzikálnych javov. Prvá z nich bola vypracovaná už v roku 2011 a jej autorom bol Lukáš Slovák. Program bol riešený ako javovská aplikácia, ktorú bolo možné spustiť v počítači ako desktopovú aplikáciu. Ukážka z programu je vidieť na obrázku 2.10.



Obrázok 2.10 Aplikácia Lukáša Slováka

Tematikou tejto práce bola fyzika mikrosveta. Simulovali sa tu taktiež ako aj v našej práci štyri experimenty. Konkrétne to bol: Fotoelektrický jav, Rutherfordov experiment, Dvojštrbinový experiment a de Borglieho hypotéza. Jednalo sa o pomerne náročnú tému a dva z experimentov simulovali iba fyzikálny jav, bez možnosti meniť vstupné parametre. Ostatné dva experimenty obsahovali ovládací panel s množstvom ovládacích prvkov. Súčasťou programu bola taktiež aj teória, ktorá sa zobrazovala v hlavnom okne pod simulovaným experimentom. Okrem teórie poskytovala aplikácia aj možnosť vypíňať testy, ktoré sa zobrazovali v novom okne pri kliknutí na tlačidlo Test. Každý experiment obsahoval práve jeden test, ktorý pozostával iba zo štyroch otázok. Tie však boli pevne definované a ich obsah sa nedal meniť. Po vyplnení testu sa zobrazili správne odpovede aj s vysvetlením, prečo je to tak. Nebola tu však možnosť prihlásenia sa, takže výsledky z testov sa nikam neukladali a slúžili iba pre vlastné otestovanie sa. Aplikácia však disponovala možnosťou pripojiť sa na učiteľský počítač. Po pripojení bolo možné sledovať experimenty na učiteľskom počítači. Učiteľ tak mohol žiakom popri vysvetľovaní ukazovať priebeh simulácie jednotlivých experimentov. Na pripojenie sa k učiteľskému počítaču stačilo zadať IP adresu daného počítača. Ak by som to mal zhrnúť, tak tento program fungoval bezchybne a spĺňal celú špecifikáciu.

Druhú prácu vypracoval v roku 2013 Jozef Belko. Jednalo sa o java applet spustiteľný v prehliadači. Problémom však bola kompatibilita. Applet bolo možné spustiť iba v prípade, ak bol v prehliadači nainštalovaný ten správny modul a to sa tiež málokedy podarilo. Tematika tejto práce bola mechanika. Program rovnako, ak aj predchádzajúci pozostával zo štyroch simulovaných experimentov. Jednalo sa o simuláciu Zotrvačníku, Gyroskopu, Kladiiek a Coriolisovej sily. Každý z experimentov taktiež obsahoval ovládací panel, pomocou ktorého bolo možné meniť vstupné hodnoty experimentov. Ukážka tejto aplikácie sa nachádza na obrázku 2.11.



Obrázok 2.11 Ukážka programu Jozefa Belka

V experimentoch bolo síce možné meniť vstupné hodnoty, ale iba pred spustením samotného experimentu. Takže nebolo možné hodnoty upravovať počas behu a bolo nutné experiment vypnúť a reštartovať. Z počtu štyroch experimentov boli však funkčné iba tri. Experiment s názvom Gyroskop nebol nikdy implementovaný a po jeho načítaní sa zobrazilo iba prázdne okno. Okrem experimentov aplikácia obsahovala aj učiteľský režim, ktorý umožňoval zadávať úlohy, ktoré mohli žiaci vypíňať a svoje odpovede odosielať. Bolo možné vytvoriť úlohu pre každý experiment zvlášť, alebo pre všetky dohromady. Taktiež tu bola prístupná aj teória ku každému z experimentov. Táto aplikácia však nebola dokončená a mala ešte mnoho nedostatkov.

Obe aplikácie mali však spoločné niektoré vlastnosti, ktoré sa dobre osvedčili. A preto sme sa rozhodli vytvoriť aplikáciu, ktorá by obsahovala všetky dobré vlastnosti z oboch riešení. V oboch riešeniach bol problém s dostupnosťou. Desktopovú aplikáciu bolo nutné sťahovať a pre spustenie bolo potrebné mať nainštalovaný Java Runtime Environment (JRE) s verziou 6 a vyššie, u appletu bol zase problém s kompatibilitou. Preto sme sa rozhodli našu prácu naprogramovať v javascripte, ako webovú aplikáciu. Tým pádom bude on-line dostupná kdekoľvek, kde je pripojenie na internet. Problém s kompatibilitou bude minimálny, pretože HTML5 canvas a JavaScript sú podporované vo všetkých majoritných prehliadačoch. Zachovajú sa aj hlavné črty aplikácie. Obe riešenia obsahujú hlavné menu, ktoré umožňuje intuitívne sa preklikať medzi jednotlivými experimentmi. Pod hlavným menu sa bude takisto nachádzať plocha, do ktorej sa bude vykresľovať aktuálny stav experimentu. Tak isto sa osvedčil aj ovládací panel k experimentom. Bude sa však nachádzať mimo plochy. Vstupné parametre sa budú dať zadávať aj počas behu experimentu a ten sa na základe týchto vstupov upraví počas behu. Nebude teda nutné experiment zastavovať a resetovať. Osvedčila sa aj teória k jednotlivým experimentom. Jej spôsob zobrazenia v druhom riešení nám pripadal viac userfriendly a bude sa teda zobrazovať len po kliknutí na tlačidlo. Testy pre žiakov sa taktiež zachovávajú, ale s tým rozdielom, že učiteľ si bude môcť sám upraviť obsah testu a systém ich po vyplnení sám vyhodnotí a oboduje. V oboch prípadoch nám chýbal akýsi návod na použitie. Prvé riešenie obsahovalo možnosť pripojiť sa na počítač učiteľa a sledovať čo sa deje, ale od tejto možnosti sme upustili, pretože sme chceli donútiť žiakov, aby experimentovali sami. Každý experiment teda bude obsahovať niekoľko úloh, ktoré žiaka naučia ovládať samotný experiment a pochopiť jeho princíp. Úlohy budú interaktívne, takže sa žiak okamžite dozvie, či danú úlohu vyriešil správne. Taktiež bude pre učiteľov vytvorené administračné rozhranie s požiadavkou na minimalizáciu administračnej práce. Teda učiteľ nebude musieť vytvárať prihlasovacie konto pre každého žiaka zvlášť, ale bude mať možnosť vytvoriť jedno konto pre celú skupinu. Navyše budú pripravené predvolené testy, ktoré budú môcť učitelia používať a nebudú si tak musieť vytvárať vlastné, ak nebudú chcieť.

2.3 Použité programovacie jazyky a technológie

V tejto kapitole sú popísané programovacie jazyky použité v práci. Okrem popisu jednotlivých technológií obsahuje táto kapitola aj popis toho, načo boli dané technológie využité.

2.3.1 HTML, CSS, PHP, MySQL

Pri tvorbe našej aplikácie sme využili štandardné technológie určené na tvorbu webových aplikácií. Ako napríklad PHP, HTML, CSS a MySQL.

2.3.2 JavaScript a jQuery

JavaScript je programovací jazyk používaný k tvorbe webových stránok. Jeho úlohou je spraviť stránku viac dynamickou. V podstate generuje a upravuje html kód rovnako ako aj PHP, ale s tým rozdielom, že JavaScript sa odohráva na strane klienta[6] zatiaľ čo PHP na strane servera[7]. Tým pádom nie je potrebný refresh stránky, ale všetky zmeny sa odohrávajú v reálnom čase. Tým pádom pomocou neho dajú robiť výborné animácie.

Jadro našej aplikácie bude programované práve v jazyku JavaScript, pretože pre pekne vyzerajúcu simuláciu sú potrebné animácie a tie sú možné len vďaka HTML 5 canvasu a JavaScriptu, ktorý bude vykresľovanie sprostredkovať. Taktiež v ňom budú naprogramované všetky výpočty potrebné k simulácii, pretože do experimentov bude možné zadávať vstupné parametre počas behu programu. Tým pádom sa nemusí po každej zmene refreshovať celá stránka. Rovnako pomôže aj pri generovaní testov pre žiakov. Umožní jednoduché pridanie novej otázky do testu bez toho, aby bol potrebný refresh.

V čase vytvárania tejto aplikácie bol JavaScript veľmi slabo objektovo orientovaný. Inými slovami neexistovalo v ňom niečo ako napríklad konštruktor. To všetko však malo byť súčasťou novej verzie JavaScriptu, ktorý sa v tom čase ešte len začínal vytvárať. Objekty tu však fungovali podobne ako aj v iných jazykoch.

Okrem toho, že JavaScript nebol príliš stavaný pre objektové programovanie, nebol ani typový, alebo môžeme povedať, že bol len veľmi slabo typový. Jednotlivým premenným sa síce dal nastaviť typ, ale nebolo to potrebné. Do premennej, v ktorej bola uložená boolovská hodnota, sa dalo ľahko priradiť niekoľkorozmerné pole rôznych typov. Táto vlastnosť JavaScriptu však spôsobovala problémy najmä pri práci so spájaním reťazcov a sčítovaním operátorov. Na spájanie reťazcov sa totižto používalo rovnaké znamienko ako pri sčítaní. Teda plus. V praxi to znamenalo, že ak som zo vstupného políčka pre zadanie

hodnoty vytiahol číslo 10 a pripočítal som k nemu 1, stávalo sa, že výsledok bol 101 a nie 11, ako by sme očakávali. Všetky premenné bolo teda vždy nutné previesť na správny typ.

Pre JavaScript však existuje veľké množstvo dobrých knižníc, ktoré dokážu uľahčiť prácu s vytváraním webových aplikácií. Jednou z najznámejších je knižnica jQuery [8], ktorá bola vydaná už v roku 2006. V tejto práci som jQuery využil iba na slidre, ktoré slúžia ako ovládacie prvky k jednotlivým experimentom.

3. ŠPECIFIKÁCIA CIEĽOV

V tejto kapitole je popísaná konkrétna špecifikácia výslednej aplikácie. Obsahuje detailný popis správania sa každého zo simulovaných experimentov. Okrem popisu experimentov obsahuje aj popis administratívneho rozhrania. Špecifikácia vyplýva zo zadania práce.

3.1 Všeobecná špecifikácia

Cieľom našej práce bolo vytvoriť webovú aplikáciu, ktorá bude mať za úlohu vysvetliť študentom stredných elektrotechnických škôl fyzikálne princípy v elektrických obvodoch. Mala by pozostávať zo štyroch experimentov, ktoré budú graficky vizualizovať daný fyzikálny jav. Experimenty by mali byť interaktívne, aby mohol študent zadávať vlastné hodnoty a pozorovať, čo sa stane a na základe toho pochopiť daný princíp.

3.2 Konkrétna špecifikácia

Bude sa jednať o webovú aplikáciu, takže ju bude možné spustiť v bežnom internetovom prehliadači. Bude tvorená štyrmi experimentmi medzi ktorými sa bude dať jednoducho a intuitívne prechádzať. Každý z experimentov bude vizualizovať simulovaný fyzikálny jav. Konkrétne sa bude jednať a vizualizáciu toku elektrických prúdov v obvodoch na základe Kirchhoffových zákonov. Druhým experimentom bude simulácia transformátorového javu. Tretí experiment bude vizualizovať pohyb elektrónov skrz vodiče a izolanty. Posledný experiment sa bude zaoberať vizualizáciou častíc v galvanickom článku. Každý z experimentov bude obsahovať vlastnú plochu na vykresľovanie danej simulácie. Ďalej bude obsahovať ovládací panel, prostredníctvom ktorého bude možné zadávať vstupné hodnoty, ktoré program spracuje a na základe nich vykreslí danú simuláciu. V niektorých experimentoch bude možné zadávať vstupné hodnoty aj priamym vpísaním do príslušných polí priamo v ploche určenej na vykresľovanie. Okrem simulácie a vizualizácie bude každý experiment obsahovať aj krátky teoretický popis danej problematiky. Ten bude obsahovať informácie v podobe obrázkov, textov a matematických vzorcov pre lepšie pochopenie danej simulácie.

Aplikácia bude taktiež obsahovať prihlasovací formulár, prostredníctvom ktorého bude možné prihlásenie sa do systému. Budú existovať dva typy účtov. Učiteľský a študentský. Učiteľ bude môcť vytvárať rôzne testy pre študentov na základe ktorých, môžu byť študenti hodnotení. Učiteľ si bude môcť pripraviť niekoľko testov vopred a sprístupniť ich až priamo na hodine. Študenti budú po prihlásení môcť vidieť dostupné testy, ktoré môžu riešiť. Po odovzdaní im ich systém automaticky vyhodnotí a pripíše body k celkovému

hodnoteniu. Učiteľ bude môcť v testoch určiť bodové hodnotenie každej otázky zvlášť. Učiteľ bude mať taktiež prístup k histórii testov všetkých študentov.

3.2.1 Simulácia Kirchhoffových zákonov

Na ploche bude vykreslený jednoduchý rozvetvený elektrický obvod, ktorý bude obsahovať 2 napäťové zdroje, 3 spotrebiče v podobe rezistorov a 3 ampérmetre na meranie elektrického prúdu v každej vetve obvodu zvlášť. Pri každej súčiastke okrem ampérmetra bude políčko na vpísanie vstupnej hodnoty či už napätia, alebo odporu. Ampérmetre budú iba pre zobrazovanie. Ovládací panel bude taktiež obsahovať 1 slider pre každú nastaviteľnú súčiastku zvlášť. Pre pohodlnejšie ovládanie. Pohybmi sliderov sa budú dať nastaviť hodnoty napäťových zdrojov a aj spotrebičov.

Celý experiment bude možné spustiť, alebo vypnúť vypínačom umiestneným na ploche v blízkosti elektrického obvodu. Po spustení sa vypočítajú elektrické prúdy na základe Kirchhoffových zákonov. Tieto vypočítané hodnoty prúdov sa zobrazia v príslušných ampérmetroch. Smer toku elektrického prúdu skrz obvod bude vizualizovať animácia pozostávajúca z pohybujúcich sa šípkok. V prípade zmeny niektorého zo vstupných parametrov experimentu, či už priamym vpísaním do príslušných polí, alebo pohybom sliderov sa výstupné hodnoty prúdov okamžite prepočítajú a zobrazia. Vstupné polia budú ošetrené proti zlým vstupom. Bude možné zadávať iba čísla v rovnakom rozsahu, ako to dovoľuje slider.

Pri vypnutí simulácie vypínačom sa hodnoty v ampérmetroch vynulujú a tok prúdu v obvode sa prestane vykresľovať.

3.2.2 Simulácia transformátorového javu

Na ploche bude vykreslený elektrický obvod pozostávajúci z napäťového zdroja, primárnej cievky, sekundárnej cievky, spotrebiča v podobe odporu a voltmeter na meranie výstupného napätie. Voltmeter bude iba na čítanie. Obvod bude taktiež obsahovať aj vykreslené feromagnetické jadro transformátoru. V horných rohoch plochy budú vyhradené miesta pre zobrazenie grafického priebehu napätí v podobe grafu. Nad napäťovým zdrojom bude graf, zobrazujúci vstupné napätie a nad spotrebičom graf, ktorý bude zobrazovať výstupné napätie. Na ploche bude taktiež vypínač umožňujúci zapnutie a vypnutie celého experimentu. Ovládací panel bude obsahovať 2 slidre pre cievky. Primárnu a sekundárnu. Každým z týchto sliderov bude možné nastaviť počet závitov na príslušnej cievke. Rozsah závitov pre obe cievky bude od 50 do 1000. V ovládacom paneli sa ďalej bude nachádzať jeden slider pre nastavenie veľkosti vstupného napätia. Rozsah zdroja bude od 0 po 10 000

V. Okrem sliderov sa tam bude nachádzať aj možnosť zmeny elektrického prúdu zo striedavého na jednosmerný a naopak. Tento ovládací prvok bude pozostávať z 2 rádio buttonov. Jeden pre striedavý a druhý pre jednosmerný prúd.

Po zapnutí vypínača sa z aktuálne zvolených vstupných informácií vypočíta transformačný pomer. Na základe neho sa vypočíta výstupné napätie. Toto napätie sa následne zobrazí na voltmetri. Taktiež sa začne na grafoch zobrazovať priebeh vstupného a výstupného napätia. V prípade, že sa bude jednať o striedavý prúd, graf číslo jeden bude sínusoida. Jej veľkosť bude závisieť na vstupnom napätí. Rovnako aj na druhom grafe sa zobrazí sínusoida s tým rozdielom, že jej veľkosť bude závisieť nielen na vstupnom napätí, ale aj na počtoch závitov na primárnej a sekundárnej cievke. V prípade jednosmerného prúdu bude na prvom grafe rovná čiara, pričom jej veľkosť bude závisieť od vstupného napätia. Na druhom grafe v tomto prípade nebude nič. Počas behu experimentu so striedavým prúdom bude v primárnom aj sekundárnom obvode zobrazený smer toku elektrického prúdu. Táto vizualizácia bude zobrazená pohybujúcimi sa elektrónmi tam a späť. Vo feromagnetickom jadre transformátora budú vykreslené magnetické siločiarly. Budú vyobrazené pohybujúcimi sa šípkami po zvolených trasách. Ich smer bude závisieť od aktuálneho smeru elektrického prúdu. V prípade jednosmerného prúdu, sa budú elektróny pohybovať iba v primárnej cievke a to iba jedným smerom.

Pri zmene počtu závitov či už v primárnej alebo sekundárnej cievke pomocou slideru sa bez ohľadu na beh experimentu prekreslí počet závitov príslušnej cievky na jadre transformátora. Počet vykreslených závitov bude iba ilustračný. Jeden vykreslený závit bude zodpovedať hodnote približne 100 závitov. Pri zmene počtu závitov počas behu experimentu sa okamžite vypočíta a zobrazí výstupné napätie. Na základe výstupného napätia sa okamžite upraví aj veľkosť sínusoidy na výstupnom grafe. Graf vstupného napätia zostane v tomto prípade nezmenený. Pri zmene vstupného napätia počas behu experimentu sa taktiež okamžite vypočíta a zobrazí výstupné napätie. Rovnako sa upraví veľkosť sínusoid na oboch grafoch. Pri prepnutí obvodu na jednosmerný prúd sa voltmeter vynuluje. Výstupný graf sa vynuluje tiež. Vstupný graf sa zmení sa rovnú čiaru. Pri opätovnom prepnutí na striedavý prúd sa animácia uvedie do rovnakého stavu, ako bola pred zmenou typu prúdu.

Pri vypnutí vypínača sa voltmeter vynuluje. Pohybujúce sa elektróny zmiznú z obvodu. Grafy a zobrazenie magnetického toku sa vymažú.

3.2.3 Simulácia vodičov a nevodičov

Plocha experimentu bude obsahovať vykreslený elektrický obvod, ktorý bude pozostávať z napäťového zdroja, odporu o hodnote 100 Ω , vypínača, ampérmetra a ohm metra. Celý tento elektrický obvod bude pripojený na veľký odpor, v ktorom bude vykreslený detail materiálu, z ktorého je daný odpor vyrobený. Bude možné zobraziť detail

vždy jedného zo šiestich materiálov. Možné materiály budú: meď, striebro, zlato, kremík, grafit a diamant. Detail materiálu musí obsahovať molekuly daného materiálu usporiadané v kryštalickej mriežke. Medzi jednotlivými atómami budú musieť byť zreteľne znázornené chemické väzby. Bude treba odlíšiť voľné elektróny od viazaných. Rôzne materiály sa budú líšiť farbou, štruktúrou kryštalickej mriežky, veľkosťou atómov a počtom elektrónov. Ovládací panel bude v tomto prípade tvorený tromi ovládacími prvkami. Dva z nich budú slidre a tretí bude výberové pole. Prvý slider bude ovládať teplotu. Tá sa bude dať nastaviť rozsahu od - 273°C po 727°C alebo inak od 0 K po 1000 K. Druhým zo sliderov bude napätie v rozsahu od 0-1000 V. Výberové pole bude slúžiť na výber jedného zo spomínaných šiestich materiálov.

Po spustení vypínača sa zo zadanej teploty, napätia a druhu materiálu vypočíta odpor a prúd, ktorý tečie celým vodičom. Vypočítané hodnoty sa zobrazia ako výstupy na ampérmetri a ohm metri. Zároveň sa spustí animácia. Tá sa bude líšiť na základe od zvoleného materiálu. Vo všetkých prípadoch však bude simulovať pohyb elektrónov daným materiálom. Na priebeh animácie bude vplývať vypočítaný prúd a zadaná teplota. Veľkosť prúdu bude určovať rýchlosť pohybu elektrónov vodičom. Pri nulovom prúde sa elektróny nezastavia úplne, ale prestanú tiecť vodičom a začnú obiehať najbližší voľný atóm. Teplota bude určovať veľkosť kmitania elektrónov. Pri zmene teploty, alebo napätia sa okamžite prepočítajú a zobrazia výstupné hodnoty na základe ktorých sa upraví animácia. Pri zmene materiálu sa animácia vypne. Plocha sa vyčistí a vykreslí sa detailný pohľad na zvolený typ materiálu. Nastavená teplota a napätie zostanú nezmenené.

Po vypnutí vypínača sa ampérmeter aj ohm meter vynulujú a animácia sa zastaví. Po opätovnom spustení sa animácia rozbehne od bodu, v ktorom skončila.

3.2.4 Simulácia elektrochemického článku.

Pri tomto experimente musí byť na ploche vykreslený jednoduchý elektrický obvod a celý ilustračný náčrt elektrochemického článku. Elektrický obvod bude zostavený z vypínača, dvoch elektród a voltmetra, ktorý bude pripojený na spotrebič v podobe odporu, aby bolo možné merať elektrické napätie. Každá zo spomínaných elektród musí byť nakreslená inou farbou, pretože budú predstavovať rôzne druhy materiálov. Farby teda musia byť približne rovnaké, ako je aj farba daného materiálu, v tomto prípade zinok a meď. Ďalej musí byť vykreslená celá zostava elektrochemického článku. Tá pozostáva z dvoch nádob, ktoré sú fyzicky prepojené trubicou zvanou mostík. Nádoby budú musieť byť umiestnené tak, aby do nich obvod aj s elektródami presne zapadol. V prvej nádobe sa bude nachádzať zinková elektróda a roztok síranu zinočnatého. Tento roztok je tvorený molekulami zinku a síranu. Tieto molekuly musia byť vykreslené v prvej nádobe. V druhej nádobe bude naopak medená elektróda a roztok síranu meďnatého. Takisto aj v tomto roztoku budú vykreslené príslušné molekuly. V mostíku sa bude nachádzať roztok dusičnanu

draselného. Ten pozostáva z molekúl draslíku a nitrátu. Rovnako, ako aj v nádobách, aj tieto molekuly tu budú vyobrazené. Pri každej z nádob bude popis daného roztoku, ktorý navyše bude indikovať aktuálny elektrický náboj v každej z nádob. Ovládací panel bude obsahovať iba jeden ovládací prvok a tým bude teplota. Bude regulovateľná pomocou slideru, ktorého rozsah bude od -273°C po 727°C , alebo inak od 0 K po 1000 K .

Po spustení tohto experimentu pomocou vypínača, sa molekuly v nádobách začnú pohybovať. Budú simulovať skutočné chemické reakcie a správanie sa týchto roztokov. Po niekoľkých sekundách behu sa zo zinkovej elektródy uvoľní do roztoku jeden atóm zinku. Farba roztoku v tejto nádobe sa zmení. Farba bude zodpovedať viac nasýtenému roztoku. Zinková elektróda sa zmenší. Zostanú v nej však 2 elektróny navyše, ktoré začnú cestovať elektrickým obvodom až do medenej elektródy. Keď dorazia do cieľa, začnú priťahovať jeden atóm medi z roztoku v druhej nádobe. Ak sa meď dotkne elektródy, atóm medi spolu s elektrónmi zmizne a medená elektróda sa o kúsok zväčší. Farba roztoku v druhej nádobe sa tiež zmení. Popis roztokov pod nádobami začne okamžite pri každej so spomínaných reakcií indikovať zmenu elektrického náboja. V prvej nádobe bude $++$ a v druhej $--$. Následne sa z mostíka začnú pohybovať molekuly nitrátu smerom k prvej nádobe a ióny draslíku smerom k nádobe druhej. V momente, keď sa dostanú do nádoby, indikátory elektrických nábojov sa upraví. Novo pridané molekuly sa v nádobách začnú správať podľa fyzikálnych zákonov, teda nadviažu sa na voľne plávajúci zinok a meď. Po celý čas behu experimentu bude na voltmetri ukázaný aktuálny elektrický potenciál tohto článku. Ten však nebude po celú dobu rovnaký. Počet molekúl v nádobách sa bude časom meniť, rovnako, ako aj šírka elektród a tým pádom tento proces nepôjde do nekonečna. Každou reakciou sa mierne upraví koncentrácia roztokov, z ktorej sa následne vypočíta aktuálne elektrické napätie. Ak v nádobách dôjdu molekuly potrebné na jednu z príslušných reakcií, na voltmetri sa objaví 0. Tento stav bude znamenať vybitie baterky. Počas celého behu experimentu bude však možné nastavovať aktuálnu teplotu. Okamžite, po zmene, sa novo zvolená teplota započíta do vzorca pre výpočet aktuálneho napätia. To sa následne zobrazí na voltmetri.

Po vypnutí vypínača, sa chemické reakcie a pohyb molekúl zastaví. Voltmeter sa vynuluje. Po opätovnom spustení bude experiment pokračovať tam, kde skončil.

3.2.5 Interaktívny tutoriál

Každý jeden zo štyroch experimentov bude obsahovať takzvaný tutoriál, inými slovami návod na použitie. Tento návod bude pozostávať z niekoľkých úloh, ktoré bude musieť užívateľ splniť (obrázok 3.1). Napríklad, bude musieť nastaviť vstupné parametre experimentu tak, aby sa dosiahol konkrétny výstup. Systém automaticky vyhodnotí splnenie úlohy. Po splnení úlohy si bude môcť užívateľ sám zvoliť, či bude v úlohách ďalej pokračovať,

alebo nie. Tutoriál bude možné v ktoromkoľvek okamihu vypnúť, alebo opätovne zapnúť. Predvolene bude vždy zapnutý.

- ✓ Zapnite experiment.
- ✓ Nastavte vstupné napätie na 2 000 V. [Ďalšia úloha](#)
Nastavte počty závitov cievok tak, aby výstupné napätie bolo 8 000 V.
Nastavte počty závitov cievok tak, aby výstupné napätie bolo 200 V.

Vypnúť tutoriál

Obrázok 3.1 Tutoriál k experimentu

3.2.6 Administračné rozhranie a testy

Aplikácia bude taktiež umožňovať učiteľom otestovať si vedomosti svojich žiakov. Učitelia si budú môcť vytvárať vlastné testy za pomoci administračného rozhrania. To bude fungovať nasledovne. Administrátor pridá do systému školy, ktoré budú túto aplikáciu používať. Ku každej škole taktiež vytvorí prihlasovacie kontá pre konkrétnych učiteľov. Učiteľ sa tým pádom už bude môcť prihlásiť do systému. Na prihlásenie si vyberie školu na ktorej vyučuje, zvolí si prihlásenie ako učiteľ a zadá prihlasovacie údaje, ktoré mu prideli administrátor. Po prihlásení sa do systému bude môcť vytvoriť študijné skupiny. Na vytvorenie študijnej skupiny bude musieť zadať názov skupiny a heslo pre skupinu. Toto heslo bude spoločné pre celú skupinu žiakov. Žiaci sa následne budú môcť prihlásiť do systému. Najskôr si vyberú svoju školu. Potom si z ponúknutého zoznamu vyberú svoju skupinu a nakoniec sa prihlásia pod svojim menom, priezviskom a heslom skupiny. Meno a priezvisko budú v tomto prípade slúžiť iba ako identifikačný údaj pre učiteľa.

Učiteľ bude mať po prvotnom prihlásení sa k dispozícii niekoľko predvolených testov, ktoré budú pre všetky školy rovnaké. Bude mať však možnosť vytvoriť si vlastný test. Pri vytváraní testu bude musieť zadať jeho názov. Následne musí vyplniť text otázky. Pod každou otázkou bude predvolene zobrazené jedno pole pre možnosti. Do tohto pola sa bude vždy zadávať správna odpoveď pre príslušnú otázku, systém ju potom automaticky zamieša medzi ostatné odpovede. Ďalšiu možnosť bude možné pridať príslušným tlačidlom. Pre odstránenie možnosti bude stačiť nechať príslušné pole prázdne. Maximálny počet možností bude však obmedzený na 5. Po vyplnení možných odpovedí na otázku, bude musieť zadať počet bodov pre príslušnú otázku. Následne bude môcť pridať ďalšiu otázku a celý postup opakovať. Počet otázok v jednom teste nebude obmedzený. Po vyplnení všetkých údajov, bude môcť test

uložiť. V prípade zmien, alebo úprav bude možné daný test plne editovať, alebo úplne odstrániť zo systému. Takto vytvorený test bude prístupný iba pre konkrétnu školu a pre konkrétneho učiteľa, ktorý ho vytvoril. Predvolené testy nebude možné nijako zmeniť ani vymazať.

Všetky testy, ktoré učiteľ vytvoril plus tie, ktoré sú predvolené budú zobrazené v učiteľskej administrácii. Tam bude mať učiteľ možnosť manažovať prístupnosť testov pre jednotlivé skupiny žiakov. Po vytvorení nového testu, bude mať predvolený status ako neprístupný, teda žiaden žiak sa k nemu nedostane. Učiteľ tu bude mať však možnosť sprístupniť konkrétny test pre konkrétnu skupinu.

Pri stave "prístupné" bude môcť konkrétna skupina začať riešiť vybraný test. Pri stave "hotové" sa test pre žiakov danej skupiny zmení na neprístupný. Bude to mať rovnaký efekt ako status "neprístupné" s tým rozdielom, že učiteľ už bude vedieť, že tento test už skupina absolvovala.

Ak bude prístupných viacero testov, žiaci si budú môcť zvoliť, ktorý test chcú riešiť ako prvý. Pri zvolení si testu sa otvorí nové okno, aby bolo možné pristupovať zároveň ku všetkým simuláciám experimentov. V tomto novom okne bude zobrazený text testu.

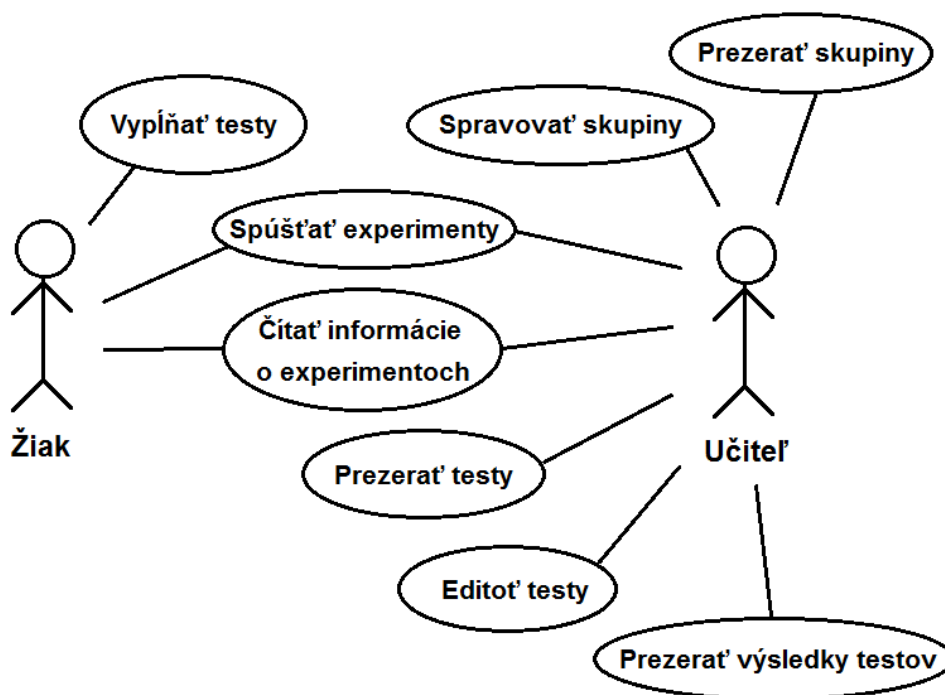
Pri vyplňaní testu si bude môcť žiak pomáhať simuláciami daného fyzikálneho javu. Pri nechcenom zatvorení okna testu bude systém informovať žiaka o tom, že ak okno naozaj zavrie, jeho výsledky sa neuložia. Po vyplnení testu ho bude môcť žiak odovzdať. Okamžite sa dozvie výsledok. Nedozvie sa však správne odpovede ihneď. Dozvie sa len to, na ktorú otázku odpovedal správne a koľko bodov celkovo z testu získal. Opätovné spustenie, vyplnenie a odovzdanie testu bude možné, ale do databázy sa zapíše iba prvý pokus. Tam sa zapíšu žiakove odpovede, identifikačné údaje, čas odovzdania testu a ip adresa žiaka.

Učiteľ bude mať prístup k prehľadu všetkých svojich skupín. Tento prehľad bude rozdelený podľa skupín žiakov. V každej z týchto skupín budú zaznamenané všetky testy a k nim aj všetci žiaci, ktorí daný test absolvovali. Učiteľ si tak bude môcť jednoducho a prehľadne pozrieť, ako sa jeho žiakom na teste darilo. Učiteľ bude mať taktiež prístup aj k výsledkom jednotlivých žiakov. Tam sa bude môcť dozvedieť, ako odpovedali na ktoré otázky.

4 NÁVRH RIEŠENIA

4.1 Typy používateľov

Pri tejto aplikácii budeme rozlišovať dva typy užívateľov. Prvým bude učiteľ. Učitelia budú rozdelení podľa školy na ktorej vyučujú. Teda jedna škola môže mať viacero učiteľov, ale jeden učiteľ môže patriť iba jednej škole. Pri prihlasovaní si bude musieť učiteľ zvoliť svoju školu a následne sa prihlásiť pod prideleným menom a heslom. Do systému bude vstupovať ako administrátor pre danú školu. Každý učiteľ si bude môcť vytvoriť vlastné skupiny žiakov a ďalej ich potom spravovať. Ako učiteľ si bude môcť vytvárať aj vlastné testy, ktoré môže jednotlivým skupinám žiakov sprístupňovať. Po vyplnení testov sa bude môcť pozrieť na prehľad vyplnených testov, kde bude môcť vidieť jednotlivých žiakov a ich odpovede na daný test. Okrem administratívnej časti bude mať prístup k samotným experimentom. Jediné, čo nebude môcť učiteľ robiť je vyplňať testy. Bude sa však môcť prihlásiť ako žiak a vyskúšať si to. Žiaci budú mať prístup iba k experimentom a informáciám o nich. Budú sa môcť prihlásiť do systému. Kvôli optimalizácii administrácie pre učiteľov, nebudú mať žiaci vlastné kontá. Na prihlásenie teda budú musieť zadať svoje meno a priezvisko, ktoré budú slúžiť iba ako identifikátor pre učiteľa, budú si musieť zvoliť svoju skupinu a zadať heslo konkrétnej skupiny, ktoré sa dozvedia od učiteľa. Po prihlásení budú môcť vyplňať testy.



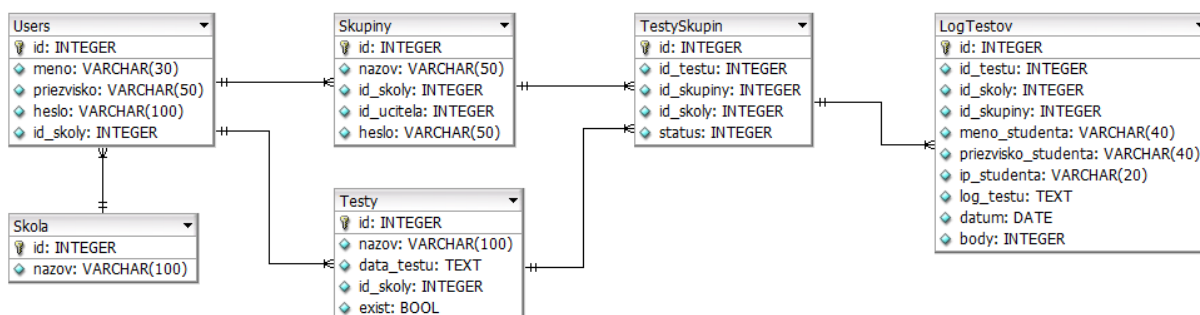
Obrázok 4.1 Use-case diagram

4.2 Štruktúra aplikácie

Táto aplikácia má štruktúru štandardnej webovej aplikácie. Koreňom aplikácie je súbor `index.php` v ktorom je includnutých všetkých 9 javascript súborov. 4 z nich obsahujú triedy pre jednotlivé experimenty. Súbor `atomy.js` a `suciastky.js` obsahujú funkcie pre vykresľovanie elektrotechnických súčiastok a elementárnych chemických prvkov. Z dôvodu, že javascript obsahuje minimum vstavaných funkcií, museli sme vytvoriť aj súbor `main.js`, ktorý obsahuje pomocné a základné funkcie spoločné pre všetky experimenty ako napríklad `getRandomInt(min, max)`, `kelvinToCelsius(t)`, `cistaPlocha()`. Súbor `form.js` obsahuje všetky funkcie, ktoré sú potrebné na vlastné prispôbenie si formulárov. Napríklad pridanie možnosti k otázkam v editore testov, alebo pridanie celej otázky. Navyše sa v tomto súbore nachádzajú aj funkcie na kontrolu správnych vstupov pre všetky formuláre. Okrem našich vlastných súborov sú tu obsiahnuté aj skripty jQuery, ktoré využívame na prácu so slidermi. Na začiatku súboru `index.php` sú includované aj php súbory. Konkrétne `databaza.php` a `main.php`. `Databaza.php` obsahuje triedu `Spojenie`, ktorá zabezpečuje spojenie s databázou. Navyše obsahuje aj funkcie, ktoré ošetrojú všetky vstupy. `Main.php` je trieda obsiahnutá v súbore `main.php`, je predĺžením triedy `spojenie` a obsahuje funkcie, ktoré manipulujú s dátami v databáze. V tele indexu sa includujú aj ďalšie php súbory, z ktorých každý predstavuje jednu podstránku.

4.3 Dátový model aplikácie

Ako každá iná webová aplikácia s autentifikáciou užívateľov, ani táto sa nezaobíde bez databázy. V našom projekte používame konkrétne MySQL databázu. Tá pozostáva zo šiestich tabuliek. Celá štruktúra databázy aj so vzťahmi medzi jednotlivými tabuľkami je vyobrazená na obrázku 4.2.



Obrázok 4.2 Štruktúra databázy

4.3.1 Tabuľky a ich vzájomné vzťahy

Vzhľadom na to, že táto webová aplikácia je určená predovšetkým pre výučbu fyziky na stredných školách, základom databázy bude teda tabuľka *Skola*. Tá obsahuje iba názov školy a jej pridelené id. Každá zo škôl v tabuľke môže mať niekoľkých učiteľov. Počet učiteľov na školu nie je obmedzený. Údaje o učiteľoch sa nachádzajú v tabuľke *Users*. Každý riadok v tabuľke *Users* obsahuje údaj *id_skoly*, ktorý odkazuje na práve jeden údaj *id* z tabuľky *Skola*. Týmto spôsobom je každý z učiteľov pridelený práve jednej zo škôl. Tabuľka *Users* ďalej obsahuje *id*, meno, priezvisko a heslo učiteľa.

Každý z učiteľov si môže vytvárať vlastné študijné skupiny. Tým sú myslené napríklad triedy, alebo krúžky žiakov. Tieto skupiny sú uložené v tabuľke *Skupiny* a pozostávajú z nasledujúcich údajov: *id*, názov a heslo skupiny. Okrem toho táto tabuľka obsahuje aj *id_skoly* a *id_ucitela*. *id_ucitela* sa rovná idčku učiteľa, ktorý tento test vytvoril a *id_skoly* sa rovná idčku školy, pod ktorou je učiteľ prihlásený. Každá skupina je teda priradená konkrétnej škole a konkrétnemu učiteľovi. Okrem vytvárania študijných skupín, si učiteľ môže taktiež vytvárať aj vlastné testy pre žiakov. Tie sa ukladajú do tabuľky *Testy*. Táto tabuľka pozostáva z údajov ako *id* a *nazov_testu*, *data_testu*, *id_skoly* a údajom *exist*. *Data_testu* je v podstate text. Jedná sa o serializované php pole do stringu, ktoré obsahuje všetky otázky a možné odpovede k nim. Údaj *id_skoly* je rovnaký ako *id_skoly* učiteľa, ktorý daný test vytvoril. Táto tabuľka neobsahuje *id_ucitela* a tým umožňuje ostatným učiteľom v rámci školy, zdieľať svoje vytvorené testy. Pre každú zo škôl teda môže byť vytvorené neobmedzené množstvo testov. Posledným údajom v tabuľke *Testy* je *exist*. Toto je boolovska hodnota a hovorí či test existuje. Inými slovami, či nebol vymazaný. Pri vytvorení testu sa predvolene nastaví na *true*. Ale po vymazaní testu, sa nastaví na *false* a test sa bude správať, ako keby bol skutočne odstránený. V skutočnosti sa však nevymaže, pretože obsahuje správne odpovede k danému testu. Ukladať ich ku každému vyplnenému testu od každého študenta, by bolo totižto pamäťovo omnoho náročnejšie. Tento zdanlivo vymazaný test, bude teda slúžiť pri kontrole správnosti už vyplnených testov aj po tom, čo bol učiteľom "odstránený".

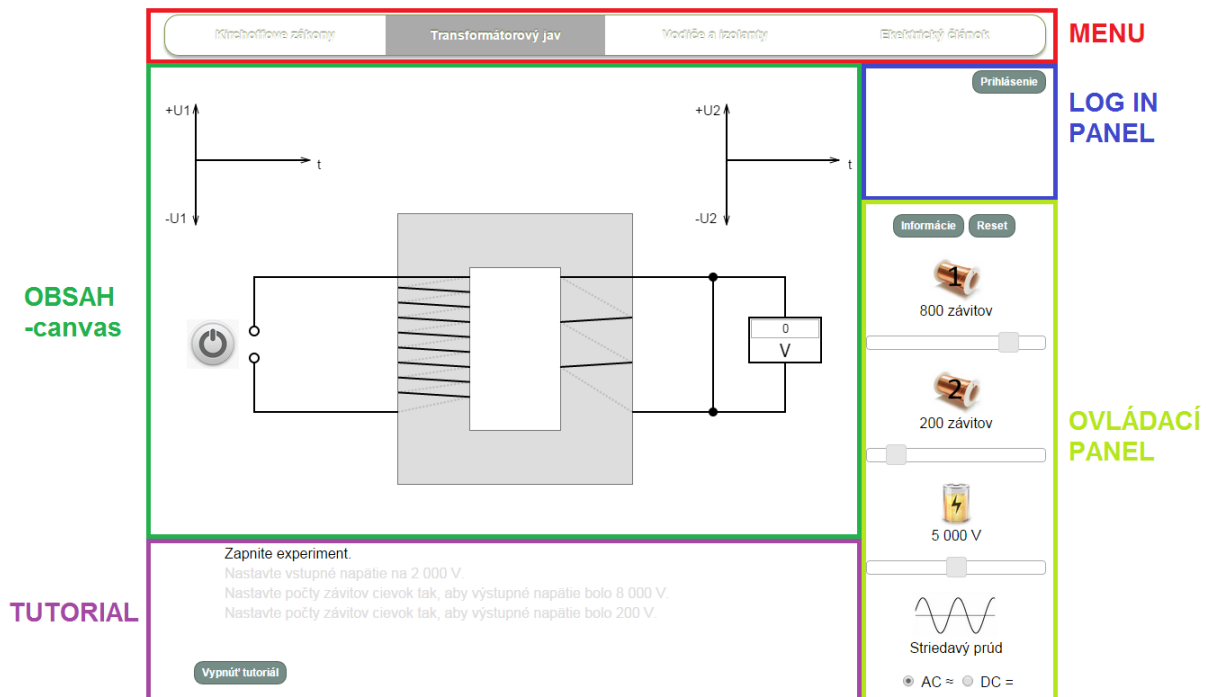
Predposlednou tabuľkou databázy je tabuľka *TestySkupin*. Tá tvorí akési prepojenie testov a študijných skupín. Obsahuje údaje *id_testu*, *id_skoly*, *id_skupiny* a *status*. Pre každú skupinu môže každý z testov v rámci školy nadobudnúť určitý status. Ten určuje, či je daný test pre danú skupinu prístupný, alebo neprístupný. Ak učiteľ zmení status testu pre skupinu, zapíše sa do tejto tabuľky *id* daného testu, *id* danej skupiny a *id* školy do ktorej patrí test, skupina a aj učiteľ. Ako status sa nastaví hodnota podľa vstupu učiteľa. Status pozostáva z hodnôt 1, 2 a 3. Jednotka znamená, že test je pre žiakov neprístupný, rovnako ako aj, keď sa v tabuľke nenachádzajú žiadne údaje, ktoré spájajú študijnú skupinu s testom. Dvojka znamená, že test je pre žiakov prístupný a môžu ho začať vyplňovať. Trojka znamená, že žiaci

už test vyplnili a teda je pre nich neprístupný. Je to skôr informácia pre učiteľa, aby vedel, ktorý test a ktorá skupina už test absolvovala.

Po odoslaní vyplneného testu žiakom sa všetky potrebné informácie uložia do poslednej tabuľky, ktorou je *LogTestov*. Táto tabuľka obsahuje *id_testu*, *id_skoly*, *id_skupiny*, *meno_studenta*, *priezvisko_studenta*, *ip_studenta*, *log_testu*, *datum* a *body*. *Id_testu* obsahuje idčko daného testu. *Id_skoly* je rovnaké ako *id_skoly* pri danom teste. *Id_skupiny* je idčko študijnej skupiny do ktorej žiak patrí. Meno a priezvisko sú údaje, ktoré žiak zadá pri prihlásení sa do systému a na základe nich ich učiteľ identifikuje. Ak by sa náhodou niekto pokúsil podvádzať a zadal nepravé údaje, obsahuje tabuľka aj údaj *ip_studenta*, do ktorej sa zapíše ip adresa počítača pri ktorom žiak sedel a podľa zasadacieho poriadku bude možné overiť si, kto za daným počítačom skutočne sedel. V prípade, ak sa niekto prihlási anonymne, teda nezadá pri prihlasovaní svoje meno a priezvisko, do tabuľky sa zapíše ako "Žiak <ip adresa>". Údaj *LogTestu* obsahuje odpovede k danému testu, ktoré žiak vyplnil. Jedná sa opäť o serializované pole do podoby stringu a je uložené ako text. Dátum obsahuje dátum a čas odovzdania testu. Stĺpec *body* obsahuje bodový zisk, ktorý žiak dosiahol. Tento sa ukladá, aby nebolo potrebné vypočítavať bodové skóre pri každom utriedení.

4.4 Komponenty aplikácie

Základným prvkom celej aplikácie je hlavné okno aplikácie. To je zložené z dvoch elementov. Prvým je hlavné menu, ktoré obsahuje 4 odkazy. Každému z týchto odkazov je pridelený konkrétny experiment a umožňuje prechádzanie medzi jednotlivými experimentmi. Druhým elementom je obsah. Ten sa dynamicky mení vzhľadom na práve zobrazovanú podstránku. Ale v zásade sa aj obsah delí na dve časti. Obsahuje plochu, kde sa zobrazujú buď experimenty, alebo obsah z administračného rozhrania. Druhým elementom obsahu je bočný panel, ktorý vo všetkých prípadoch obsahuje login panel. V prípade, ak sa zobrazuje experiment, obsahuje bočný panel aj ovládacie prvky k danému experimentu. Inými slovami ovládací panel. Celé telo experimentu sa zobrazuje v obsahu stránky. Každý z experimentov sa ďalej delí na plochu pre vykresľovanie a plochu, v ktorej sa zobrazuje tutoriál. Celý model aplikácie aj so zobrazeným experimentom je k dispozícii na obrázku 4.3.



Obrázok 4.3 Návrh aplikácie

4.4.1 Komponenty experimentov

Každý z experimentov je riešený ako samostatná podstránka celej aplikácie. Sú uložené v jednotlivých .php súboroch. Každý z týchto súborov predstavuje práve jeden experiment a skladá sa z nasledujúcich elementov: Plocha, Tutorial panel, Control panel a Odborný popis. V ploche je umiestnený canvas, do ktorého sa vykresľujú animácie daného experimentu. Tutorial panel sa nachádza hneď pod plochou a slúži na zobrazenie priebehu tutorialu. Control panel sa nachádza v bočnom paneli hlavného okna a obsahuje html elementy, ako napríklad slidre, rádio buttony a výberové listy, ktoré slúžia na zadávanie vstupných parametrov do konkrétnych experimentov. Každý experiment má vlastnú štruktúru ovládacieho panelu. Posledným z elementov experimentu je Odborný popis. Tento element je predvolene nastavený ako neviditeľný, pretože prekrýva celý obsah stránky. Po jeho zobrazení pomocou tlačidla v ovládacom paneli sa zviditeľní. Jeho obsahom je text s obrázkami, ktorý vysvetľuje fungovanie daného experimentu z pohľadu fyziky.

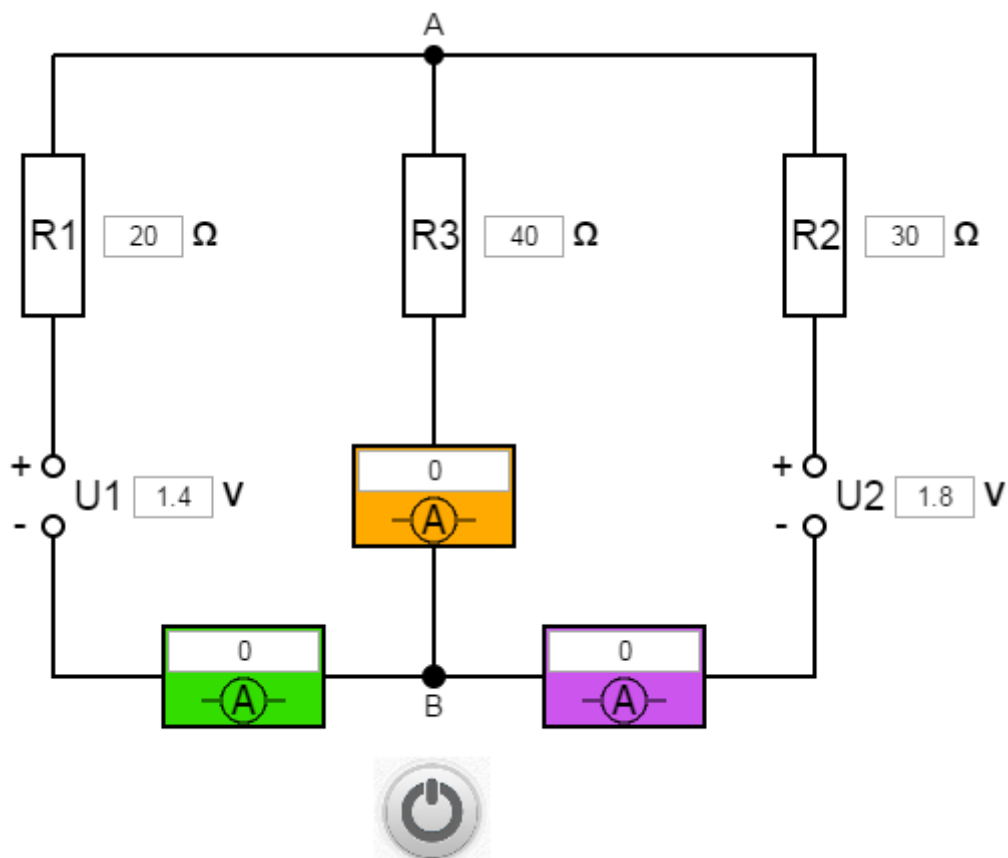
Po načítaní .php súboru ktoréhokoľvek z experimentov sa spustí trieda daného experimentu zadaná v .js súbore. Tá pomocou metódy *Create()* nastaví všetky potrebné parametre a zavolá metódu *Kresli()*, ktorá vykreslí do canvasu počiatočný stav experimentu. V prípade, že si užívateľ nevypol tutorial, tak metóda *Tutorial()* do Tutorial panelu vypíše všetky úlohy priradené k tomuto experimentu. Control panel je pevne zadaný v .php súbore experimentu. Ten sa zobrazí bez použitia javascriptu. Všetko toto

sa udeje iba v prípade, ak nie je zobrazený Odborný popis. Vtedy sa zobrazí iba hlavné menu a text odborného popisu.

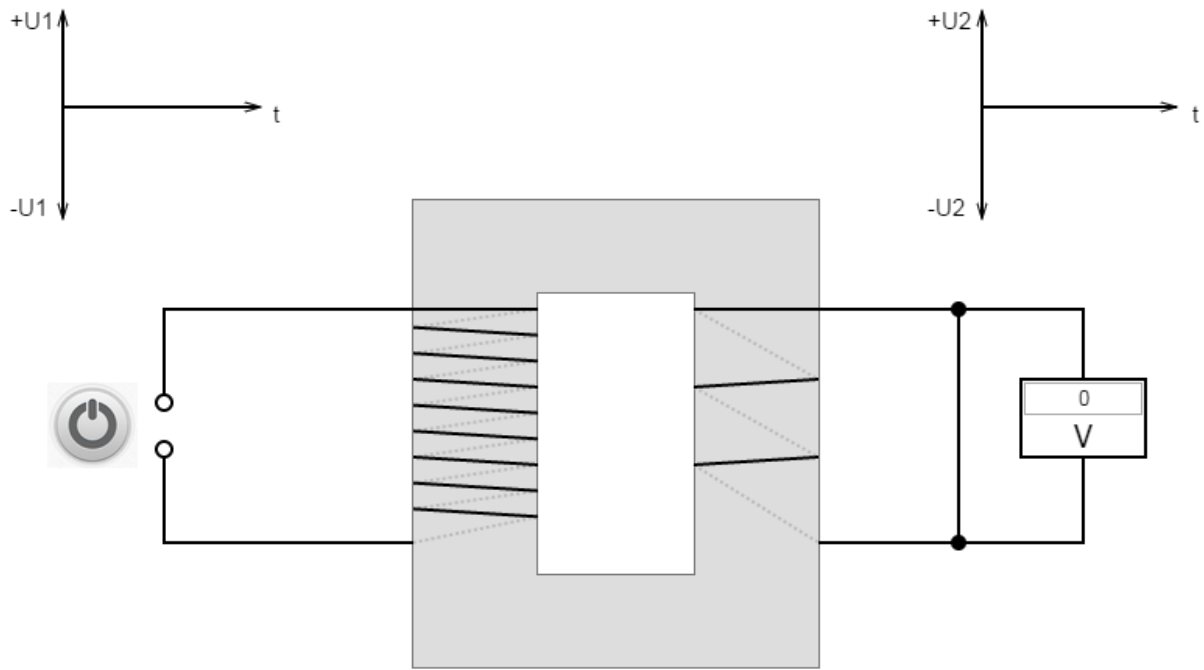
4.6 Návrh experimentov

Na základe špecifikácie sme vytvorili návrh k jednotlivým experimentom. Na nasledujúcich obrázkoch sú zobrazené telá jednotlivých experimentov vo vypnutom počítačnom stave.

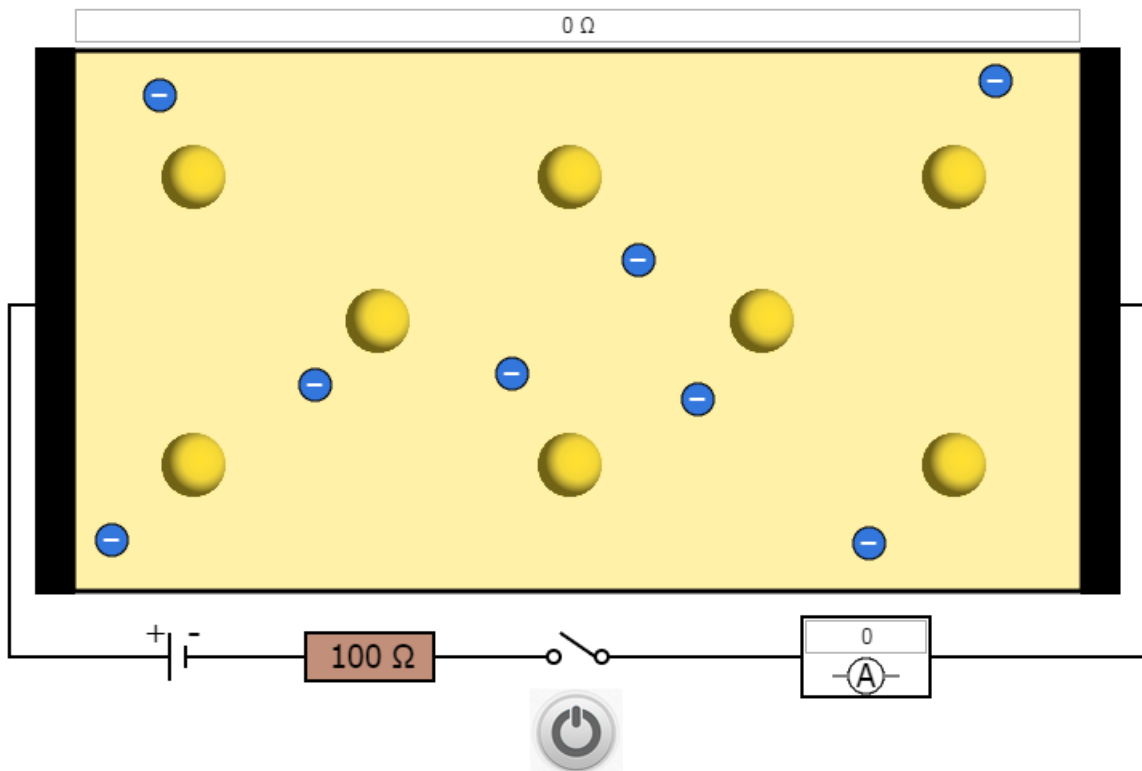
Prvý z experimentov predstavuje využitie a aplikáciu Kirchhoffových zákonov (obrázok 4.4). Druhým z experimentov je Transformátorový jav (obrázok 4.5). Na obrázku 4.6 je znázornený experiment s názvom Vodiče a izolanty, konkrétne je vyobrazený vodič zo zlata. A na záver môžeme vidieť plochu, ktorá sa zobrazí pri experimente s názvom Elektrochemický článok (obrázok 4.7).



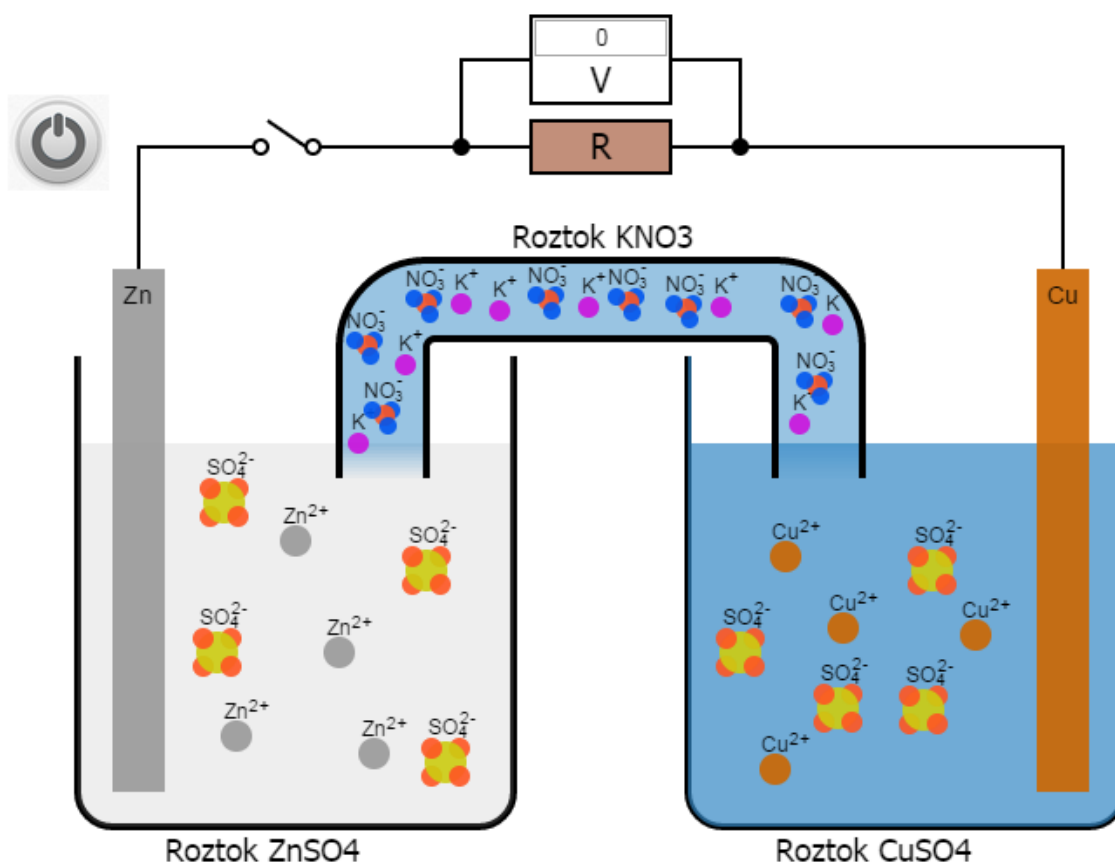
Obrázok 4.4 Experiment 1 - Kirchhoffove zákony



Obrázok 4.5 Experiment 2 - Transformátorový jav



Obrázok 4.6 Experiment 3 - Vodiče a izolanty



Obrázok 4.7 Experiment 4 - Elektrochemický článok

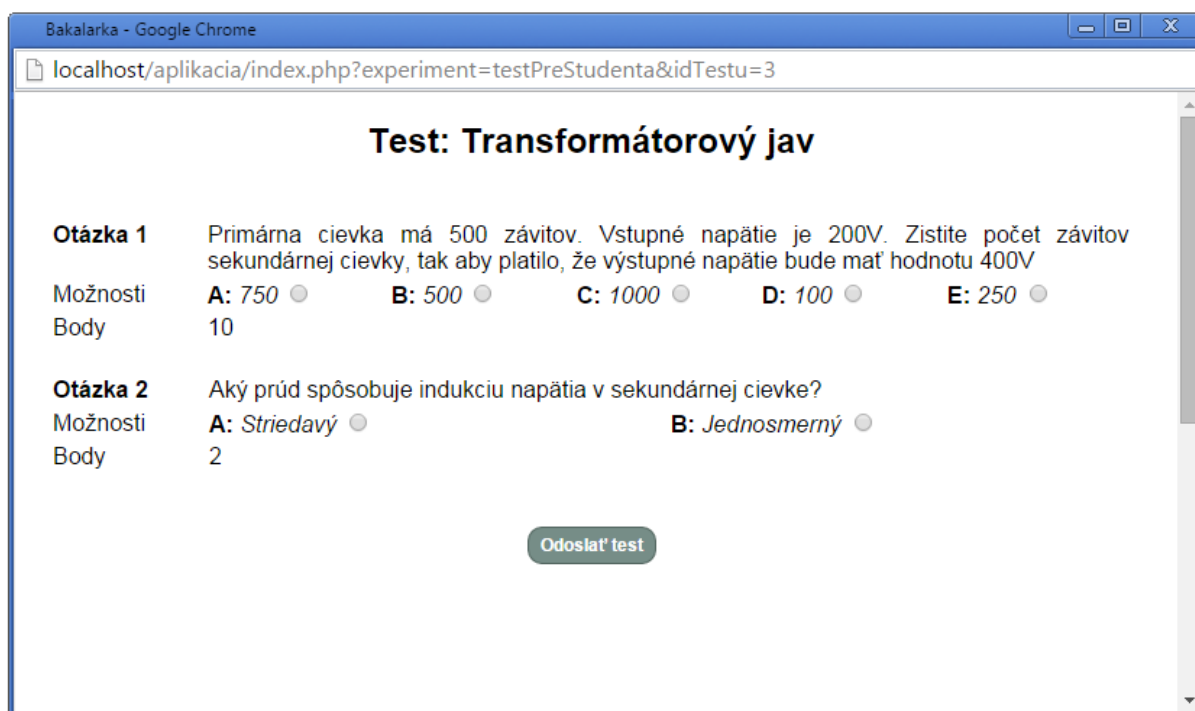
4.7 Návrh administračného rozhrania

Hlavným ovládacím prvkom administračného rozhrania pre učiteľa bude panel, pomocou ktorého bude môcť rôznym skupinám žiakov sprístupňovať testy. Tento panel teda musí obsahovať všetky skupiny žiakov a zároveň všetky testy. Rozhodli sme sa ho navrhnuť ako tabuľku, ktorej riadky budú predstavovať testy a jej stĺpce budú predstavovať skupiny žiakov. Jednotlivé položky tejto tabuľky budú predstavovať ovládacie prvky na základe ktorých bude možné meniť status jednotlivých testov pre jednotlivé skupiny. Tento ovládací prvok bude tvorený výsuvným menu s nasledujúcimi možnosťami: Prístupné, Neprístupné a Hotové. Význam týchto položiek sme detailnejšie už popísali v špecifikácii. Okrem týchto ovládacích prvkov budú názvy testov a skupín obsahovať odkaz, ktorý učiteľa presmeruje buď na náhľad zvoleného testu, alebo na prehľad testov vybranej skupiny. Celá táto ovládacia tabuľka je zobrazená na obrázku 4.8.

Testy / Skupiny	1.A	1.B	1.C
Transformátorový jav	Prístupné ▼	Neprístupné ▼	Prístupné ▼
Test testov	Prístupné ▼ Neprístupné Prístupné Hotové	Hotové ▼	Neprístupné ▼

Obrázok 4.8 Ovládacia tabuľka v administračnom rozhraní

Jednotlivé testy, ktoré si žiak otvorí, sa zobrazia v novom okne. Vo vrchnej časti sa bude nachádzať názov testu. Hneď pod ním budú vypísané jednotlivé otázky. Pod každou z otázok bude vypísaný zoznam možných odpovedí, z ktorých si bude môcť žiak vybrať. Každá otázka bude taktiež obsahovať informáciu o počte bodov za správne vyplnenie danej otázky. Na konci testu bude umiestnené tlačidlo na odoslanie odpovedí. Pohľad na celé okno testu je na obrázku 4.9.



Obrázok 4.9 Okno testu

Po vyplnení testov žiakmi, si bude môcť učiteľ pozrieť úspešnosť žiakov v jednotlivých skupinách. Výpis úspešnosti žiakov bude vyzeráť nasledovne. Pre každú skupinu bude existovať práve jeden prehľad. Na začiatku bude umiestnený názov skupiny. V skupine budú

následne pod sebou vypísané názvy testov. Pod každým z testov bude vypísaný zoznam žiakov, ktorí daný test vyplnili. Ku každému jednému záznamu žiaka bude v riadku vypísaný aj počet bodov, ktoré dosiahol, čas a dátum v ktorom test odovzdal a IP adresa počítača, na ktorom test odovzdával. Celá predstava prehľadu skupín je na obrázku 4.10.

Prehľad skupiny 1.A

Transformátorový jav				
Meno	Body	Čas	Dátum	IP
Jakub Hr	12	18:53:49	07.03.2015	127.0.0.1
Michal Se	2	12:31:00	06.03.2015	127.0.0.1
Juraj Kerekes	2	18:44:37	07.03.2015	127.0.0.1
Michal S	2	14:55:21	05.04.2015	127.0.0.1

Test testov				
Meno	Body	Čas	Dátum	IP
Lukas Mrkvicka	5	17:57:04	07.03.2015	127.0.0.1
Michal S	0	15:01:56	05.04.2015	127.0.0.1

Obrázok 4.10 Prehľad skupín

Okrem celkového prehľadu skupín bude mať učiteľ prístup aj k výsledkom každého žiaka zvlášť. Pri týchto výsledkoch bude vo vrchnej časti uvedená malá informačná tabuľka, ktorá bude obsahovať meno, priezvisko a bodový zisk žiaka. Ďalej sa v nej bude nachádzať názov a čas odovzdania testu. Pod touto hlavičkou budú vypísané jednotlivé otázky. Pod každou otázkou bude vypísaná odpoveď zadaná žiakom a správna odpoveď. V prípade zhody týchto odpovedí sa vykreslí na zeleno a opačnom prípade na červeno. Celý náhľad na výsledky jednotlivého žiaka sa nachádza na obrázku 4.11.

Výsledky testu

Meno:	Juraj
Priezvisko:	Kerekes
Bodový zisk:	2
Názov testu:	Transformátorový jav
Dátum:	18:44:37 07.03.2015
Otázka 1	Primárna cievka má 500 závitov. Vstupné napätie je 200V. Zistíte počet závitov sekundárnej cievky, tak aby platilo, že výstupné napätie bude mať hodnotu 400V
Odpoveď	500
Správna odpoveď	1000
Body	10
Otázka 2	Aký prúd spôsobuje indukciu napätia v sekundárnej cievke?
Odpoveď	Striedavý
Správna odpoveď	Striedavý
Body	2

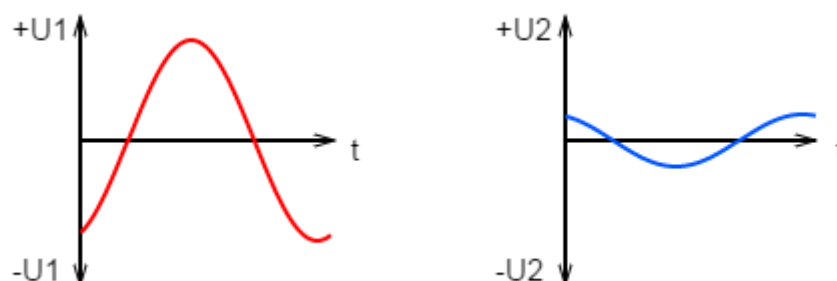
Obrázok 4.11 Výsledok testu žiaka

5. IMPLEMENTÁCIA

5.1 Problémy pri implementácii

Najviac problémovou súčasťou tejto aplikácie bol experiment, ktorý simuloval transformátorový jav. Jeho animácia totiž pozostáva z troch rôznych pohyblivých elementov. Každý z nich sa musí pohybovať inou rýchlosťou, ba dokonca svoju rýchlosť počas behu aj meniť. Sínusoidy v grafoch sa pohybujú stále rovnakou rýchlosťou, takže ich implementácia bola pomerne jednoduchá. Pri striedavom prúde sa však elektróny nepohybujú rovnako rýchlo, ale ich rýchlosť sa v závislosti od aktuálnej hodnoty sínusoidy v grafe mení. Grafy boli teda riešené pomocou časovača *setInterval* a mali pevne stanovený časový krok. Časový krok pri pohybe elektrónov sa však musel meniť. Nestačilo iba zvýšiť hodnotu, o ktorú sa elektrón pohne pri každom z krokov. Ak by sa totižto pohyboval o viac ako 2 pixle na jeden krok, animácia by nadobudla dojem, že seká. Pohyb elektrónov sme teda vyriešili pomocou *setTimeout*, ktorý zavolá funkciu na pohyb, iba raz po ubehnutí stanoveného času. Na konci tejto funkcie sa vždy nastavil nový *setTimeout*, ale pre iný čas. Čas sa vypočítaval na základe aktuálneho priebehu sínusoidy z grafu. Okrem tohto sa v animácii vyskytujú aj pohyblivé siločiar, ktoré menia svoj smer na základe priebehu sínusoid. Nepohybovali sa však rovnako rýchlo aj sínusoidy, takže museli byť riešené cez samostatný timer. Všetky tieto tri časovače museli byť 100% synchronizované a pretože sa pri každom vykonávalo množstvo rôznych výpočtov, stávalo sa, že pri dlhšie zapnutom experimente, začal niektorý z nich zaostávať pred ostatnými. A keďže sa jednalo o animáciu, ktorá sa v určitých cykloch opakovala, riešením bolo používať globálne premenné v každom z časovačov, na základe ktorých sa aktuálne hodnoty vo všetkých časovačoch nastavili na počiatočné a animácie začali akoby od znova.

Ďalším z problémov pri transformátorovom jave bolo vykresľovanie sínusoid do grafov (obrázok 5.1). Pri každom kroku časovača sa totižto museli posunúť o 2 pixle smerom v pravo. Okrem toho museli aj meniť veľkosť na základe vstupov užívateľa.



Obrázok 5.1 Grafy priebehu napätia pri transformátorovom jave

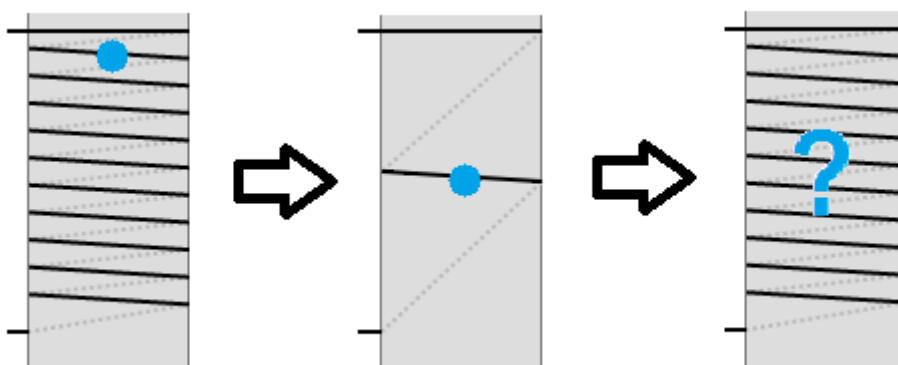
To vyžadovalo, aby si pri každom časovom kroku, ktorý bol 72 milisekúnd, vypočítali a vykreslili súradnice oboch sínusoid do grafov. To bolo výpočtovo veľmi náročné a počítače so slabším výkonom, to nemali šancu, za taký krátky okamih stihnúť. V každom kroku sa teda vypočítali súradnice jednotlivých bodov oboch sínusoid a pridali sa do poľa (obrázok 5.2).

```
for (h = -Math.PI; h <= Math.PI; h += 0.05) {  
    yamp = 100 + Math.sin(h) * vyska;  
    pom_pole.push(yamp);  
}
```

Obrázok 5.2 Výpočet sínusoidy

Následne sa prešlo celé toto vygenerované pole so začiatkom podľa aktuálneho priebehu a jednotlivé body sa pospájali úsečkami a tým sa vytvoril spojitý graf. Takto riešená animácia často krát sekala. Riešením teda bolo, vygenerovať si súradnice sínusoid ihneď po začatí experimentu a zapamätať si ich v poli. Keďže bolo možné meniť aj výšku sínusoid, bolo potrebné vygenerovať si 1000 sínusoid s rozdielnou výškou a tie potom podľa potreby načítavať z poľa. Pamäťová náročnosť sa síce zvýšila, ale výpočtová náročnosť pri behu experimentu rapídne klesla.

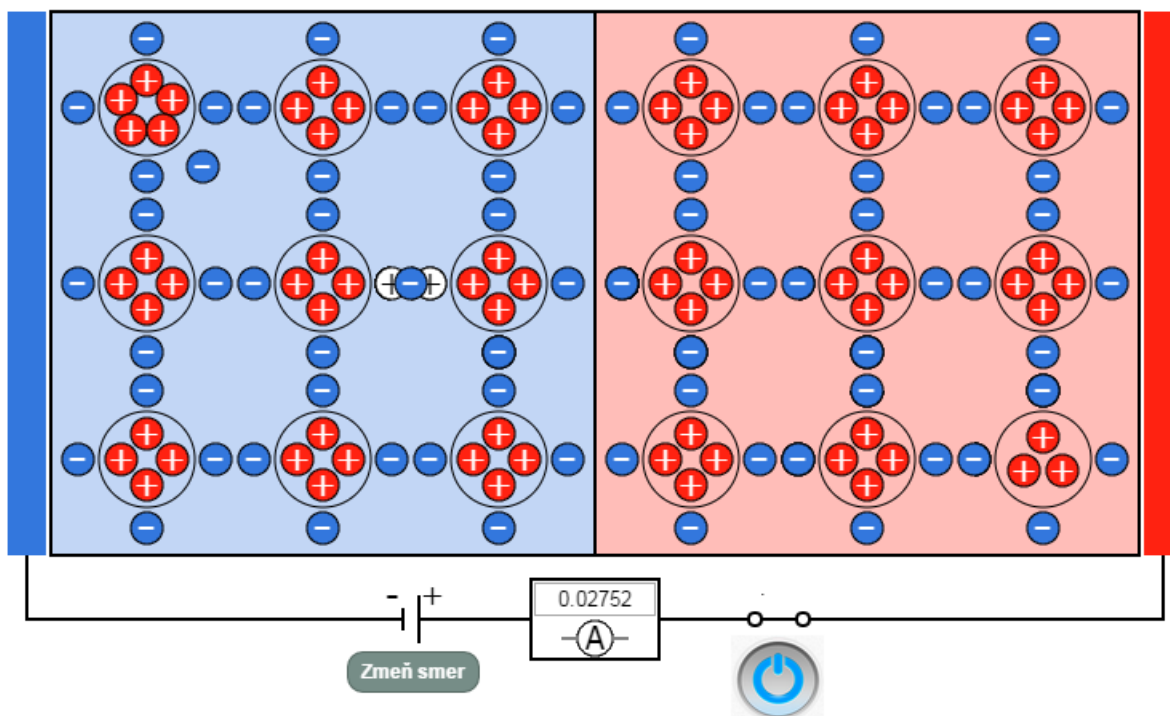
Posledným problémom s transformátorovým javom bola animácia elektrónov, prechádzajúcich skrz cievku. Samotný pohyb elektrónov by problémom nebol. Problémom však bolo, že užívateľ vie počas behu experimentu meniť počty závitov v cievkach. Napríklad: primárna cievka má zobrazených 9 závitov, elektrón sa nachádza na prvom závite. Užívateľ zmení počet závitov a zostane vykreslený iba jeden. Na tomto jednom závite sa elektrón nachádza, ale následne to užívateľ zmení opäť tak, aby ich bolo vykreslených 9. Na ktorom z týchto závitov by sa mal teraz elektrón nachádzať? Tento problém je znázornený na obrázku 5.3.



Obrázok 5.3 Problém so zobrazením elektrónu

Nakoniec sme sa rozhodli, že elektróny v cievke nebudeme vôbec animovať, pretože, aj keby sa podarilo vyriešiť tento problém, vznikol by nový. Tým novým by bolo, že by elektróny veľmi skákali hore a dole pri častom zásahu užívateľa a narušilo by to synchronizáciu ostatných animácií.

Ďalším problémom aplikácie bol experiment simulujúci polovodiče, teda inými slovami PN prechod. Samotný princíp funkčnosti PN prechodu nebolo zložité naprogramovať. Problémom však bolo, že na internete sa podobných simulácií a videí nachádza veľa. Všetky tieto simulácie a videá sú však veľmi jednoduché a popisujú správanie sa PN prechodu iba ilustračne a povrchno. Naším cieľom bolo naprogramovať simuláciu, ktorá by bola schopná simulovať PN do tých najmenších detailov. A tak sme sa rozhodli naprogramovať túto konkrétnu simuláciu spôsobom, ktorý by zobrazoval správanie sa polovodičov na molekulárnej úrovni. Experiment bol už implementovaný a plne funkčný, keď sa ukázalo, že takáto simulácia nezodpovedá po fyzikálnej stránke na 100%. Nakoniec sme museli teda upustiť od tohto experimentu a nahradiť ho niečím novým. Pohľad na tento vymazaný experiment je však možné vidieť na obrázku 5.4.



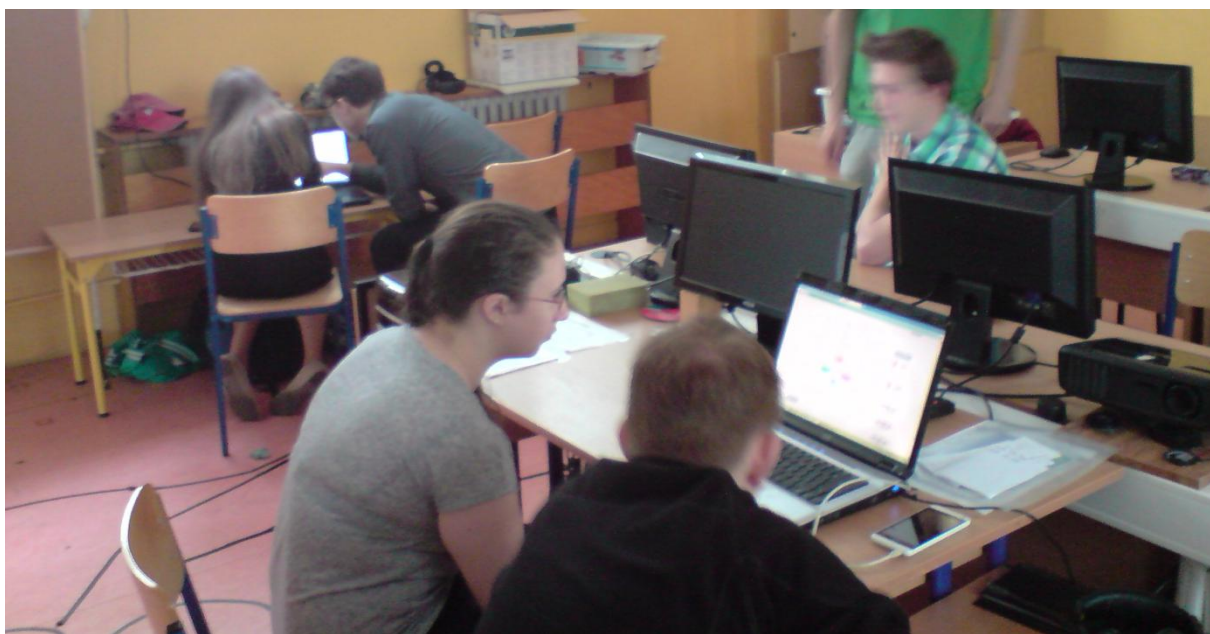
Obrázok 5.4 Zamietnutý experiment - Simulácia PN prechodu

6 NASADENIE A POUŽITIE

6.1 Použitie v praxi

Aplikácia bola vyskúšaná na žiakoch strednej školy. Konkrétne sa jednalo o žiakov spojenej školy sv. Františka v Bratislave. Testu sa zúčastnilo 5 žiakov. Priebeh testovania je zachytený na obrázku 6.1. Pri každom experimente mali postupovať rovnakým spôsobom. Najskôr si mali preštudovať informácie o danom experimente, ktoré aplikácia ponúka. Následne mali za úlohu prejsť si tutoriál, pomocou ktorého mali pochopiť princíp a fungovanie daného experimentu. Po vyriešení všetkých tutoriálov bol naplánovaný test, ktorý mal otestovať, čo nové sa naučili. Na záver mali za úlohu vyplniť jednoduchý dotazník ako spätnú väzbu.

Všetkým testovaným žiakom sa podarilo úspešne vyriešiť každý tutoriál bez akejkoľvek pomoci. Rovnako úspešne sa im podarilo vyplniť aj záverečný test, ktorý obsahoval otázky zo všetkých štyroch experimentov. Priemerná úspešnosť záverečného testu bola 78%. Z výsledkov testu však vyplývalo, že experiment s elektrochemickým článkom nebol žiakmi dobre pochopený. Príčinou mohol byť nedostatočne rozsiahly tutoriál pre tento experiment, alebo nedostatočne detailná animácia. Problémovou časťou testu boli aj otázky ohľadom experimentu Vodiče a Izolanty. Úspešnosť týchto otázok bola iba 33%. Ukázalo sa však, že otázky boli nesprávne postavené, pretože sa viac týkali chémie ako fyziky. Otázky na prvé dva experimenty, teda Kirchhoffove zákony a Transformátorový jav boli úplne bezproblémové. Ich úspešnosť bola celých 100%.



Obrázok 6.1 Žiaci strednej školy pri teste aplikácie v praxi

Z vyplnených dotazníkov vyplynulo, že žiakom sa páčili animácie experimentov. Taktiež sa im páčilo, že učivo bolo najskôr vysvetlené, potom si to mohli sami vyskúšať a na záver prebehol test. Dávam do pozornosti niekoľko kladných ohlasov z dotazníka: *"Bolo to veľmi dobre znázornené, najskôr vysvetlené a potom test. Overili sme si teda, či učivu naozaj rozumieme"* . *"Príjemné spestrenie vyučovania"*. Ako záporné vlastnosti uviedli, že niektoré animácie nefungovali na starších verziách prehliadačov Mozily Firefox a Internet Explorer. V testovanej škole mali totižto na počítačoch k dispozícii práve tieto dva prehliadače, ktoré neboli niekoľko rokov aktualizované. V prehliadači Google Chrome aplikácia fungovala bez najmenších problémov.

ZÁVER

Cieľom našej práce bolo vytvoriť výukový program, určený pre žiakov stredných škôl s elektrotechnickým zameraním. Naš program mal simulovať štyri fyzikálne javy z vybranej oblasti fyziky. Konkrétne sme si zvolili fyzikálne javy, ktoré sa odohrávajú v elektrických obvodoch. Jednalo sa o simuláciu elektrických prúdov v elektrickom obvode na základe Kirchhoffových zákonov a simuláciu fyzikálnych javov, ktoré sa odohrávajú v transformátoroch. Ďalším z experimentov bola simulácia toku elektrického prúdu skrz vodivé a nevodivé materiály a posledným bol elektrochemický jav, ktorý sa odohráva v batériách. Všetky spomínané experimenty mali byť plne interaktívne, teda mali okamžite reagovať na vstup užívateľa zmenou animácie a výpočtom nových výstupných hodnôt. Každý z experimentov mal obsahovať aj teoretický popis daného fyzikálneho javu. Navyše, boli všetky experimenty rozšírené o interaktívne tutoriály, ktorých úlohou bolo motivovať žiakov, aby sa sami snažili splniť jednoduchú sériu zadaní a tým porozumeli danému fyzikálnemu javu. Okrem experimentov mala aplikácia obsahovať aj, testy na základe ktorých dostane učiteľ spätnú väzbu od žiakov, či žiaci danej problematike porozumeli. Požiadavkou pre tieto testy bolo, aby učiteľ nemal príliš veľa práce s administráciou. Preto by mala aplikácia obsahovať niekoľko testov spoločných pre všetky školy, aby si ich učiteľ nemusel vytvárať.

Všetky stanovené ciele a požiadavky sa nám podarilo splniť. Vytvorili sme webovú aplikáciu, ktorá simuluje všetky štyri špecifikované fyzikálne javy z oblasti elektrotechniky. Umožňuje žiakovi meniť vstupné parametre počas behu simulácie a na základe nich mení výstupné hodnoty a animácie. Učiteľovi umožňuje testovať žiakov s minimálnou požiadavkou na administráciu. Stačí, ak si vytvorí vlastnú skupinu zadaním názvu a hesla a sprístupní tejto skupine jeden z predvolených testov, alebo si test môže podľa potreby vytvoriť sám. Žiakom stačí iba heslo od svojej skupiny a môžu sa pustiť do vypíňania. Učiteľ si potom môže jednoducho skontrolovať, ako sa žiakom v jeho skupine darilo.

Táto aplikácia však pozostáva iba zo štyroch experimentov, čo predstavuje iba veľmi malý zlomok toho, čo by sa dalo z oblasti fyziky simulovať. Preto sme aplikáciu pripravili tak, aby bolo možné ju do budúcnosti rozšíriť o nové zaujímavé experimenty. Aplikácia je open-source a preto sú zdrojové kódy umiestnené v online repozitári na <https://bitbucket.org/Sejco/bakalarka/src>. Aplikáciu je taktiež možné spustiť v prehliadači na adrese <http://kempelen.ii.fmph.uniba.sk/elektrickeobvody/>.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] Wayne Storr: Kirchhoffs Circuit Law and Kirchhoffs Circuit Theory, Basic Electronics Tutorials. [Online]. Dostupné 10.7.2014
http://www.electronics-tutorials.ws/dccircuits/dcp_4.html
- [2] Andrej Tirpák: *Elektromagnetizmus*, IRIS 2011. [Online]. Dostupné 25.5.2015
<http://files.gamepub.sk/Bakalar/Fyzika%202/Andrej%20Tirpak,%20Elektromagnetizmus/Andrej%20Tirpak,%20Elektromagnetizmus.pdf>
- [3] C.R. Nave: Table of Resistivity, in : HyperPhysics, Georgia State University, 2012. [Online]. Dostupné 15.4.2015
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/tables/rstiv.html>
- [4] John Wiley: Electrochemical Cells: The Daniell Cell, in: Dummies. [Online]. Citované 10.7.2014
<http://www.dummies.com/how-to/content/electrochemical-cells-the-daniell-cell.html>
- [5] The Nernst Equation, University of Bristol [online]. Citované 10.7.2014
http://www.bris.ac.uk/phys-pharm/media/plangton/ugteach/ugindex/m1_index/med_memb/file/Nernst1.htm
- [6] JavaScript Tutorial. [Online]. Dostupné 1.3.2014
<http://www.w3schools.com/js/>
- [7] PHP: Hypertext Preprocessor. [Online]. Dostupné 1.3.2014
<http://php.net/>

[8] jQuery. [Online]. Dostupné 24.5.2015.

<https://jquery.com/>

PRÍLOHY

CD obsahuje

- Zdrojový kód
- Export z databázy