



Európska únia
Európsky sociálny fond

Moderné vzdelávanie pre vedomostnú spoločnosť / Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

Iveta Štefančínová

Experimenty vo vyučovaní fyziky na strednej škole

2015

Publikácia bola vydaná a financovaná z prostriedkov ESF
v rámci národného projektu Profesijný a kariérový rast
pedagogických zamestnancov.
ITMS kód projektu 26120130002
ITMS kód projektu 26140230002



METODICKO-PEDAGOGICKÉ CENTRUM

Experimenty vo vyučovaní fyziky na strednej škole

Iveta Štefančínová

Bratislava 2015

Obsah

1 Súčasné empirické metódy poznania	4
1.1 Fyzikálne pozorovanie, experiment, meranie	4
1.2 Reálne demonštračné experimenty	9
1.3 Experimenty s jednoduchými prostriedkami	9
1.4 Počítačové animácie reálnych experimentov	10
1.5 Fyzikálne merania v školskom laboratóriu	11
1.6 Vzdialené experimenty	12
1.7 Experimentálna úloha vo fyzikálnych súťažiach	12
1.8 Verejné motivačné prezentácie fyziky	15
2 Fundamentálne experimenty vo fyzike	18
3 Prírodovedné bádanie vo vyučovanom predmete fyzika	24
3.1 Pojem prírodovedné bádanie	24
3.2 Typy a úrovne bádateľských aktivít	25
3.3 Možnosti realizácie prírodovedného bádania v slovenských školách	27
Záver	46
Zoznam bibliografických odkazov	47
Prílohy	50

Úvod

Experimentálna metóda je jednou zo základných metód práce vo fyzike ako vede. Aj vo vyučovaní fyziky sa využíva experiment ako špecifická metóda získavania poznatkov. Každý školský fyzikálny experiment treba chápať ako proces, v ktorom sa spája fyzikálny proces s procesom myslenia a poznania. Preto každý experiment vo vyučovaní fyziky je upravený s určitým zámerom, učiteľ ním riadi myšlienkové operácie žiakov a sleduje logickú stavbu učiva.

Obsah fyziky aj hodinová dotácia v štátnom vzdelávacom programe (ŠVP) strednej školy bol výrazne zmenený. Reformou prechádza výber experimentov vo vyučovacom procese. Podľa ŠVP (ISCED 3) pre predmet fyzika žiaci majú mať čo najviac príležitostí osvojovať si vybrané (najčastejšie experimentálne) formy skúmania fyzikálnych javov. Učiteľov strednej školy je potrebné pripraviť, aby žiakov viedli k formulovaniu hypotéz, ich testovaniu v podmienkach riadenia premenných veličín, aby žiaci vedeli plánovať vhodný experiment či vedeli naznačiť záver konzistentný s pozorovaním a vyhodnotiť celkový experiment včítane použitých postupov. Aktívnym zapojením samotných žiakov do realizácie experimentov sa poskytuje priestor pre rozvoj ich kľúčových kompetencií.

Predkladaný učebný zdroj je určený pre učiteľov ako podporný materiál k akreditovanému vzdelávaciemu programu *Experimenty vo vyučovaní fyziky na stredných školách*. Je rozdelený na tri kapitoly. Prvá kapitola sa zaoberá súčasnými empirickými metódami poznania, druhá sa venuje stručne fundamentálnym experimentom vo fyzike a tretia kapitola rozoberá pojem prírodovedného bádania vo vyučovaní fyziky. Ponúkame učiteľom ukážku aplikácie prírodovedného bádania v tematickom celku Termika.

autorka

1 Súčasné empirické metódy poznania

1.1 Fyzikálne pozorovanie, experiment, meranie

Do skupiny empirických metód poznania patria tie metódy, pri ktorých sa na získaní poznatku z veľkej časti podieľa praktická činnosť spojená so zmyslovými vnemami. Empirické metódy poznania *pozorovanie*, *experiment* (pokus) a *porovnávanie* (špecifický prípad *meranie*) umožňujú fyzike získavať skúsenosti o konkrétnych a jedinečných vlastnostiach objektov a o ich zmenách. (Gajdušek 2001)

Empirické poznávanie prebieha spravidla v troch na seba nadväzujúcich etapách (Janovič, Koubek, Pecho 1990):

1. Prípravná fáza

Úlohovú situáciu preskúmame a zistíme, že ju pravdepodobne budeme môcť vyriešiť, ak získame dostatok dát pozorovaním, meraním alebo experimentom. Postupne teda plánujeme pracovný postup, vytvoríme si hypotézu o jeho výsledku. Postup, ktorý sme naplánovali, vykonáme najprv ideálne – v myšlienkovvej podobe. Usúdime, ktoré vlastnosti skúmaného objektu treba sledovať a ako sa spracujú získané výsledky. Plánujeme materiálnu realizáciu poznávania. Pripravíme a testujeme technické prostriedky.

2. Realizačná fáza

Vybranú empirickú metódu (metódy) poznania aplikujeme na skúmaný objekt tak, aby sme o ňom získali novú údaje - dáta. Ak dáta sú kvantitatívne a vystupujú v dvojiciach zodpovedajúcich určitým stavom objektu, očakávame, že správanie objektu bude možné opísať určitou fyzikálnou závislosťou. Zapisujeme teda dáta do tabuľky tak, aby sme ich prehľadným spôsobom pripravili na ďalšie spracovanie.

3. Spracovateľská fáza

Dáta spracujeme spôsobom, ktorý sme stanovili v prípravnej fáze. Potom slovne, prípadne matematicky formulujeme záver a konfrontujeme ho s hypotézou, ktorú sme tiež stanovili už v prípravnej fáze. Nakoniec uvažujeme, aké ďalšie poznávanie je potrebné, aby sme získaný poznatok spresnili alebo aby sme jeho platnosť rozšírili aj na ďalšie javy alebo objekty.

Logická štruktúra empirického poznávania v tej podobe predstavuje dôležitú pracovnú metódu, ktorá je používaná nielen vo fyzike, ale vo väčšine prírodných vied. Pre

jej široké využitie v praxi by sa s ňou žiaci mali zoznamovať čo najčastejšie. Podobne by sa žiaci mali pri riešení konkrétnych úloh zoznamovať s jednotlivými empirickými a teoretickými metódami poznania, mali by poznať ich účel a vedieť ich prakticky využívať pri rozširovaní vlastného poznania.

Pozorovanie je bežná činnosť, ktorou sa zaoberáme veľmi často - takmer vždy, keď máme otvorené oči. Pri pozorovaní sa vytvára obraz o objektoch bez toho, aby sme na ne zámerne pôsobili. Pozorovanie je veľmi všeobecná vedecká metóda, ktorá sa používa aj v priebehu merania alebo experimentu. Klasifikácia znakov pozorovaných objektov je charakteristická črta, odlišujúca vedecké, systematické a cieľavedomé pozorovanie od jednoduchého zmyslového, napr. zrakového vnímania objektov, ktorým je bežné pozorovanie. Bežným pozorovaním získané poznatky ostávajú na reflexívnej alebo skúsenostnej úrovni.

Pozorovanie je jednou z dôležitých metód, ktorými fyzika poznáva svet. **Fyzikálne pozorovanie** je usmernené vnímanie stanovených fyzikálnych vlastností objektov pozorovania. Pozorovanie prebieha zvyčajne v dvoch etapách (Janovič, Koubek, Pecho,1990):

- I. *Prvotné pozorovanie* objektu umožňuje roztriediť jeho znaky na podstatné a nepodstatné. Tak napr. slúži prvotné pozorovanie pri výbere znakov, ktoré treba pri ďalšom poznávaní objektu merať alebo pri výbere príčinných súvislostí, ktoré by sa mali v priebehu experimentu sledovať.
- II. *Druhá fáza* pozorovania má za úlohu sledovať tie znaky poznávaného objektu, ktoré sú dôležité pre jeho ďalšie poznanie.

Cieľavedomosť vedeckého pozorovania a použitie vedeckých metód spracovania dát, umožňuje považovať získané empirické poznatky za priebežné výsledky , ktoré sú už súčasťou vedeckého poznania. Na tieto empirické poznatky už potom môžeme aplikovať prvotné teoretické poznávanie, aby sme našli jeho súvislosti s vedeckým systémom logicky utriedených, dávnejšie získaných poznatkov.

Rozoznávame dva typy pozorovania. Ak pozorovateľ sleduje priebeh činnosti osobne, hovoríme o *priamom* pozorovaní. *Nepriame pozorovanie* prebieha pri pozorovaní z nejakého typu záznamu. Jednoduchým príkladom nepriameho pozorovania môže byť zviditeľnenie stôp röntgenových lúčov po ich prechode absorbujúcim prostredím na citlivej vrstve luminiscenčného tienidla.

Meranie je empirická poznávacia metóda, pri ktorej sa vlastnosti skúmaného objektu porovnávajú s veľkosťami, ktoré boli zvolené za jednotkové hodnoty. Pri porovnávaní sa sústreďujeme len na vybrané vlastnosti objektov, ktoré sú z hľadiska cieľov skúmania významné alebo aspoň nezanedbateľné (Janovič, Koubek, Pecho 1990).

Meranie je zvláštnym prípadom pozorovania, ktorého cieľom je čo najpresnejšie kvantitatívne vyjadrenie vybraných vlastností objektov. Vo fyzike teda rozumieme meraním spôsob, ktorým sa dá určiť miera niektorej fyzikálnej veličiny.

Z hľadiska vzťahu merania k poznaniu rozlišuje sa priame meranie od nepriameho merania. Pri *priamom meraní* spravidla porovnávame niektorú z vlastností skúmaného objektu s realizáciou jednotky tej veličiny, ktorá je mierou meranej vlastnosti. Tak napr. porovnávame hmotnosť telesa pri vážení s hmotnosťou závaží, vyjadrenou určitým počtom jednotiek, meriame v elektrickom obvode prúd ampérmetrom s vopred očiachovanou škálou.

Pri *nepriamom meraní* sa hodnota meranej veličiny vypočíta z niektorého fyzikálneho vzťahu, v ktorom vystupuje a do ktorého treba pri tom dosadiť hodnoty iným spôsobom zistených, napr. priamo odmeraných veličín. Ak teda napr. chceme merať hustotu ρ danej látky, môžeme najskôr zmerať hmotnosť m a objem V meranej vzorky a potom vypočítať hustotu podľa známeho vzťahu $\rho = m/V$.

Charakteristickým znakom **experimentu**, ktorý ho odlišuje od pozorovania, je zásah do skúmaného javu zo strany toho, kto získava poznatok (Janovič, Koubek, Pecho 1990). Cieľom zásahu býva taká úprava, po ktorej sú dobre známe a realizovateľné podmienky, za ktorých pozorujeme alebo meriame objekt, v ktorom jav prebieha. To znamená, že experimentátor sa snaží doceliť taký stav, pri ktorom sa dve z vlastností objektu menia, zatiaľ čo jeho ostatné vlastnosti možno považovať za stále. Vlastnosť, ktorú experimentátor v priebehu deja ovplyvňuje – mení, vyjadruje sa spravidla kvantitatívne, hodnotami veličiny, ktorú nazývame kontrolovaná – riadená veličina. V priebehu skúmaného deja sa potom sledujú a kvantitatívne vyjadrujú zmeny ostatných vlastností objektu.

Pri realizácii experimentu treba postupne vykonať:

- a) opis objektu pred zásahom,
- b) opis zásahu do objektu,
- c) opis objektu po zásahu.

Nevyhnutnou súčasťou pokusu je jeho jasný fyzikálny výklad.

Experiment plní vo vyučovaní fyziky rovnaké funkcie ako experiment v reálnej vede.

Z procesuálneho hľadiska možno rozlišovať tieto *funkcie experimentu*:

- a) motivačnú,
- b) názornú,
- c) objaviteľskú,
- d) overovaciu,
- e) upevňovaciu, fixačnú,
- f) aplikačnú,
- g) diagnostickú.

Experiment môže byť popri **kvalitatívnom** prevedení aj **kvantitatívny**. Ak chceme na konci formulovať matematický model deja, použijeme hodnoty z meraní na reálnych prístrojoch. Takýto kvantitatívny experiment je vhodné urobiť aspoň raz za školský polrok.

Podobne ako vo fyzikálnej vede, tak aj vo vyučovaní fyziky delíme experimenty na (Janovič, Koubek 1999)

- a) **heuristické (objaviteľské)**, keď demonštrujeme nový jav, na ktorom budujeme výklad teórie,
- b) **verifikačné (overovacie)**, keď overujeme zákonitosť, ktorú sme dosiahli odvodením z teórie.

Heuristický experiment vedie k objaveniu problému a k formulovaniu hypotéz. Vo vyučovaní fyziky má nezastupiteľnú úlohu, lebo práve pomocou neho ukazujeme žiakom možnú cestu prvotných objavov. V školských podmienkach sú cenné najmä jednoduché kvalitatívne heuristické experimenty, ktoré v minulosti viedli k významným objavom (napr. Oerstedov pokus). S typickým heuristickým experimentom sa stretávajú žiaci aj pri hľadaní závislosti $I = I(U)$, prúdu od elektrického napätia. Postupne odmerajú dvojice (I , U) a zostroja graf, z ktorého získajú poznatok o lineárnom tvare závislosti $I = I(U)$.

Verifikačný experiment býva súčasťou postupu overovania hypotézy. V školských podmienkach ho môžeme úspešne využiť v celom rade navodených situácií. Napríklad Newton na základe svojich úvah dospel k poznaniu, že zrýchlenie pohybujúceho sa telesa je priamo úmerné sile pôsobiacej na teleso, $F = m a$. Tento vzťah môžeme experimentálne overiť na vzduchovej dráhe tak, že pri konštantnej celkovej hmotnosti pohybujúceho sa objektu (vozík a závažie), meníme veľkosť sily pôsobiacej na vozík a meriame veľkosť

zrýchlenia v závislosti od pôsobiacej sily. Newtonov vzťah $F = m \cdot a$ a považujeme za overený, ak ho odmerané dáta splňajú.

Podľa počtu nezávisle premenných rozlišujeme experiment **jednofaktorový** a **viacfaktorový** (Janovič, Koubek, Pecho 1990). S ohľadom na presné vymedzenie zásahu do objektu a s ohľadom na matematické spracovanie výsledkov merania, je v didaktickom modeli obvykle použiteľný len jednofaktorový experiment. Ako príklad viacfaktorového experimentu použitého pri vyučovaní fyziky, môžeme uviesť predchádzajúci experiment overovania zákona sily. V ňom sa vyskytujú tri premenné fyzikálne veličiny - sila, hmotnosť a zrýchlenie. Skúmame teda postupne, ako závisí zrýchlenie a telesa od zvyšných dvoch premenných faktorov – veličín F , m . Školský experiment vykonáme v dvoch častiach a pri každom z čiastkových jednofaktorových experimentov ponecháme druhý faktor nepremenný – konštantný.

Reálny experiment je určitým spôsobom materiálnym pôsobením na objekty, javy a procesy. Experiment teda predpokladá aktívny zásah do priebehu pozorovaného objektu, javu či procesu. Takýto zásah umožňuje odhaľovať také vlastnosti, ktoré by nikdy prirodzené podmienky neumožnili. Skúmané objekty, javy či procesy sú skutočné, preto takýto experiment nazývame reálny.

Myšlienkový experiment je chápaný ako „*poznávacia činnosť, ktorá obyčajne predchádza materiálnej realizácii experimentu*. Je to spôsob myslenia, v ktorom sa všetko, čo sa deje v konkrétnej forme, podobne deje aj v abstrakcii a v ktorom sa neprihliada na všetky prípady prekážok.“ (Gajdušek, 2001) Tento druh experimentu sa vyznačuje nezávislosťou, reprezentuje teoretické metódy poznania. Môže existovať v dvoch podobách:

- a) ako samostatná logická konštrukcia, ktorá je vhodná tam, kde nie sú príslušné materiálne podmienky,
- b) ako fáza materiálne realizovaných činností.

V súčasnej škole je žiaduce využívať experimenty na zvýšenie motivácie žiakov a lepšie pochopenie podstaty fyzikálnych javov bez ohľadu na obmedzené časové možnosti výučby. Podľa Vybírala (Vybíral 2012) experimentovanie v širšom slova zmysle možno zhrnúť do týchto bodov:

1. *Reálne demonštračné experimenty*
2. *Experimenty s jednoduchými prostriedkami*
3. *Počítačové animácie reálnych experimentov*

4. *Vzdialené experimenty*
5. *Fyzikálne merania v školskom laboratóriu*
6. *Experimentálna úloha vo fyzikálnej súťaži*
7. *Verejné motivačné prezentácie fyziky*

1.2 Reálne demonštračné experimenty

K dobrému uvedeniu, pochopeniu a formulovaniu fyziky ako prírodnej vedy je vo vyučovaní žiaduce, aby učiteľ vychádzal z reálnych experimentov. Teda z experimentov vykonaných s reálnymi pomôckami a meracími prístrojmi. Demonštráciu spravidla koná učiteľ (*učiteľský experiment*) pre celú triedu a je vhodné, ak pritom spolupracuje niektorý žiak. Učiteľ by mal dosiahnuť, aby žiak pri experimentovaní preberané javy a deje pre seba objavoval (najlepšie sám).

1.3 Experimenty s jednoduchými prostriedkami

Kvalitatívne experimenty môžeme úspešne konať aj s jednoduchými prostriedkami. Sú nenáročné na potrebné vybavenie, môžu sa realizovať ako v triede, tak aj v domácich podmienkach žiakov.

Aj keď ide o zdanlivo primitívne experimentovanie, jednou z jeho veľkých výhod je, že priebeh dejov je hneď zreteľný. Táto činnosť prispieva k rozvoju fyzikálneho tvorivého myslenia žiakov. Tento druh pokusov je silne motivačný (už len tým, že si žiak pomôcku sám pripraví a experiment sám vykoná). Na internete je uvedených mnoho jednoduchých pokusov. Bohatá databáza je na stránkach INFOVEKu (<http://www.infovek.sk/predmety/fyzika/pokusy/fyzika.htm>). Ďalšie hodnotné internetové zdroje sú napríklad:

<http://www.fyzikahrou.cz/fyzika/jednoduche-pokusy>

<http://www.pokusyprodeti.cz/pokusy/fyzika>

http://web.svf.stuba.sk/kat/FYZ/fyzika_ta_vola/pokusy.html

<http://www.fyzikalni-experimenty.cz/cz/>

V Českej republike tento druh experimentovania rozvíja najmä „Veletřh nápadů pro fyzikální vzdělávání“ (bližšie na <http://vnuf.cz/>).

1.4 Počítačové animácie reálnych experimentov

Vynikajúce možnosti k prehĺbeniu vedomosti o javoch a dejoch poskytujú fyzikálne prezentácie vo forme voľne šíriteľných apletov. *Aplety sú* vizualizácie vytvorené v jazyku *java*, ktoré schematicky znázorňujú priebeh dejov alebo stavov látok a rôznych sústav. Pre fyzikálne aplety sa zaužíval pojem *fyzlety*. Pojem zaviedli Američania W. Christian a M. Belloni z Davidson College v USA (Christian, W., Belloni, M., 2004).

Podľa Hanča (2006) fyzlety majú tieto základné vlastnosti:

- jednoduchosť,
- flexibilita,
- voľne šíriteľné internetom,
- interaktívnosť,
- univerzálnosť z hľadiska používania vo vyučovaní.

Na internete sa nachádza veľa webových stránok, ktoré ponúkajú fyzlety tematicky usporiadané, napríklad v slovenčine známa stránka nemeckého učiteľa matematiky a fyziky Waltera Fendta <http://www.walter-fendt.de/ph14sk/>. V češtine sú dostupné animácie a fyzlety na stránke <http://www.aldebaran.cz/animace/index.php> alebo jednoduché aplety pre stredoškóľakov od učiteľa V. Kubinu (<http://v.kubin.sweb.cz/>). Všeobecný prehľad fyzletov je uvedený aj na <http://webfyzika.fsv.cvut.cz/6aplety.htm> či na portáli *FyzWeb* Univerzity Karlovej v Prahe <http://fyzweb.cuni.cz/dilna/index.htm>.

V angličtine existuje na internete mnoho fyzletov použiteľných v každej fáze vyučovacej hodiny. Indický učiteľ Surendranath predstavuje fyzlety základného kurzu fyziky spustiteľné aj ako Android aplikáciu (<http://surendranath.tripod.com/Apps.html>). Oblasť modernej fyziky predstavujú fyzlety vytvorené na Coloradskej univerzite (<http://www.colorado.edu/physics/2000/index.pl>), Oregonská univerzita ponúka fyzlety pre oblasť astrofyziky, energie, termiky a environmentálnej výchovy (<http://jersey.uoregon.edu/vlab/>), univerzita vo Virgínii uverejňuje fyzlety s online prednáškami (http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/Applets/home.html).

Fyzlety sú významné pre žiakov preto, lebo umožňujú ľahko a presne prezentovať rôzne fyzikálne deje a stavy so zmenami ich počiatočných podmienok. Týmto fyzletmi síce reálny pokus nenahradíme, ale je možné znázorniť aj deje, ktoré by sa vo výučbe fyziky demonštrovali veľmi ťažko. Pre žiakov je to forma príťažlivá, zábavná, ktorá prispieva k ľahšiemu chápaniu a osvojeniu fyziky.

Vzhľadom na malú dotáciu hodín fyziky sa však v školskej praxi stáva, že fyzikety nahrádzajú reálne experimenty. Nestotožňujeme sa s týmto trendom. Zastávame názor, že žiak by mal rozhodne vidieť určité základné experimenty a fyzikety môžu byť vhodným doplnkom vyučovania, prípadne ich možno odporučiť k individuálnemu štúdiu (aj mimo vyučovania).

1.5 Fyzikálne merania v školskom laboratóriu

Laboratórne cvičenie z fyziky je veľmi dôležitou súčasťou výučby, pri ktorom sa žiaci učia merať fyzikálne veličiny, kvantitatívne sledovať ich zmeny a prakticky overovať teoreticky získané vedomosti využívaním rôznych metód i materiálnych prostriedkov výučby.

Laboratórny experiment je charakterizovaný presným vymedzením objektu, jeho okolia a zásahu do objektu a vylúčením (minimalizáciou) neznámych vplyvov okolia. V laboratórnych podmienkach môžeme overovať napríklad Ohmov zákon pre časť obvodu. Za zásah do objektu považujeme zmenu napätia potenciometrom. Sledovanie napätia na rezistore a prúdu, ktorý ním prechádza, pred a po zásahu, nám umožní po spracovaní dát nájsť priamu úmernosť medzi prúdom a napätím na rezistore $I = kU$, kde $k = 1/R$.

Ak sa uplatnia merateľné vplyvy okolia na objekt, ide o *prirodzený* experiment. Vzhľadom na malú exaktnosť podmienok, nemá pre fyziku takú poznávaciu hodnotu ako laboratórny experiment.

Nie je vhodné z hľadiska nízkej dotácie hodín fyziky či možnosti poškodenia pomôcok zvoliť len formálny prístup k realizácii laboratórneho cvičenia: učiteľ dopredu zostaví laboratórnu aparatúru, žiak nemusí premýšľať o meraní, jednoducho prevedie meranie žiak alebo počítač (často len formálne), vhodný softvér namerané výsledky zaznamená, vyhodnotí výsledky a nakreslí grafy. Vyzerá to veľmi efektne, ale žiakovi môže uniknúť podstata fyzikálneho javu.

Tu vidíme priestor na interaktívne metódy známe v súčasnom prírodovednom vzdelávaní v podobe tzv. *inquiry-based science education*. Vo voľnom preklade *vzdelávanie v prírodných vedách založené na aktívnom žiackom bádaní*, ktorému sa budeme venovať ďalej.

1.6 Vzdialené experimenty

Súčasný vedecký fyzikálny experiment sa často realizuje na zložitých zariadeniach riadených počítačmi. Internet poskytuje zaujímavé možnosti pre vykonávanie takýchto experimentov.

Kolektív doc. RNDr. Františka Lustiga, CSc. z Matematicko-fyzikálnej fakulty (MFF) Univerzity Karlovej v Prahe vyvinula zaujímavé experimentovanie na diaľku nazvané *iSES WEB Control*, kde iSES je skratka pre Internetové Školské experimentálne Štúdio.

Je to komplexný nástroj pre riadenie online a vzdialené získavanie dát, spracovanie dát, riadenie experimentu a ďalších procesov nielen cez internet v počítači, ale aj v mobile (OS Android) či tablete s iOS7 (iPad). Ide o otvorený systém, ktorý sa skladá z hardvéru iSES (20 senzorov, možno pripojiť senzory PASCO, Vernier cez iSES USB) so softvérom iSESWIN a iSES WEB Control súpravou pre vzdialené experimenty.

Záujemcovia sa môžu pomocou internetu pripojiť na vzdialené reálne laboratórium a na diaľku v ňom spustiť a istý čas (5 minút) ovládať už pripravený reálny experiment. Priebeh sledovaných veličín sa sníma senzormi a zobrazuje sa na monitore počítača. V laboratóriu na MFF pripravili množstvo experimentov, ktoré je možné len s ťažkosťami realizovať v školských podmienkach, napr. závislosť rádioaktivity od vzdialenosti od žiarica či ohyb elektromagnetického žiarenia na štrbine. Následne softvér iSESWIN umožňuje dáta online spracovať, uložiť i exportovať. Softvér iSES WEB Control umožňuje vytvoriť experimenty cez štandardný internetový prehliadač. Pri každom experimente je uvedená motivácia, fyzikálny základ, návod k experimentu, zadanie úlohy, experimentálne usporiadanie, spustenie experimentu. Viac na <http://www.ises.info/index.php/cs/laboratory>.

1.7 Experimentálna úloha vo fyzikálnych súťažiach

Súťaženie je prirodzená vlastnosť žiakov a možno ju účelne využiť na efektívny individuálny i skupinový rozvoj talentov vo fyzike.

V súčasnosti existuje veľa súťaží, ktoré sa snažia do svojich úloh zaradiť experimenty, ktoré zodpovedajú súčasnému daniu vo fyzike. Úlohy sú tvorivé a zadávatelia sa snažia, aby riešenia úloh nestroskotali na vysokej finančnej náročnosti potrebných pomôcok. Je to však zložitý proces.

Existuje viacero fyzikálnych súťaží pre stredoškóľakov, ktoré podporujú fyzikálne experimentovanie, napr:

- *Fyzikálna olympiáda,*

- *Vedecká olympiáda Európskej únie,*
- *Turnaj mladých fyzikov.*

Fyzikálna olympiáda (FO) je určená žiakom základných škôl, nižších ročníkov osemročných gymnázií (kategórie E, F a Archimediáda) a žiakom stredných škôl (kategórie A, B, C a D). Organizuje sa v 4 kolách: školskom, obvodnom, krajskom a celoštátnom. Žiaci, ktorí dosiahnu na celoštátnom kole najlepšie výsledky, reprezentujú Slovensko na Medzinárodnej fyzikálnej olympiáde (IPhO). Školské kolo pre kategórie A až F sa skladá zo siedmich úloh, z ktorých najmenej jedna je experimentálna. Celoštátne kolo je iba pre kategóriu A, obsahuje štyri teoretické úlohy a jednu experimentálnu, na ktorej riešenie majú súťažiaci čas najmenej 3 hodiny. Ponúkame ukážku zadania experimentálnej úlohy 54. ročníka FO, kategória B, školské kolo:

Výšetrovanie kmitov fyzikálneho kyvadla:

- a) Odvodte všeobecný vzťah pre dobu kmitu T fyzikálneho kyvadla.*
- b) Odvođený výraz upravte pre prípad kyvadla tvoreného tenkou tyčou, kmitajúcou okolo ľubovoľnej osi kolmej na tyč v zvislej rovine.*
- c) Pre kyvadlo určitej dĺžky zostrojte graf teoretickej závislosti doby kmitu T od vzdialenosti d osi otáčania od ťažiska tyče.*
- d) Kyvadlo s dĺžkou podľa c) realizujte pomocou tenkej tyče s otvormi pre os otáčania.*
- e) Odmerajte dobu kmitu kyvadla pre rôzne osi (zvoľte min. 10 osí pozdĺž jednej polovice tyče) a výsledky vyneste do grafu s krivkou teoretickej závislosti. Posúďte súhlas výsledkov merania s teoretickým výpočtom. Z krivky určte minimálnu periódu T_m a jej zodpovedajúcu vzdialenosť d_m osi otáčania od ťažiska.*
- f) Pomocou všeobecného vzťahu pre dobu kmitu dokážte, že pre dvojicu osí s rovnakou periódou a rôznymi vzdialenosťami d_1 a d_2 od ťažiska súčet $d_1 + d_2$ závisí iba od doby kmitu T a nezávisí od tvaru telesa kyvadla. Výsledok overte pre niekoľko hodnôt získaných z grafu.*

Viac na <http://fo.uniza.sk/> a <http://www.iuventa.sk/sk/Olympiady/Olympiady-a-sutaze/FO.alej>

Vedecká olympiáda Európskej únie – European Union Science Olympiad (EUSO) je medzinárodná súťaž organizovaná pre trojčlenné družstvá žiakov vo veku do 16 rokov z odborností – chémia, fyzika, biológia. Súťažné úlohy, zamerané na uvedené oblasti, majú prevažne experimentálny charakter. Výber účastníkov sa uskutočňuje na základe hodnotenia ich úspešnosti v jednotlivých predmetových olympiádach a výberových sústredueniach pred

medzinárodnými súťažami. Žiaci riešia dve experimentálne úlohy, pričom na každú z nich majú k dispozícii 4 hodiny. Jednotlivé úlohy sú komplexne zamerané na fyziku, chémiu a biológiu. Keďže originálne zadania úloh sú pomerne rozsiahle a zaberajú niekoľko strán formátu A4, uvedieme len veľmi stručnú ukážku zadania úloh upravenú tak, aby sme si mohli urobiť názornú predstavu o podstate každej úlohy.

Pestovanie zemiakov

Súťažiaci sa zaoberali pestovaním zemiakov, pričom ich úlohou bolo:

- *fotometrické skúmanie zeleného farbiva v listoch zemiakov,*
- *chemická analýza pôdy, v ktorej sa zemiaky pestujú,*
- *meranie hustoty zemiakov a prevzdušnenie pôdy, v ktorej sa pestujú.*

Viac na <http://www.iuventa.sk/sk/Olympiady/Olympiady-a-sutaze/EUSO.alej>.

Turnaj mladých fyzikov (TMF) je súťaž pre zväčša 5členné družstvá stredoškôľakov vo fyzike. Spája v sebe myšlienky Fyzikálnej olympiády (riešenie príkladov) s myšlienkami stredoškolskej odbornej činnosti (prezentácia riešenia nejakého problému pred odbornou porotou). Úlohou súťažiacich je každý rok vypracovať 17 náročných úloh z rôznych oblastí fyziky tak, aby ich mohli prezentovať pred odbornou porotou.

Úlohy sú dopredu dané známé všetkým družstvám, každé teda rieši rovnaké problémy. Na samotnej súťaži (ktorej každoročne predchádza odborné sústreďenie) družstvo nielen prezentuje niekoľko úloh, ale rovnako aj oponuje riešeniam iných družstiev. Žiaci sa tak učia nielen fyzike, ale získavajú ostrohy aj v často tvrdých odborných debatách, naučia sa správne prezentovať svoje výsledky (v celoštátnom kole nielen v slovenskom, 5 úloh ale aj v anglickom jazyku, 10 úloh) a objektívne hodnotiť výsledky iných. Aktuálne ukážky úloh nájdeme na www.tmf.sk. Ukážka úlohy 28. ročníka TMF:

Hrubá šošovka: Fľaša naplnená tekutinou môže pôsobiť ako šošovka. Vraví sa, že za slnečného dňa môže byť nebezpečné ponechať plnú fľašu na stole. Je možné takouto šošovkou pripáliť povrch?



Žiaci stredných škôl sa v rámci podujatia *International Particle Physics Masterclasses* (Masterclasses – MC) môžu stať na jeden deň členmi vedeckého kolektívu fyzikov na univerzite a zoznámia sa s riešením

Obrázok 1 Vyhodnocovanie reálnych dát z CERNu žiakmi (zdroj: vlastné spracovanie)

najaktuálnejších problémov svetového výskumu. MC prebiehajú súčasne v 5-7 univerzitách vo svete každý deň počas troch týždňov. Žiaci si na podujatí s názvom *Hands on Particle Physics Masterclasses* na svojej univerzite dopoludnia vypočujú prednášky o podivuhodných vlastnostiach mikrosвета, popoludní vyhodnocujú dáta z doposiaľ najväčšieho e+e- urýchľovača na svete (Veľký elektrónovo–pozitrónový urýchľovač, ang. Large Electron–Positron Collider - LEP, Európska organizácia pre jadrový výskum, fr. Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire – CERN) a podvečer sa spoja cez videokonferenciu so svojimi rovesníkmi v partnerských krajinách, aby si porovnali a skombinovali svoje výsledky. Videokonferenčná diskusia, moderovaná fyzikmi z CERNu, dodáva podujatiu jedinečný charakter.

1.8 Verejné motivačné prezentácie fyziky

Verejné fyzikálne experimentálne prezentácie sa vykonávali už v minulosti. Uvádza sa, že dánsky fyzik Hans Christian Oersted (1777 – 1851) pri jednom verejnom experimentovaní z elektriny a magnetizmu v roku 1820 úplne náhodou objavil magnetické účinky elektrického prúdu.

Cieľom týchto akcií je zvýšiť záujem o fyziku a ďalšie prírodné vedy.

Prezentácie sa môžu konať v rámci základných i stredných škôl, univerzít alebo aj pre širšiu verejnosť. Prezentácie, ktoré ponúkajú všetky stupne škôl sú pozitívne prijímané publikom.

Fyzikálna show je aktivita, ktorej hlavným cieľom je popularizovať fyziku a motivovať žiakov, publikum k štúdiu fyziky (Štubňa, Valovičová, Ondruška 2012). Pomocou prezentovaných experimentov sú žiaci motivovaní ku kladeniu si otázok ohľadom vysvetlenia jednotlivých javov. Cieľom je viesť žiakov k bádaniu a rozmyšľaniu nad javmi, ktoré videli. Na dosiahnutie tohto cieľa sú využívané experimenty hlavne motivačného charakteru, ktoré ukazujú zaujímavé a efektné javy z fyziky, fyzikálne paradoxy a experimenty, ktoré sú pre žiakov záhadné.

Na Slovensku sú známe popularizačné aktivity napr. na Univerzite Konštantína Filozofa v Nitre (viac na <http://www.kf.fpv.ukf.sk/>) alebo v Centre popularizácie fyziky v Martine (viac na <http://astro-pozorovatelna-martin.webnode.sk/centrum-popularizacie-fyziky/>), v Čechách atraktívne fyzikálne experimentovanie ponúka Univerzita Hradec Králové pod názvom *Hrajme se i hlavou*, viac na <http://www.hrajme-si-i-hlavou.cz>.

Verejné prezentácie fyzikálnych poznatkov sú známe aj počas akcie *Týždeň vedy a techniky na Slovensku*, ktorá je každoročne organizovaná Ministerstvom školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky, v spolupráci s Centrom vedecko-technických informácií SR a Národným centrom pre popularizáciu vedy a techniky v spoločnosti. Cieľom je zlepšiť vnímanie vedy a techniky v povedomí celej spoločnosti, popularizovať a prezentovať ich, vzbudiť záujem mladých ľudí o štúdium vedeckých a technických disciplín, informovať verejnosť o poznatkoch vedy a techniky a o nutnosti podporovať vedu a techniku, ktoré sú základom hospodárskeho a spoločenského pokroku a pomáhajú riešiť globálne problémy a výzvy. V rámci toho podujatia sú organizované aj *Dni otvorených dverí* jednotlivých vedeckých pracovísk. Napríklad Fyzikálny ústav Slovenskej akadémie vied s úspechom prezentuje experimenty v sprístupnených laboratóriách. Žiaci majú možnosť oboznámiť sa s prácou vedcov priamo na mieste bádania.

Veľa zaujímavých experimentov majú žiaci možnosť vidieť aj v projekte *Festival vedy Noc výskumníkov*, ktorý je paralelne organizovaný v 33 štátoch Európy. V rámci projektu na Slovensku sú pripravené vedecké stánky a prezentácie výsledkov výskumu slovenských vedcov z univerzít, vedeckých ústavov, ale aj inovatívnych firiem, množstvo interaktívnych vedeckých experimentov a exponátov, populárno-vedecké prednášky o zaujímavých témach a diskusie s vedcami, zábavné súťaže a vedomostné kvízy.

Interaktívnymi experimentmi sa zaoberá občianske združenie *Schola Ludus*. Organizuje vzdelávacie programy pre deti, žiakov i dospelých, vedecké show, putovné výstavy napríklad Vedecká hračka, Labyrint, Prekvapenie v kvapalinách, Kvapaliny netradične. Združenie realizuje projekty pripravované na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského s využitím pôvodných poznávacích prístupov.

Interaktívne výstavy so zaujímavými experimentmi ponúkajú mnohé *popularizačné centrá*, napríklad Atlantis Centre v Leviciach, Steel Park v Košiciach. Ich úlohou je popularizácia vedy v radoch detí a rodín. Predstavujú fyzikálne zákony a prírodné javy hravou a inšpiratívnou formou. Napríklad zábavné technické centrum Steel Park v Košiciach ponúka vyše 50 interaktívnych exponátov, ktoré predstavujú príbeh ocele z oblasti hutníctva, geológie, fyziky, chémie, bezpečnosti a strojárstva.

Zo zahraničia sú známe napríklad vedecké zábavné parky VIDA! v Brne, Techmania Science Center v Prahe, iQpark v Liberci, The Palace of Miracles v Budapešti či Technorama vo švajčiarskom Winterthure.

Nesporne obľúbenými sú aktivity technických a prírodovedných múzeí s fyzikálnymi expozíciami v slovenských mestách, v Čechách, alebo vo Viedni, Mníchove či Budapešti. Ponúkajú zaujímavé interaktívne výstavy i virtuálne prehliadky.

Verejné motivačné prezentácie fyziky nenásilnou a zaujímavou formou oboznamujú žiakov s viacerými fyzikálnymi poznatkami. Experimenty sú pútavo pripravené, aby žiakov zaujali a motivovali ich k vlastnému štúdiu prípadne, aby si ich žiaci čo najdlhšie pamätali a učiteľ by mal možnosť na ne nadviazať pri preberaní daného učiva v škole.

2 Fundamentálne experimenty vo fyzike

Východiskom každej relevantnej fyzikálnej teórie musí byť pozorovanie prírodných javov alebo prevedenie reálneho experimentu. Z histórie fyziky je známe, že objavovanie fyzikálnych zákonitostí nemusí byť vždy priame. Často museli fyzici uskutočniť mnoho čiastočných pozorovaní, kým sa v danej oblasti realizoval fundamentálny experiment. Či je experiment fundamentálny sa môže potvrdiť až s časovým odstupom (Vybíral 2005).

Uvedieme fundamentálne experimenty z niekoľkých fyzikálnych odborov, ktoré sa vyskytujú v školskej fyzike. Vychádzali sme z publikácie *Fundamentální experimenty ve fyzice* (Vybíral 2005).

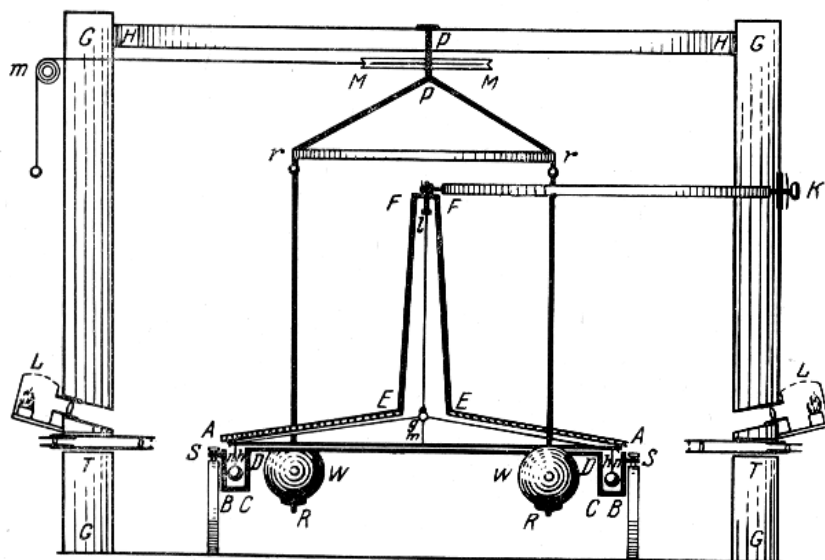
Klasická mechanika

Základy mechaniky (najmä statiky) sú založené na skúsenostiach a pozorovaniach. Zasahujú až do staroveku. Až však obrozenie pohľadu na prírodu, ktoré v 16. storočí priniesla renesancia, spôsobilo jej rozvoj. V tomto období bolo vykonané veľké množstvo pozorovaní a experimentov - pripomeňme si mená niektorých bádateľov: L. da Vinci, G. B. Benedetti, G. Galilei, V. Viviani, G. A. Borelli, R. Hooke, M. Marci, Ch. Huygens. Význam experimentu v období renesancie dokumentuje aj skutočnosť, že r. 1657 bola vo Florencii založená Akadémia experimentu. Tým boli vytvorené východiská pre vznik syntetizujúceho diela *Philosophiae naturalis principia Mathematica* vydaného r. 1687 Isaacom Newtonom (1643 – 1727). Dielo navyše obohacovalo vedu matematické metódy diferenciálneho a integrálneho počtu. Takmer žiadny z experimentov z mechaniky, ktorý predchádzal tomuto Newtonovu dielu, nemožno označiť za fundamentálny - snáď s výnimkou *Galileiových pokusov* s voľným pádom a pohybom po naklonenej rovine, ktoré konal v Pise okolo r. 1590.

Klasická teória gravitácie

Za fundamentálne pozorovania možno považovať pozorovania premenného postavenia planét, ktoré ku koncu 16. stor. vykonával *T. Brahe* a analyzoval ich *J. Kepler*. To ho privádza r. 1609 (v Prahe) a r. 1619 k formulácii troch zákonov nesúcich jeho meno. Z nich potom I. Newton vykonal zovšeobecnenie na zákon všeobecnej gravitácie (publikoval ho r. 1687). Newton sám tiež vykonáva jeho verifikáciu analýzou výsledkov pozorovaní pohybu Mesiaca a štyroch najväčších mesiacov Jupitera. Fundamentálny

verifikačný experiment však mohol realizovať až r. 1798 *H. Cavendish* pomocou torzných váh. Tento experiment nielen potvrdil platnosť zákona, ale umožnil aj prvé meranie gravitačnej konštanty (dokonca s presnosťou 1 %), ktorú Newton nemohol určiť pre neznalosť hmotnosti telies slnečnej sústavy.



Obrázok 2 Cavendishove torzné váhy z roku 1798 (zdroj: Vybíral 2005)

Klasická teória elektromagnetického poľa

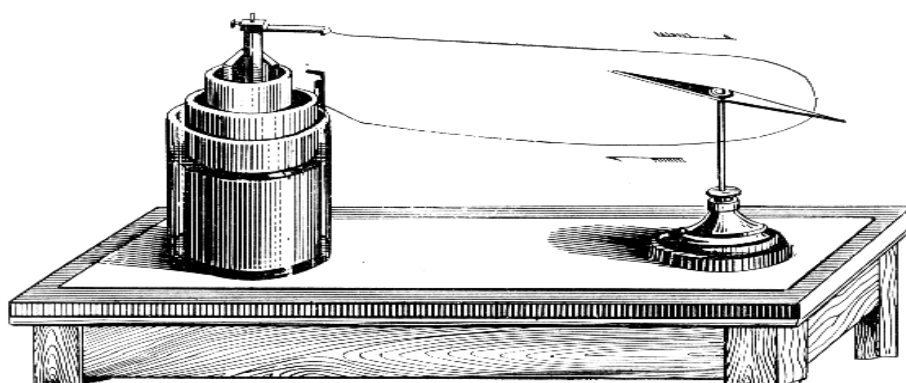
Až do konca 18. stor. boli známe niektoré javy z elektriny a magnetizmu len kvalitatívne, a to bez vzájomnej súvislosti. V roku 1784 vytvoril *A. Coulomb* (1736 – 1806) významnú teóriu torzných váh vrátane teórie krútenia tyče kruhového prierezu a v roku 1785 vykonal fundamentálny experiment, pri ktorom meral elektrostatické sily na torzných váhach a formuloval základný zákon elektrostatiky.

Potom prichádza roku 1820 *H. Ch. Oersted* s jednoduchým heuristickým experimentom, ktorým pomocou priameho drôtu a magnetky objavuje, že prechodom elektrického prúdu vzniká magnetické pole. Zásluhou *J.B. Biota*, *F. Savarta* a *P.S. Laplacea* bol potom v roku 1821 sformulovaný druhý pilier budúcej teórie elektromagnetického poľa – zákon nesúci meno týchto fyzikov.

Tretí zákon teórie o silovom pôsobení magnetického poľa na prúdový element formuluje *M. Ampère* (1775 – 1836) na základe svojho fundamentálneho experimentu z roku 1826. Tieto tri zákony v podstate stačili na vybudovanie klasickej elektrodynamiky a možno pomocou nich odvodiť (po istom zovšeobecnení) aj zákon elektromagnetickej indukcie.

K nemu však v roku 1831 dospieva po sedemročnom experimentovaní *M. Faraday* (1791 – 1879).

Až v roku 1864 mohol prísť *J.C. Maxwell* (1831 – 1879) so slávnou syntézou poznatkov, vykonať zovšeobecnenie (zaviesť intuitívne posuvný prúd) a formulovať sústavu diferenciálnych rovníc elektromagnetického poľa. Z nich Maxwell teoretickým postupom dospieva k poznatku, že novo objavená entita – elektromagnetické pole – sa šíri vo forme prierezových elektromagnetických vln rýchlosťou rovnakou ako svetlo a že na rozhraní dvoch prostredí sa správa rovnako ako svetlo. Fundamentálne experimenty, ktoré verifikujú tieto poznatky, vykonal v roku 1887 *H. Hertz*, až 8 rokov po Maxwellovej smrti.



Obrázok 3 Originálny náčrt Oerstedovho fundamentálneho experimentu (zdroj: Vybíral 2005)

Špeciálna teória relativity

Maxwellova teória šírenia elektromagnetických vln mala jeden nedostatok – Maxwell prijal Youngovu hypotézu z roku 1801, že k šíreniu svetla (a teda aj elektromagnetických vln) je potrebná akési prostredie, ktoré bolo nazvané éter. Jeho experimentálne hľadanie priviedlo fyziku poslednej štvrtiny 19. stor. do krízy. Medzi tromi hypotézami o éteri mal nakoniec rozhodnúť fundamentálny *Michelsonov-Morleyov experiment* z rokov 1881 a 1887 (obr. 9). Nerozhodol a problém nakoniec vyústil až k postulátu formulovaného A. Einsteinom (1879 – 1955), že rýchlosť svetla vo vákuu je univerzálnou fyzikálnou konštantou. To ho roku 1905 priviedlo k vypracovaniu špeciálnej teórie relativity. Špeciálnu teóriu relativity by sme mohli odvodiť priamo z Maxwellovej teórie, ak budeme uvažovať o kovariantnosti Maxwellových rovníc vo všetkých inerciálnych vzťažných sústavách a aplikujeme súradnice priestoru a času relatívne ku každej vzťažnej sústave.

Všetky teoretické dôsledky špeciálnej teórie relativity boli priamo alebo nepriamo experimentálne verifikované. Dokonca závislosť hmotnosti elektrónu na jeho rýchlosti v inerciálnej vzťažnej bola kvalitatívne zistená už pred vypracovaním teórie relativity (Kaufmannov experiment, 1901).

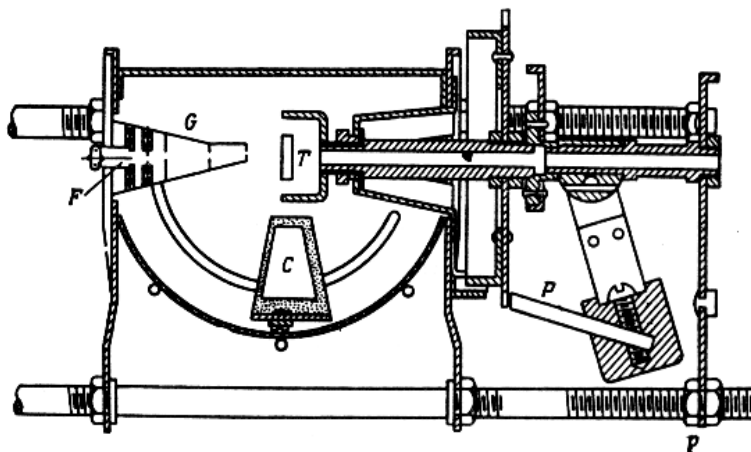
Všeobecná teória relativity – teória gravitácie

Je zaujímavé, že tento odbor má hlboké experimentálne korene už v 17. storočí. G. Galilei a I. Newton hľadali vzťah medzi hmotnosťou zotrvačnou (m_z) a gravitačnou (m_g). Galilei približne v roku 1590 zistil, že všetky ťažké telesá, ktoré púšťal zo šikmej veže v Pise, padajú približne s rovnakým zrýchlením $a = g$. Newton (1687) pomocou kmitov klasických kyvadiel s presnosťou 0,1% zmeral, že platí $m_s = m_g$. Bessel (1827) k experimentu použil kmity torzného kyvadla a presnosť zvýšil na $2 \cdot 10^{-5}$. Rozhodujúce fundamentálne experimenty na statických torzných váhach v rokoch 1890 - 1909 vykonal R. Eötvös (1848 – 1919), pri ktorých dosiahol presnosť $3 \cdot 10^{-9}$. Eötvösovu metódu ešte vylepšila americká skupina Dicke, Roll, Krotkov (1963), dosiahla presnosť $1 \cdot 10^{-11}$ a Rusi Braginskij, Panov (1971), ktorí rovnosť $m_s = m_g$ vyhodnotili s presnosťou $9 \cdot 10^{-13}$. Výsledky presných Eötvösových experimentov viedli Einsteina k úvahe, že rovnosť $m_s = m_g$ nemôže byť náhodná a dospel k názoru, že sa musí jednať o identitu. Na základe známeho myšlienkového experimentu vyslovil princíp ekvivalencie zotrvačných a gravitačných síl, ktorý je jedným z všeobecných princípov relativity.

Kvantová fyzika

Experimentálnej korene kvantovej fyziky môžeme nájsť na konci 19. storočia pri formulovaní zákonov žiarenia čierneho telesa. Išlo vtedy o medze platnosti dvoch zákonov rozdelenia energie formulované na základe experimentov: *Rayleighov-Jeansov zákon* sa osvedčil pre žiarenie pri vysokých teplotách a dlhších vlnách, naopak *Wienov zákon* pre oblasť nižších teplôt a vlnových dĺžok v oblasti viditeľného a ultrafialového svetla. Ako je známe, oba zákony sa podarilo v roku 1900 prepojiť M. Planckovi (1859 - 1947) pri použití hypotézy o emisii a absorpcii žiarivej energie v kvantách, $\varepsilon = h\nu$. Planck tomuto kvantu neprisudzoval nijakého nositeľa. Fotón do fyziky zaviedol až v roku 1905 Einstein pri výklade fotoelektrického javu experimentálne objaveného už v roku 1887 H. Hertzom. K významným experimentálnym oporám nielen kvantovej, ale aj relativistickej fyziky patrí *Comptonov jav* z roku 1922. Vlnové vlastnosti elektrónu boli prvýkrát pozorované v rokoch 1921 - 1923 C. J. Davissonom a Kunsmanom pri rozptyle elektrónov na tenkých kovových fóliách. Ich experiment je možné považovať za fundamentálny pre kvantovú mechaniku

(resp. predtým označovanú ako vlnovú mechaniku), pretože inšpiroval v roku 1924 L. de Broglieho k vysloveniu hypotézy o materiálnych (de Broglieho) vlnách. Príslušný verifikačný pokus vykonal v roku 1927 *Davisson* s *Vernerom*, keď optickou Braggovou metódou skúmal rozptyl elektrónového zväzku na monokryštáli niklu.



Obrázok 4 Schéma prístroja pre fundamentálny verifikačný experiment z roku 1927 (zdroj: Vybíral 2005)

Atómová a jadrová fyzika

Celá náuka o stavbe atómu a jeho jadra dôsledne vychádza z experimentálnych poznatkov. Pôvodný experimentálny základ poskytovala chémia (najmä elektrochémia). K fundamentálnym fyzikálnym experimentom v atomistike patrí *výskum katódových lúčov*, ktorý v roku 1897 viedol k objavu elektrónu J. J. Thomsonom. Ďalší fundamentálny experiment vykonal v roku 1911 *E. Rutherford*, keď pomocou rozptylu častíc alfa po ich prechode tenkou kovovou fóliou objavil jadro atómu. Metódu priameho merania náboja elektrónu pomocou olejovej kvapky navrhol v roku 1907 *A. Ehrenhaft* a v roku 1913 experiment úspešne uskutočnil *R. A. Millikan*. K významným fundamentálnym experimentom tohto obdobia patrí aj experiment uskutočnený v rokoch 1913 – 1914 *J. Franckom* a *G. Hertz*, ktorý meraním ionizačných potenciálov plynov verifikovali kvantovú štruktúru atómu navrhnutú v roku 1913 *N. Bohrom*. Ku kľúčovým medzníkom budovania modelu jadra atómu patrí aj experimentálny dôkaz existencie neutrónu, ktorý na základe série relatívne jednoduchých pokusov s ionizačnou komorou v roku 1932 podal *J. Chadwick*. Experimenty, ktoré viedli k objavu štiepenie jadra pri jeho ostreľovaní neutrónmi, sú spojené s menami *I. Curieová*, *F. Joliot* a *E. Fermi* (1934) a najmä s menami *O. Hahn* a *L. Meitnerová* (1938 – 1939).

Reálny experiment má dôležité postavenie vo vyučovaní fyziky na všetkých stupňoch škôl. Zaradenie experimentu do vyučovania nie je jednoduché, kladie veľké nároky na čas, vybavenie laboratória, ale najmä závisí na vôli a skúsenosti učiteľa obohatiť výklad experimentmi. Veľmi cennou sa ukazuje metóda prírodovedného bádania.

3 Prírodovedné bádanie vo vyučovacom predmete fyzika

3.1 Pojem prírodovedné bádanie

Kurikulárna reforma slovenského školstva, zakotvená v zákone o výchove a vzdelávaní č. 245/2008 Z. z. zo dňa 22. mája 2008, sa výrazne dotkla aj vyučovacieho predmetu fyzika. Rozsah učiva fyziky bol v základných i stredných školách, ale aj v gymnáziách, zredukovaný takmer o polovicu, tiež sa znížila časová dotácia vyučovacích hodín predmetu v týždni. Dôraz sa v novovzniknutom Štátnom vzdelávacom programe v predmete fyzika začal klásť na tzv. prírodovedné bádanie alebo experimentovanie, ktorého cieľom je zaktivizovať žiaka vo vyučovacom procese. Konkrétne ide o zmeny v obsahu a spôsobe vyučovania fyziky smerom k vzdelávaniu zameranému predovšetkým na rozvoj zručností a schopností žiaka, čo súvisí predovšetkým s väčšou mierou zapojenia žiaka do samotného procesu objavovania a odhaľovania fyzikálnych zákonitostí a súvislostí. V európskom meradle sa tzv. prírodovedné bádanie, nielen vo fyzike, ale vo všetkých prírodovedne orientovaných predmetoch, označuje pojmami „inquiry“ alebo „Inquiry-based science education“.

V dostupnej literatúre existuje viacero vysvetlení toho, čo prírodovedné bádanie v skutočnosti predstavuje. Jednotliví autori explikujú daný pojem vo vzťahu k vede. Podľa M. Linnovej, E. Davisovej a B. Eylonovej bádanie označuje zámerný proces spojený s rozpoznaním problému, návrhom vhodných experimentov a posúdením alternatívnych možností, plánovaním postupu skúmania, tvorbou hypotéz, vyhľadávaním informácií, tvorbou modelov, diskusiou s kolegami a formulovaním logických argumentov.

Podľa D. Llewellyna predstavuje bádanie vedecký proces aktívneho skúmania sveta okolo nás, pričom použitím kritického a logického myslenia a tvorivých schopností formulujeme a hľadáme odpovede na otázky, ktoré nás zaujímajú. Tento proces je možné rozčleniť do niekoľkých fáz, ktoré tvoria tzv. cyklus bádania:

1. formulovanie výskumnej otázky, resp. problému,
2. brainstorming možných riešení,
3. výber hypotézy na testovanie,
4. plánovanie vhodného postupu a realizácia,
5. zber dát a formulovanie záverov,
6. zdieľanie a prezentovanie výsledkov.

D. Ash sa venuje vysvetleniu pojmu bádanie v súvislosti s učením. Podľa autora ide o taký prístup k učeniu, ktorý by mal kopírovať vedecký bádateľský cyklus. Žiak, podobne ako vedec, najprv pozoruje niečo, čo ho zaujme a podnieti v ňom nezodpovedanú otázku. Ďalej objektu venuje pozornosť, formuluje otázky a odpovede, overuje ich a testuje, vytvára tak určitú teóriu, pričom sa stretáva aj s novými problémami, ktoré smerujú k prehĺbovaniu pochopenia základného problému. Žiak zároveň zbiera informácie z videa či z rôznej literatúry, prezentuje výsledky svojej práce v rozličných formách a diskutuje o nich so spolužiakmi či s učiteľom. Následne formuluje závery. Nové poznatky tak môže začleniť do štruktúry poznatkov, ktoré si už osvojil.

Vo všeobecnosti môžeme konštatovať, že prírodovedné bádanie vo vyučovaní fyziky predstavuje aktívne učenie žiaka. *„Jeho hlavným cieľom nie je transfer poznatkov, faktov, definícií a pojmov, ale predovšetkým rozvoj schopnosti žiakov logicky myslieť a argumentovať, rozpoznať a formulovať kľúčové problémy a hľadať na nich odpovede prostredníctvom vlastnej samostatnej a aktívnej činnosti. Aktívnou činnosťou žiaci nielen rozširujú svoje poznatky, ale rozvíjajú svoje schopnosti a zručnosti takéto činnosti realizovať.“* Pri experimentovaní, ale aj pri prezentovaní výsledkov práce žiaka, významnú úlohu zohrávajú digitálne technológie (meranie a spracovanie dát pomocou počítača) (Waresová 2014).

3.2 Typy a úrovne bádateľských aktivít

3.2.1 Interaktívna diskusia/interaktívna demonštrácia

Interaktívna diskusia je bádateľská aktivita, pri ktorej učiteľ kladie otázky a riadi diskusiu riešiacu nejaký problém interaktívnym spôsobom.

Interaktívna demonštrácia je bádateľská aktivita, pri ktorej žiaci tvoria predpovede registrované učiteľom. Predpovede potom overujú experimentom, ktorý realizuje učiteľ, odpovedajú na učiteľove otázky, argumentujú a vyvodzujú závery na základe výsledkov experimentu, ktoré porovnávajú so svojimi hypotézami.

Príklad z praxe: Interaktívna demonštrácia zameraná na Archimedov zákon – učiteľ popíše experiment, predvedie ho žiakom, pričom žiaci do pripraveného obrázku zakresľujú svoje predpovede pre silu pri postupnom ponáraní telies rovnakého objemu a rozličnej hustoty (rovnaká škatuľka so závažím, naplnená vodou, resp. prázdna). Svoje predpovede si žiaci porovnávajú s výsledkami merania, ktoré získa učiteľ pomocou počítača.

3.2.2 Riadené objavovanie

Ide o bádateľskú aktivitu, pri ktorej žiaci pracujú samostatne v skupinách, postupujú podľa presne zadaných inštrukcií a overujú si už nadobudnuté poznatky.

Príklad z praxe: Žiaci v skupinách skúmajú pohyb plachetnice a meraním polohy na videoklipe overujú zákonitosti rovnomerného pohybu ozrejmene na predchádzajúcej hodine.

3.2.3 Riadené bádanie

Pri tejto bádateľskej aktivite žiaci pracujú v skupinách, pričom im učiteľ zadá problém s jasne formulovanými úlohami: „Zisti...“, „Urči...“, „Popíš...“, „Nájdí...“, neexistuje však vopred daná odpoveď a závery sú založené na práci žiakov. Činnosť žiakov usmerňuje učiteľ len menej detailnými inštrukciami.

Príklad z praxe: Úlohou žiakov je určiť ako závisí základná frekvencia struny gitary od jej dĺžky. Žiaci pracujú v skupinách, pričom merajú dĺžkovým meradlom dĺžku vybranej struny k príslušnému pražcu a jej základnú frekvenciu, napríklad zvukovým senzorom, výsledky zaznamenávajú do tabuľky. Po analyzovaní dát zistia, že ide o nepriamu úmernosť.

3.2.4 Viazané bádanie

Viazané bádanie je bádateľskou aktivitou, pri ktorej sa očakáva, že žiaci navrhnu a zrealizujú experiment na vopred stanovený problém formulovaný učiteľom s malou alebo žiadnou pomocou učiteľa. Aktivita je pre žiakov náročná najmä na realizáciu, pretože vychádzajú len zo svojich predchádzajúcich skúseností.

Príklad z praxe: Pri výučbe elektrických obvodov s jednosmerným prúdom dostanú žiaci zadanie určiť, aký prvok je uzavretý v čiernej skrinke. Ich úlohou je pomocou dostupných pomôcok navrhnuť experiment a postup merania, na základe ktorého zistia, aký prvok je ukrytý v skrinke (rezistor/diódka/žiarovka/termistor).

3.2.5 Otvorené bádanie

Pri tejto bádateľskej aktivite žiaci formulujú svoj vlastný výskumný problém v rámci daného kontextu a sami navrhnu experiment aj postup jeho realizácie.

Príklad z praxe: Žiaci skúmajú hlas človeka v rámci témy zvuk a získavajú predstavu o tom, čo je hlasová analýza, ako možno na základe vnímania hlasu identifikovať osoby, resp. aké sú ďalšie možnosti jej využitia. Môžu tiež formulovať vlastné výskumné otázky a v skupinách zrealizovať svoj vlastný experiment s použitím zvukového senzora, resp. zvukovej karty počítača s vhodným softvérom.

Príklady výskumných otázok:

- Aký je rozdiel vo vyslovení rovnakej samohlásky (napríklad „a, e, u“) mužom a ženou?
- Aký je rozdiel medzi tónom rovnakej výšky zahranom na hudobnom nástroji (napríklad flaute) alebo keď rovnaký tón zaspieva človek?
- Aký rozdiel je pri vyslovení samohlásky „a“ zaspievaním, so zapchatým nosom, šuškáním a podobne?
- Aký je rozdiel v spievanom „a“, „e“, resp. „u“. Čo je typické pre každú z týchto samohlások?

3.2.6 Bádateľské aktivity a školská prax

K prírodovednému bádaniu by mal učiteľ privádzať žiaka postupne. Ak žiak nepozná takýto systém práce, nebude hneď sám od seba vedieť zostaviť výskumný problém a zároveň navrhnúť postup jeho riešenia. Dôležitú úlohu v tomto procese zohráva učiteľ, ktorý musí zvážiť, akú úroveň bádateľských aktivít žiaci zvládnu, pričom berie do úvahy ich schopností a zručností a v neposlednom rade najmä vzdelávacie ciele vyučovacieho procesu a konkrétnej vyučovacej hodiny. „*V bežnej výučbe by preto mali dominovať prvé tri úrovne bádateľských aktivít, ktoré poskytujú žiakovi istú dávku samostatnosti, ale zároveň dostatok pomoci a vedenia zo strany učiteľa, ktorý drží priebeh hodiny pevne v rukách. Najvyššie úrovne bádania je vhodné zaradiť u žiakov, ktorí sú už na takýto spôsob výučby dobre natrénovaní, resp. u žiakov talentovaných so záujmom o fyziku.*“ (Ješková, Kireš, Onderová 2012) V opačnom prípade by žiaci mohli brať prírodovedné bádanie na ľahkú mieru a nevenovať mu dostatočnú pozornosť.

3.3 Možnosti realizácie prírodovedného bádania v slovenských školách

Vzdelávacie programy a učebné materiály

Platný štátny vzdelávací program považuje prírodovedné bádanie za jeden z hlavných cieľov vyučovania. V protiklade k tomuto tvrdeniu ale stojí reálne vyučovanie, ktoré v praxi disponuje zníženým počtom vyučovacích hodín. Učiteľ je teda nepriamo nútený prebrať učivo formou teórie, ktorú žiakom „nadiktuje sám“ na úkor proklamovaného prírodovedného bádania.

V školskej praxi rovnako chýba vhodný metodický i učebný materiál, ktorý by pomohol učiteľovi, ale aj žiakom, zvládnuť aktivity prírodovedného bádania. Posun v tejto oblasti znamenajú národné a medzinárodné projekty. Jedným z takýchto medzinárodných projektov je program ESTABLISH, ktorý bol realizovaný na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ v Košiciach.

Učiteľ fyziky

Uvádzanie metód bádateľských aktivít vo vyučovaní prírodovedných predmetov, teda aj fyziky, kladie nové nároky na prípravu učiteľa už počas príslušného vysokoškolského štúdia. Učiteľ fyziky by mal ovládať nové metódy a princípy výučby tak dokonale, aby mohol v triede so žiakmi efektívne pracovať. Na našich vysokých školách pri príprave učiteľov fyziky na ich budúce povolanie tieto moderné trendy výučby už boli aplikované do praxe. Väčší dôraz sa vo výučbe kladie na aktívne formy vyučovania, a to už pri prednáškach, napríklad pri interaktívnej demonštrácii, oproti pasívnym formám prednášok – výklad a podobne, ale aj v laboratóriu. V neposlednom rade bolo kurikulum vysokoškolského štúdia fyziky obohatené aj o nové predmety zamerané na prírodovedné bádanie.

Následne sa predpokladá, že dobre pripravený absolvent štúdia učiteľstva fyziky môže obohacovať svojich starších kolegov, ktorí už dlhšie pôsobia v školskej praxi, o nové metódy a postupy vo vyučovaní s dôrazom na prírodovedné bádanie. Reálne je však veľmi ťažké zmeniť rokmi zaužívané a osvedčené spôsoby výučby, vyžaduje to mnoho úsilia daného učiteľa. Pozitívne preňho môžu byť kladné príklady iných učiteľov, ale najmä rozširovanie si svojich vedomostí formou kontinuálneho vzdelávania, ktoré je zakotvené v zákone (Waresová 2014).

Hodnotenie výsledkov vzdelávacieho procesu

Dôležitou otázkou zostáva otázka hodnotenia a klasifikácie výsledkov vzdelávacieho procesu so zreteľom na ciele vzdelávania. V minulosti sa zväčša kládol dôraz na posúdenie úrovne dosiahnutých vedomostí ako výsledku vzdelávacieho procesu. „*Metodický pokyn deklaruje, čo sa v prírodných vedách má hodnotiť, napr. kvalita myslenia, jeho logickosť, samostatnosť a tvorivosť, schopnosť zaujať stanovisko a uplatňovať osvojené poznatky a zručnosti pri riešení teoretických a praktických úloh, aktivita v prístupe k činnostiam, záujem o ne a vzťah k nim, osvojenie účinných metód samostatného štúdia a schopnosť učiť sa učiť...*“ Mnohí učitelia však v praxi nevedia uvedené nástroje zohľadniť v hodnotení

a klasifikácii vzdelávacieho procesu, preto sa vracajú k starým zaužívaným postupom a nástrojom hodnotenia a klasifikácie.

Atmosféra v školách

Pri zavádzaní nových efektívnych metód vzdelávania v základných aj stredných školách (teda aj metód prírodovedného bádania vo fyzike) dôležitú úlohu zohráva atmosféra v školách a najmä proreformné zameranie vedenia škôl aj samotných učiteľov. V centre pozornosti stojí tiež technologické a materiálové vybavenie škôl, napríklad pomôcky na experimentovanie a podobne, metodická príprava učiteľov a ich vzájomná spolupráca, napríklad vo forme hospitácií na jednotlivých vyučovacích hodinách. K pozitívnej atmosfére na školách prispievajú inšpiratívne námety a výučbové produkty, ktoré učitelia získavajú absolvovaním kontinuálnych vzdelávaní zameraných na bádateľské metódy v prírodovednom vzdelávaní (Waresová 2014).

3.4 Ukážka prírodovedného bádania

I. Opis vyučovacej jednotky

V rámci vyučovacích jednotiek *teplota a jej meranie, teplo, tepelná výmena a kalorimetrické meranie tepelných kapacít telies* sa žiaci naučia porozumieť základným pojmom teplota a teplo. Vyhľadajú informácie o chápaní teploty a tepla v histórii, zoznámia sa s meraním teploty v minulosti. Spoznajú rôzne druhy teplomerov, teplotných stupníc. Realizujú, navrhnu experimenty spojené s prenosom tepla, meraním teploty, tepelnou výmenou. Oboznámia sa s časovou závislosťou teploty pri odoberaní a dodávaní tepla. Naučia sa fyzikálne interpretovať javy v bežnom živote súvisiace s prenosom tepla, tepelnou kapacitou látok. V rámci týchto vyučovacích jednotiek sa učia opisnú i operačnú definíciu tepla.

Cieľom týchto vyučovacích jednotiek je poskytnúť učiteľom aktivity, ktoré sú navrhnuté s cieľom podporiť učenie sa tejto témy bádateľským spôsobom na rozličnej úrovni bádania.

Kategória žiakov: stredná škola - šestnásťroční žiaci

Zahrnuté predmety: Fyzika, Chémia, Biológia

Predpokladaná dĺžka trvania: 8 vyučovacích hodín

II. Prvky aktívneho žiackeho bádania

Navrhnuté aktivity boli vybrané a navrhnuté s dôrazom na aktívne bádanie. Sú zamerané na pochopenie pojmov teplo a teplota. Sú navrhnuté pre žiakov gymnázia, ale niektoré z nich sú vhodné aj pre žiakov základnej školy.

Tab. 1 Prvky aktívneho žiackeho bádania

Aktivita	Typ bádateľskej aktivity	Získané zručnosti
1 Teplota a jej meranie		
1.1 Tvorcovia teplotných stupníc	Riadené bádanie	Vyhľadávať informácie, triediť ich, prezentovať informácie získané na základe skúmania.
1.2 Zistite teplotu v °C i v kelvinoch	Riadené bádanie	Zrealizovať experiment, navrhnuť experiment, vyhľadávať informácie, triediť ich, prezentovať informácie získané na základe skúmania.
1.3 Ako Anders Celcius vytvoril teplotnú stupnicu	Riadené bádanie	Zrealizovať jednoduchý experiment, vyhľadávať informácie, triediť ich, prezentovať informácie získané na základe skúmania.
1.4 Teplomer	Riadené objavovanie	Vyhľadávať informácie, triediť ich, prezentovať informácie získané na základe skúmania.
1.5 Pojem teplota	Riadené objavovanie	Vyhľadávať informácie, prezentovať informácie.
2 Teplo		
2.1 Zdroje tepla	Riadené objavovanie	Vyhľadávať informácie, triediť ich, prezentovať informácie získané na základe skúmania.
2.2 Prenos tepla	Riadené bádanie	Zrealizovať experiment, analyzovať ho, prezentovať

		výsledky. Vyhľadávať informácie, triediť ich, prezentovať informácie získané na základe skúmania.
2.3 Teplo forma energie	Viazané bádanie	Navrhnuť a zrealizovať experiment, vyhľadávať informácie, triediť ich, prezentovať informácie získané na základe skúmania.
2.4 Predstavy o teple	Riadené bádanie	Vyhľadávať informácie, triediť ich, prezentovať informácie.
3 Tepelná výmena		
3.1 Časová závislosť teploty vody počas jej ochladzovania	Riadené bádanie	Zrealizovať experiment, analyzovať ho, prezentovať výsledky.
3.2 Časová závislosť teploty vody počas jej ohrievania	Riadené bádanie	Zrealizovať experiment, analyzovať ho, prezentovať výsledky.
3.3 Časová závislosť teploty vody počas jej ohrievania prechodom cez tri skupenstvá	Riadené bádanie	Zrealizovať experiment, analyzovať ho, prezentovať výsledky.
4 Kalorimetrické meranie tepelných kapacít telies		
4.1 Kalorimetrická rovnica pri tepelnej výmene medzi studenou a horúcou vodou	Riadené bádanie	Zrealizovať experiment, analyzovať ho, prezentovať výsledky.
4.2 Kalorimetrické meranie hmotnostnej tepelnej kapacity kovového predmetu	Viazané bádanie	Navrhnuť a zrealizovať experiment, vyhľadávať informácie, triediť ich, prezentovať informácie získané na základe skúmania.

4.3 Zaujímavosti spojené s tepelnou kapacitou	Viazané bádanie	Vyhľadávať informácie, triediť ich, prezentovať informácie.
--	-----------------	--

Metodická poznámka: Niektoré aktivity sú náročné na realizáciu, žiaci by mali mať skúsenosti s prírodovedným bádáním v predchádzajúcej výučbe prírodovedných predmetov.

III. Vedecký obsah

Žiaci používajú pojmy teplota a teplo v každodennom živote.

Aktivity v tejto časti predstavujú nasledujúce pojmy a myšlienky:

- ✓ teplota, termodynamická a Celsiova teplotná stupnica,
- ✓ vzťah medzi jednotkami kelvin a stupeň Celzia,
- ✓ teplo, tepelná výmena, hmotnostná tepelná kapacita,
- ✓ prenos tepla na rôznych príkladoch,
- ✓ zostavenie a použitie kalorimetrickej rovnice,
- ✓ určenie hmotnostnej tepelnej kapacity daného kovu, časovej závislosti teploty pri dodávaní a odoberaní tepla experimentom.

IV. Didaktický problém

K štandardným žiackym problémom súvisiacim s pochopením pojmov teplota a teplo patria:

- ✓ teplo a teplota používajú často na vyjadrenie svojich pocitov- v lete je nám teplo, lebo teplota vzduchu je vyššia ako v zime, keď je nám zima,
- ✓ kovový predmet, ktorý vyberieme z chladničky, je na dotyk chladnejší a má aj nižšiu teplotu ako papierové vrečko, ktoré sme vybrali spolu s ním,
- ✓ voda v nádobách zohriata na rôzne teploty sa bude na začiatku ochladzovať rovnakým tempom,
- ✓ grafická závislosť teploty od času pri ochladzovaní vody v nádobe je priamo úmerná (klesajúca, ale aj rastúca),
- ✓ časový priebeh teploty pri ochladzovaní vody v nádobe je rovnaký či je nádoba vo vzduchu s teplotou 20 °C alebo vo vodnom kúpeli s tou istou teplotou,
- ✓ časový priebeh teploty pri topení ľadu má rastúci charakter,
- ✓ hrniec, v ktorom voda sotva vrije, má nižšiu teplotu ako voda, ktorá vrije prudko, najdlhšie,

- ✓ na koncoch tyče je väčší teplotný rozdiel, teplo v nej prúdi pomalšie, ako keď je ten rozdiel menší.

V. Väzba na priemysel

Táto téma poskytuje veľa možností na poukázanie aplikácií v priemysle alebo v každodennom živote. Napríklad:

- ✓ meranie teploty je každodenná súčasť života (meteorológia, zdravotníctvo, národné hospodárstvo),
- ✓ samotná existencia človeka je spojená s energiou, teplom (zdroje tepla, prenos tepla),
- ✓ táto téma je úzko prepojená s environmentálnou tematikou- ochranou životného prostredia a ochranou zdravia človeka (napr. globálne otepľovanie).

VI. Vyučovacie postupy

Tab. 2 Vyučovacie postupy

Aktivita	Typ bádateľskej aktivity	Fáza učebného procesu
1 Teplota a jej meranie		
1.1 Tvorcovia teplotných stupníc	Riadené bádanie	Skúmanie/Vysvetlenie
1.2 Zistite teplotu v °C i v kelvinoch	Riadené bádanie	Skúmanie/Vysvetlenie
1.3 Ako Anders Celcius vytvoril teplotnú stupnicu	Riadené bádanie	Skúmanie/Vysvetlenie
1.4 Teplomer	Riadené objavovanie	Skúmanie/Vysvetlenie
1.5 Pojem teplota	Riadené objavovanie	Zapojenie
2 Teplo		
2.1 Zdroje tepla	Riadené objavovanie	Zapojenie

2.2 Prenos tepla	Riadené bádanie	Skúmanie/Vysvetlenie
2.3 Teplo forma energie	Viazané bádanie	Skúmanie/Vysvetlenie/Rozšírenie
2.4 Predstavy o teple	Riadené bádanie	Zapojenie /Skúmanie
3 Tepelná výmena		
3.1 Časová závislosť teploty vody počas jej ochladzovania	Riadené bádanie	Skúmanie/Vysvetlenie/Rozšírenie
3.2 Časová závislosť teploty vody počas jej ohrievania	Riadené bádanie	Skúmanie/Vysvetlenie
3.3 Časová závislosť teploty vody počas jej ohrievania prechodom cez tri skupenstvá	Riadené bádanie	Skúmanie/Vysvetlenie/Rozšírenie
4 Kalorimetrické meranie tepelných kapacít telies		
4.1 Kalorimetrická rovnica pri tepelnej výmene medzi studenou a horúcou vodou	Riadené bádanie	Skúmanie/Vysvetlenie
4.2 Kalorimetrické meranie hmotnostnej tepelnej kapacity kovového predmetu	Viazané bádanie	Skúmanie/Vysvetlenie/Rozšírenie
4.3 Zaujímavosti spojené s tepelnou kapacitou	Viazané bádanie	Skúmanie/Vysvetlenie/Rozšírenie

Metodické poznámky: Trieda možno rozdeliť na malé skupiny 2-3 žiakov. Každá skupina dostane zadanie určitých aktivít pracovného listu. Jednotlivé skupiny po ich vypracovaní sformulujú závery, svoje poznatky a riešenia prezentujú spolužiakom v triede. Po „odprezentovaní“ svojej aktivity je čas vyčlenený na diskusiu so spolužiakmi.

VII. Hodnotenie

Pri práci v skupinách je možné hodnotiť realizáciu experimentu a prezentáciu výsledkov. Hodnotenie prezentácií o experimente a informáciách vyhľadaných v literatúre prebieha pred žiakmi triedy.

VIII. Žiacke aktivity

Žiacke aktivity sú prípravou pre učiteľa na vyučovacie jednotky. Ich súčasťou sú vyučovacie ciele, ktoré sú spracované podľa Niemierkovej taxonómie, ďalej pomôcky, návrh postupu a možné otázky. Žiacke aktivity uvádzame k pracovným listom 1 Teplota a jej meranie, 2 Teplo, 3 Tepelná výmena a 4 Kalorimetrické meranie tepelných kapacít (Waresová 2014).

Žiacke aktivity k pracovnému listu 1 Teplota a jej meranie

Aktivita 1.1 Tvorcovia teplotných stupníc
Vyučovacie ciele:
• Oboznámiť sa s fyzikmi z histórie, ktorí sa zaoberali meraním teploty a tvorbou teplotných stupníc. • Opísať teplotné stupnice a vedieť ich základné teploty, ktoré sa dnes používajú v bežnej praxi i vo vede. • Vedieť vyjadriť teplotu v °C, v kelvinoch. • Používať vzťah medzi jednotkami kelvin a stupeň Celzia.
Pomôcky:
• Rôzne druhy teplomerov, internet
Návrh postupu:
Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci vyhľadajú na internete fyzikov, ktorí sa v minulosti zaoberali meraním teploty a tvorbou teplotných stupníc. Zopakujú si Celziovu teplotnú stupnicu, jej základné teploty. Zoznámia sa s ďalšími a zistia, ktoré sa dnes používajú v bežnej praxi a vo vede. Vyjadria teplotu ľudského tela v kelvinoch a trojného bodu vody v Celziových stupňoch. Po úspešnom vypracovaní aktivity, žiaci prezentujú výsledky ostatným spolužiakom. Svoje riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.
Možné otázky:
• Vysvetlite, čím sa odlišujú zápisy $T = 55\text{ K}$ a $\Delta T = 55\text{ K}$. • Vyjadrite obidva zápisy v °C.

Aktivita 1.2 Zistíte teplotu v °C i v kelvinoch
Vyučovacie ciele:
• Vedieť vyhľadané teploty vyjadriť v °C i v kelvinoch.
Pomôcky:
• Laboratórne teplomere, voda vo vodovodných kohútikoch, internet

Návrh postupu:

Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci podľa pracovného listu odmerajú teploty, vyhľadajú informácie na internete a získané teploty vyjadria v °C i v kelvinoch. Svoje riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.

Možné otázky:

- Akú najnižšiu laboratórnu teplotu látky získali naši vedci na Slovensku?
- Viete, prečo sa vedci snažia získať látky s nízkymi teplotami?

Aktivita 1.3 Ako Anders Celcius vytvoril teplotnú stupnicu**Vyučovacie ciele:**

- Na základe postupu previesť experiment a vyvodiť záver.
- Navrhnuť pomôcky a postup na zostrojenie klasického teplomera s náplňou liehu alebo ortuti.
- Vedieť princíp laboratórneho teplomera s náplňou liehu alebo ortuti.

Pomôcky:

- malá sklená nádobka, sklená trubička s dĺžkou najmenej 25 cm, zátka s otvorom na trubičku, zafarbená voda (lieh), horúca voda, ľad, 2 kadičky, fixka, internet

Návrh postupu:

Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci prevedú experiment podľa návodu, sledujú jav svoje závery sformulujú písomne. Žiaci navrhnu pomôcky a postup na zostrojene teplomera s náplňou liehu alebo ortuti. Po úspešnom vypracovaní aktivity, žiaci prezentujú výsledky ostatným spolužiakom. Svoje riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.

Možné otázky:

- Ktorá vlastnosť kvapaliny sa používa pri zostrojení teplomera s náplňou liehu alebo ortuti?
- Vedeli by ste vysvetliť, prečo sa v klasických teplomeroch používa lieh, resp. ortuť a nie voda?
- Čo urobíte s rozbitým ortuťovým teplomerom?

Aktivita 1.4 Teplomer**Vyučovacie ciele:**

• Oboznámiť sa s rôznymi druhmi teplomerov. • Vedieť princíp merania teploty aspoň v dvoch teplomeroch. • Zopakovať základné pravidla pri meraní teploty v laboratóriu.
Pomôcky:
• Laboratórne teplomere, voda v kadičke, internet
Návrh postupu:
Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci vyhľadajú rôzne druhy teplomerov a zistia princíp merania aspoň na dvoch. Náizorne predvedú meranie teploty laboratórnym teplomerom a zopakujú základné pravidlá pri meraní teploty v laboratóriu. Svoje riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.
Možné otázky:
• Viete určiť chybu merania pri meraní teploty?

Aktivita 1.5 Pojem teplota
Vyučovacie ciele:
• Objasniť pojem teplota.
Pomôcky:
• internet
Návrh postupu:
Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci na každé písmeno pojmu TEPLOTA vymyslia slovo alebo slovné spojenie, ktoré vyjadruje tento pojem, prípadne príklady použitia pojmu teplota v bežnom živote a technickej praxi. Po úspešnom vypracovaní aktivity, žiaci prezentujú výsledky ostatným spolužiakom. Svoje riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.
Možné otázky:
• Ako by ste definovali pojem teplota?

Žiacke aktivity k pracovnému listu 2 Teplo

Aktivita 2.1 Zdroje tepla
Vyučovacie ciele:
• Vedieť, čo je zdrojom tepla. • Rozlíšiť obnoviteľné a neobnoviteľné zdroje tepla.

• Vedieť, čo je výhrevnosť látky.
Pomôcky:
• internet: planéta vedomostí, literatúra
Návrh postupu:
Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci na internete, alebo v poskytnutej literatúre vyhľadajú informácie o zdrojoch tepla. Do prezentácie zaradia obrázky obnoviteľných a neobnoviteľných zdrojov energie. Pomocou žiackej lekcie zdroje tepla v planéte vedomostí sa žiaci zoznámia s pojmom výhrevnosť látky a jej aplikácií v bežnom živote. Po úspešnom vypracovaní aktivity, žiaci prezentujú výsledky ostatným spolužiakom. Svoje riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.
Možné otázky:
• Koľko percent energie na Slovensku sa získava z obnoviteľných zdrojov energie? • Viete, kde a aké typy elektrárni máme na Slovensku?

Aktivita 2.2 Prenos tepla
Vyučovacie ciele:
• Rozlíšiť jednotlivé prenosy tepla. • Vedieť princíp tepelného vedenia, prúdenia tepla a tepelného žiarenia. • Určiť príklady prenosu tepla v bežnom živote i v technickej praxi. • Na základe postupu previesť experiment a vyvodiť jeho záver. • Posúdiť prenos tepla pomocou experimentov.
Pomôcky:
3 malé kovové lyžičky, malá lyžička z plastu, drevená špajdl'a s dĺžkou 13 cm, oceľový kliniec približne 13 cm dlhý, pásik polystyrénu 13 cm dlhý, kalorimeter, voda, rýchlovarná kanvica, teplomer, internet • väčšia sklenená nádoba so studenou vodou, kadička s horúcou vodou, kúsok farbiva, malá fľaštička s uzáverom • stolová lampa
Návrh postupu:
Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci overia

všetky tri druhy prenosu tepla na experimentoch podľa návodu v pracovnom liste. Sledujú jav, svoje závery sformulujú písomne. Získané poznatky spoja so svojou skúsenosťou v reálnom živote. Informácie súvisiace s technickou praxou vyhľadajú na internete, prípadne ich získajú v rozhovore s učiteľom. Po úspešnom vypracovaní aktivity, žiaci prezentujú výsledky ostatným spolužiakom. Svoje riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.

Možné otázky:

- Prečo v saune musia byť drevené lavice bez akýchkoľvek kovových častí, ktoré by mohli prísť do styku s ľudským telom?
- Prečo ak si oblečieme viaceré vrstvy oblečenia medzi ktorými je vzduch je nám teplejšie?
- Ako vyzerá tradičný príbytok Eskimákov?
- Prečo sa čoraz viac v nízkoenergetických stavbách používa podlahové kúrenie?
- Viete, z akých troch druhov žiarenia je zložené slnečné žiarenie?
- Prečo v noci klesne teplota vzduchu menej, keď je pod mrakom?

Aktivita 2.3 Teplo forma energie

Vyučovacie ciele:

- Posúdiť, s ktorými veličinami súvisí teplo.
- Vedieť, ako súvisí teplo s fyzikálnymi veličinami práca, výkon.
- Vedieť, ako súvisí teplo s fyzikálnymi veličinami hmotnosť, teplota, hmotnostná tepelná kapacita.

Pomôcky:

rýchlovarná kanvica, odmerný valec, teplomer, voda, internet, stopky

Návrh postupu:

Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci preskúmajú, s ktorými fyzikálnymi veličinami súvisí fyzikálna veličina teplo. V prípade potreby učiteľ naznačí súvis medzi fyzikálnou veličinou teplo a fyzikálnymi veličinami práca a výkon. Ďalej žiaci samostatne, alebo s podporou učiteľa preskúmajú závislosť fyzikálnej veličiny teplo s fyzikálnymi veličinami hmotnosť, teplota a merná tepelná kapacita. Žiaci navrhnu postup, ktorým zistia množstvo tepla, ktoré spotrebič odovzdá vode pri jej ohrievaní. Realizujú experiment, odmerajú potrebné fyzikálne veličiny a urobia výpočet. Po úspešnom vypracovaní aktivity, žiaci prezentujú výsledky ostatným spolužiakom. Svoje riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.

Možné otázky:

- Aká je účinnosť rýchlovarnej kanvice, použitej v experimente?

Aktivita 2.4 Predstavy o teple

Vyučovacie ciele:

- Vedieť, čím sa zaoberá termodynamika.
- Posúdiť predstavy o teple v minulosti.

Pomôcky:

internet

Návrh postupu:

Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci sa zoznámia s čím sa zaoberá termodynamika v súčasnosti a vyhľadajú informácie týkajúce sa predstáv o teple v minulosti. Svoje riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.

Možné otázky:

- Ako dlho pretrvávala teória kalorika?

Žiacke aktivity k pracovnému listu 3 Tepelná výmena

Aktivita 3.1 Časová závislosť teploty vody počas jej ochladzovania

Vyučovacie ciele:

- Zostrojiť graf závislosti teploty vody od času pri odoberaní tepla.
- Posúdiť pokles teploty v závislosti od času rôzneho množstva, rôzneho druhu kvapaliny.
- Posúdiť pokles teploty, ak sa vode odoberá menšie resp. väčšie množstvo tepla za jednotku času.
- Posúdiť, v ktorej časti ochladzovania je pokles teploty v závislosti od času najväčší.
- Na základe postupu predviesť experimenty a vyvodiť ich závery.

Pomôcky:

- 2 nádoby, voda, lieh, varič, odmerný valec, teplotná sonda, počítač so systémom COACH, panel CoachLabII, PC, internet

Návrh postupu:

Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci postupujú podľa pracovného listu. Prevedú experimenty podľa návodu, opíšu pokusy a javy, zistia, čo

ovplyvňuje pokles teploty v závislosti od času pri odoberaní tepla. Menia vstupné podmienky experimentu- zadávajú rôzne množstva vody, rôzne kvapaliny. Počas ochladzovania si všímajú, v ktorej časti je pokles teploty najväčší. Preskúmajú, aký je pokles teploty v závislosti od času, ak sa látke odoberá väčšie množstvo tepla za jednotku času.

Pred spustením merania načrtnú predpokladaný priebeh sledovanej závislosti.

Po úspešnom vypracovaní aktivity, žiaci prezentujú výsledky ostatným spolužiakom. Svoje riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.

Možné otázky:

- Sú vaše odhady a namerané závislosti rovnaké?
- V ktorom meraní sa váš odhad a nameraný priebeh najviac zhodoval?
- V ktorom meraní ste sa najviac pomýlili?

Aktivita 3.2 Časová závislosť teploty vody počas jej ohrievania

Vyučovacie ciele:

- Zostrojiť graf závislosti teploty vody od času pri dodávaní tepla.
- Posúdiť prírastok teploty v závislosti od času rôzneho množstva, rôzneho druhu kvapaliny.
- Posúdiť prírastok teploty, ak sa vode dodáva menšie resp. väčšie množstvo tepla za jednotku času.
- Posúdiť v ktorej časti ohrievania je prírastok teploty v závislosti od času najväčší.
- Na základe postupu previesť experimenty a vyvodiť ich závery.

Pomôcky:

- 2 rýchlovarné kanvice s iným príkonom, voda, lieh, odmerný valec, teplotná sonda, počítač so systémom COACH, panel CoachLabII, PC, internet

Návrh postupu:

Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci postupujú podľa pracovného listu. Prevedú experimenty podľa návodu, opíšu pokusy a javy, zistia, čo ovplyvňuje prírastok teploty v závislosti od času pri dodávaní tepla. Menia vstupné podmienky experimentu- zadávajú rôzne množstva vody, rôzne kvapaliny. Žiaci porovnávajú v grafe začiatok ohrievania so začiatkom ochladzovania. Preskúmajú, aký je prírastok teploty v závislosti od času, ak sa látke dodáva väčšie množstvo tepla za jednotku času. Pred spustením merania načrtnú predpokladaný priebeh sledovanej závislosti. Po úspešnom vypracovaní aktivity, žiaci prezentujú výsledky ostatným spolužiakom. Svoje

riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.

Možné otázky:

- Sú vaše odhady a namerané závislosti rovnaké?
- V ktorom meraní sa váš odhad a nameraný priebeh najviac zhodoval?
- V ktorom meraní ste sa najviac pomýlil?

Aktivita 3.3 Časová závislosť teploty vody počas jej ohrievania prechodom cez tri skupenstvá

Vyučovacie ciele:

- Zostrojiť graf závislosti teploty vody od času pri dodávaní v čase premeny skupenstva.
- Vyjadriť vlastnými slovami konštantný priebeh teploty od času pri zmene skupenstva.
- Na základe postupu previesť experiment a vyvodiť jeho závery.

Pomôcky:

rýchlovarná kanvica, voda, ľad, odmerný valec, teplotná sonda, počítač so systémom COACH, panel CoachLabII, PC, internet

Návrh postupu:

Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci postupujú podľa pracovného listu. Prevedú experiment podľa návodu. Do nádoby dajú rovnaké množstvo vody a ľadu. Premiešajú. Do vody umiestnia senzor teploty. Nádoby s vodou a ľadom ohrievajú. Spustia meranie teploty v závislosti od času pri dodávaní tepla. Merajú, kým voda nezovrie a potom ešte určitú dobu. Pred spustením merania načrtnú predpokladaný priebeh sledovanej závislosti. Po úspešnom vypracovaní aktivity, žiaci prezentujú výsledky ostatným spolužiakom. Svoje riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.

Možné otázky:

- Sú vaše odhady a namerané závislosti rovnaké?
- V ktorom meraní sa váš odhad a nameraný priebeh najviac zhodoval?
- V ktorom meraní ste sa najviac pomýlil?
- Viete vysvetliť konštantný priebeh teploty od času na začiatku experimentu, kým sa ľad neroztopí a na konci experimentu, keď voda už vrie?

Žiacke aktivity k pracovnému listu 4 Kalorimetrické meranie tepelných kapacít telies

Aktivita 4.1 Kalorimetrická rovnica pri tepelnej výmene medzi studenou a horúcou vodou

Vyučovacie ciele:

- Zostaviť a používať kalorimetrickú rovnicu.
- Posúdiť, čo všetko ovplyvňuje výslednú teplotu pri zmiešavaní horúcej a studenej vody.
- Na základe postupu previesť experiment a vyvodiť jeho záver.

Pomôcky:

kalorimeter, voda, varič, odmerný valec, teplomer

Návrh postupu:

Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci postupujú podľa pracovného listu. Prevedú experimenty podľa návodu, opíšu pokusy a javy, zistia, čo všetko ovplyvňuje výslednú teplotu pri zmiešavaní horúcej a studenej vody. Výslednú teplotu rovnovážneho stavu najskôr odhadnú a potom zmerajú. Výslednú teplotu rovnovážneho stavu vypočítajú z kalorimetrickej rovnice. Po úspešnom vypracovaní aktivity, žiaci prezentujú výsledky ostatným spolužiakom. Svoje riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.

Možné otázky:

- Ako sa nameraná teplota rovnovážneho stavu líši od vypočítanej hodnoty, odôvodníte chyby merania?
- Odvodte vzťahy pre výslednú teplotu pokiaľ zmiešavame rovnaké kvapaliny s rovnakým objemom (hmotnosťou), ale s rôznymi začiatočnými teplotami.
- Odvodte vzťahy pre výslednú teplotu, ak pri zmiešavaní horúcej a studenej vody meníme ich objemy (hmotnosti), pri odhade výslednej teploty.
- Odvodte vzťahy pre výslednú teplotu pokiaľ zmiešavame rovnaké kvapaliny s rôznymi objemami (hmotnosťami), keď musíme brať do úvahy aj pomery zmiešavaných objemov kvapalín.

Aktivita 4.2 Kalorimetrické meranie hmotnostnej tepelnej kapacity kovového predmetu

Vyučovacie ciele:

• Zostaviť a používať kalorimetrickú rovnicu. • Posúdiť, ako sa správajú rôzne látky, rôzne kovy a voda pri výmene tepla. • Na základe postupu previesť experiment a vyvodiť jeho záver.
Pomôcky:
kalorimeter, kovový predmet, voda, odmerný valec, teplomer, ohrievač s vodným kúpeľom, MFCH tabuľky
Návrh postupu:
Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci postupujú podľa pracovného listu. Žiaci navrhnu postup a realizujú experiment, v ktorom pomocou tepelnej výmeny medzi kovovým valčekom a vodou v kalorimetri určia hmotnostnú tepelnú kapacitu kovového valčeka. Presnosť merania stanovia porovnaním nameranej hmotnostnej tepelnej kapacity látky s jej hodnotou v tabuľkách. Po úspešnom vypracovaní aktivity, žiaci prezentujú výsledky ostatným spolužiakom. Svoje riešenia a poznatky prediskutujú so spolužiakmi.
Možné otázky:
• Porovnajte vypočítanú hodnotu hmotnostnej tepelnej kapacity s hodnotou uvedenou pre daný kov v MFCH tabuľkách. • Čím sú spôsobené chyby merania? • Prečo sa kovové valčeky ochladili o desiatky $^{\circ}\text{C}$, zatiaľ čo voda sa zohrialala len o niekoľko $^{\circ}\text{C}$?

Aktivita 4.3 Zaujímavosti spojené s tepelnou kapacitou
Vyučovacie ciele:
• Definovať hmotnostnú tepelnú kapacitu, tepelnú kapacitu. • Fyzikálne interpretovať vybrané javy z bežného života týkajúce sa tepelnej kapacity.
Pomôcky:
internet, PC
Návrh postupu:
• Triedu rozdeľte na malé skupiny 2 – 3 žiakov a rozdajte im pracovný list. Žiaci si v rámci aktivity pripraví fyzikálnu interpretáciu vybraných javov z bežného života týkajúce sa tepelnej kapacity zadane v pracovnom liste. Po úspešnom vypracovaní aktivity, žiaci prezentujú výsledky ostatným spolužiakom. Svoje riešenia a poznatky

prediskutujú so spolužiakmi.

Možné otázky:

- Prečo sa kovové predmety ochladzujú vo vode rýchlejšie ako v oleji?
- Kedy sa zmrazené kurča skôr rozmrazí, na vzduchu či vo vode? Vysvetli.

Záver

Učebný zdroj k akreditovanému vzdelávaciemu programu *Experimenty vo vyučovaní fyziky na stredných školách* bol vytvorený ako podporný materiál k vzdelávaniu v tejto problematike.

Vo svojom obsahu sme sa zaoberali najprv súčasnými empirickými metódami poznania (pozorovanie, meranie, experiment), stručne sme sa venovali fundamentálnym experimentom vo fyzike a v praktickej časti sme aplikovali prírodovedné bádanie v tematickom celku Termika.

Uvedomujeme si, že spracované ukážky predstavujú len malú časť možností inovácie vyučovania fyziky v experimentálnej oblasti, je však potrebné rešpektovať stanovený rozsah tejto publikácie.

Veríme, že táto publikácia prispeje k rozvoju profesijných kompetencií učiteľov fyziky na základných i stredných školách a zaradovaním experimentov do vyučovania sa fyzika stane nielen zaujímavejším a zábavnejším predmetom pre žiakov, ale že sa najmä skvalitnia výsledky vzdelávania.

Zoznam bibliografických odkazov

- [1] ASH, D.: *Inquiry Thoughts, Views and Strategies for the K-5 Classroom*. Foundations: A monograph for Professional science, mathematics and technology education, 2000, Dostupné na internete: <http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/htmstart.htm> [cit. 04-04-2014]
- [2] BLAŠKO, M., GAJDUŠEK, J., KIREŠ, M., ONDEROVÁ, Ľ.: *Fyzika molekulová fyzika a termodynamika*. Bratislava: 2004. ISBN 80-10-00008-6.
- [3] DEMKANIN, P., KOUBEK, V., HOLÁ, K., JEŠKOVÁ, Z.: *Počítačom podporované laboratórium so súpravou CoachLabII a softvérom Coach 5*. ISBN: 80-89186-10-6.
- [4] CHRISTIAN, W., BELLONI, M.: *Physlet Physics - Interactive Illustrations, and Problems for Introductory Physics*, Pearson Education. New Jersey, 2004 Dostupné na internete: <http://webphysics.davidson.edu/Applets/> [cit. 04-04-2014]
- [5] HANČ, J.: *Detailnejší pohľad na fyzlety a ich pripravovanú slovenskú verziu*. In Matematika Fyzika Informatika, 29, XV. ročník. Prešov: MPC, 2006. Dostupné na internete: http://physedu.science.upjs.sk/modelovanie/files/hanc_fyzlety_2006.pdf [cit. 04-04-2014]
- [6] GAJDUŠEK, J.: *Experiment vo vyučovaní fyziky*. Dostupné na internete <http://physedu.science.upjs.sk/sis/fyzika/didaktika/03.htm> [cit. 04-04-2014]
- [7] JANOVIČ, J., KOUBEK, V., PECHO, A: *Didaktika fyziky*. Bratislava: Univerzita Komenského, 1990. ISBN 80-2230-127-2. Dostupné na internete http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~koubek/DF_html/4-6.htm [cit. 04-04-2014]
- [8] JANOVIČ, J., KOUBEK, V., PECEN, I.: *Vybrané kapitoly z didaktiky fyziky*. Bratislava: MFF UK, 1999, ISBN 80-223-1172-3.
- [9] JEŠKOVÁ, Z., KIREŠ, M., ONDEROVÁ, Ľ.: *Školská reforma na Slovensku mení spôsob výučby prírodných vied*. In Československý časopis pre fyziku, 5-6, 2012, 316-321. Dostupné na internete: <http://www.cscasfyz.fzu.cz/> [cit. 04-04-2014]
- [10] KOUBEK, V., PECEN, I.: *Fyzikálne experimenty a modely v školskom mikropočítačom podporovanom laboratóriu*. Bratislava: UK, 1999, ISBN 80 223 1232 0.

- [11] LAPITKOVÁ, V., KOUBEK, V., MAŤAŠOVSKÁ, M., MORKOVÁ, Ľ.: *Fyzika pre 7. ročník základných škôl a 2. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava: 2010. ISBN 978-80-89160-79-2
- [12] LINN, M. C., DAVIS, E. A., EYLON, B. S.: *The scaffolded knowledge integration framework for instruction*. In: M. C. Linn, E. A. Davis, P. Bell: *Internet environments for science education*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ 2004, 47–72.
- [13] LLEWELLYN, D.: *Inquiry Within implementing inquiry based science standards*. Corwin Press, Thousand Oaks, CA 2002.
- [14] ŠTUBŇA, M., VALOVIČOVÁ, Ľ., ONDRUŠKA, J.: *Fyzikálna show ako motivačný prvok vo vyučovaní*. In *Tvorivý učiteľ fyziky V*, Smolenice, 15.-18.4.2012. Dostupné na internete http://sfs.sav.sk/smolenice/pdf_12/36_stubna_valovicova_ondruska.pdf [cit. 04-04-2014]
- [15] VYBÍRAL, B.: *Fundamentální experimenty ve fyzice*. In *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2 (zborník z konferencie s medzinárodnou účasťou, Srní 28.-30. apríla 2005)*. Dostupné na internete: <http://www.kof.zcu.cz/ak/trendy/2/sbornik/vybiral/srni.doc> [cit. 04-04-2014]
- [16] WARESOVÁ, D.: *Prírodovedné bádanie vo vyučovaní pojmov teplota a teplo*. 2. atestačná práca, MPC Bratislava, 2014.

Zdroje obrázkov

- 1. <http://chemistry.about.com/od/famousScientists/ig/Famous-Scientists---F-Names/Daniel-Gabriel-Fahrenheit.htm>
- 2. http://sk.wikipedia.org/wiki/Anders_Celsius#mediaviewer/S%C3%BAbor:Anders-Celsius-Head.jpg
- 3. http://sk.wikipedia.org/wiki/Galileo_Galilei#mediaviewer/S%C3%BAbor:Galileo.arp.300pix.jpg
- 4. http://sk.wikipedia.org/wiki/William_Thomson#mediaviewer/S%C3%BAbor:Lord_Kelvin_photograph.jpg
- 5. http://sk.wikipedia.org/wiki/Ropa#mediaviewer/File:Petroleum_cm05.jpg,
- 6. http://sk.wikipedia.org/wiki/Fos%C3%ADln_e_palivo#mediaviewer/File:Steinkohle_aus_dem_Bergbau.jpg

7. http://sk.wikipedia.org/wiki/Ur%C3%A1n_%28prvok%29#mediaviewer/File:Uranium238.jpg
8. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bb/Mobil_1_motor_oil.jpg/640px-Mobil_1_motor_oil.jpg
9. <http://www.osmar-gas.sk/wp-content/themes/osmar/rotator/revizie-opravy-plynu-kotlov.jpg>

Prílohy

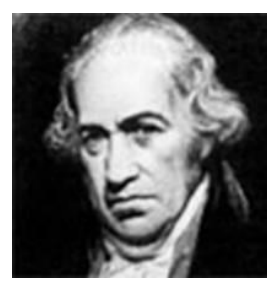
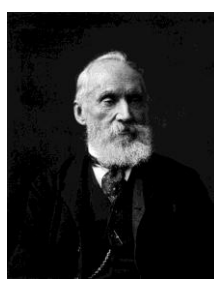
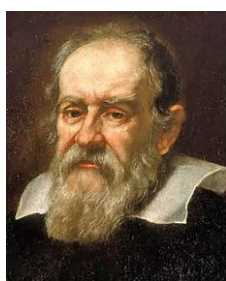
Pracovný list 1 Teplota a jej meranie

Život na našej Zemi vznikol aj vďaka primeranej teplote, ktorá na nej bola. Teplota ovzdušia ovplyvňuje ľudí, zvieratá a rastliny, ktoré sa prispôbujú životu v rôznych teplotných pásmach. Ľudia sa oddávna snažili teplotu merať a navrhovali rôzne teplotné stupnice.

Meranie teploty je dôležité nielen, z hľadiska meteorológie a predpovede počasia, ale aj pri vedeckých výskumoch či sledovaní zdravotného stavu človeka.

Aktivita 1.1: Tvorcovia teplotných stupníc

- ✓ Pri manipulácii s obrazmi známych fyzikov došlo k zámene mien. Priradte správne mená fyzikov k obrázkom.



William Thomson Daniel Gabriel Galileo Galilei

Anders Celsius

Fahrenheit

Obr. 5 Fyzici zaoberajúci sa meraním teploty

- ✓ Napíšte mená fyzikov, ktorí mali niečo spoločné s fyzikálnou veličinou teplota a jej meraním.
- ✓ Ktoré teplotné stupnice sa dnes používajú a aké sú ich základné teploty?
- ✓ Vyjadrite teplotu ľudského tela v Kelvinoch a teplotu trojného bodu vody v °C.
- ✓ Rozhodnite, či sa dvojnásobne zvýši teplota vyjadrená v Kelvinoch, ak sa dvojnásobne zvýši teplota vyjadrená v Celziových stupňoch.

Aktivita 1.2: Zistite teplotu v °C i v kelvinoch

- ✓ Odmerajte teplotu studenej a horúcej vody vytekajúcej z vodovodného kohútika.
- ✓ Zistite, aké najnižšie a najvyššie teploty boli zaznamenané na povrchu Zeme.
- ✓ Aká teplota je na povrchu Slnka?
- ✓ Aká teplota je v jadre našej Zeme?
- ✓ Aká je najnižšia teplota dosiahnutá laboratórne na Slovensku, vo svete?
- ✓ Vyhľadajte ďalšie zaujímavosti o teplote, ktorými prekvapíte svojich spolužiakov

Aktivita 1.3: Ako Anders Celzius vytvoril teplotnú stupnicu

- ✓ Realizujte jednoduchý experiment.

Pomôcky: malá sklená nádobka, sklená trubička s dĺžkou najmenej 25 cm, zátka s otvorom na trubičku, zafarbená voda (lieh), horúca voda, ľad, 2 kadičky, fixka



Obr. 6 Pomôcky pripravené na pokus

Postup:

- Všimnite si výšku hladiny zafarbenej vody v rúrke na začiatku pokusu.
 - Vložte nádobku s rúrkou do kadičky s teplou vodou a pozoruj výšku zafarbenej kvapaliny.
 - Vložte nádobku s rúrkou do kadičky so studenou vodou, prípadne aj kockami ľadu.
 - Pozorujte výšku zafarbenej kvapaliny.
 - Akú vlastnosť zafarbenej kvapaliny v rúrke ste pozorovali?
- ✓ Navrhните pomôcky a postup na zostrojenie klasického teplomera s náplňou liehu alebo ortuti.
 - ✓ Vedeli by si vysvetliť, prečo sa v klasických teplomeroch používa ortuť resp. lieh a nie voda?

Aktivita 1.4: Teplomer

- ✓ Vyhľadajte rôzne druhy teplomerov.
- ✓ Zistite princíp merania teploty aspoň v dvoch teplomeroch.
- ✓ Vyhľadajte teploty varu a tuhnutia ortuti a liehu.
- ✓ Zistite na čo a ako Galileo Galilei používal vzduchový termoskop.
- ✓ Aké pravidlá pri meraní teploty v laboratóriu musíš dodržiavať, aby ste merali čo najpresnejšie? Názorne zmeraj teplotu vody v kadičke.

Aktivita 1.5: Pojem teplota

- ✓ Pojem TEPLOTA napíš pod seba. Na každé písmeno tohto pojmu vymysli slovo alebo slovné spojenie, ktoré vyjadruje tento pojem, prípadne príklady použitia pojmu teplota v bežnom živote a technickej praxi.

Pracovný list 2 Teplo

Aktivita 2.1: Zdroje tepla

1. Teplo cítime všade okolo seba. Odkiaľ však teplo pochádza? Pozrite sa okolo seba a vymenujte 5 predmetov, ktoré sú zdrojom tepla.
2. Z uvedených tepelných zdrojov označte tie, ktoré nevznikli pôsobením slnečnej energie.

ropa



drevo



urán



uhlie



olej



plyn



Obr. 7 Tepelné zdroje

3. Vytvorte prezentáciu, ktorá pozostáva z obrázkov obnoviteľných a neobnoviteľných zdrojov energie.
4. Zistite, aké množstvo z každého paliva (antracit, hnedé uhlie, čierne uhlie, plynný bután, benzín, suché drevo, alkohol) je potrebné na zohriatie 1 kg vody v nádobe.

Predpokladajme, že účinnosť procesu je vždy rovnaká.

Zdroj: http://planetavedomosti.iedu.sk/page.php/resources/view_all?id=cerpanie_tepla_chladnicka_neobnovitelne_ydroje_energie_obnovitelne_zdroje_spalovacie_teplo_tepelny_motor_zo_spalovania&1

Aktivita 2.2: Prenos tepla

Prenos tepla v prostredí sa uskutočňuje tromi spôsobmi:

Tepelnou vodivosťou, prúdením tepla a tepelným žiarením.

1. Tepelná vodivosť je prenos tepla z jedného miesta na druhé priamym odovzdávaním energie medzi molekulami prostredia.

✓ Zisti pokusmi, ako vedú teplo rozličné látky.

1. Umiestni do chladničky na dlhší čas tri rôzne predmety: kúsok bavlny, dreva a kovu.

✓ Ktorý predmet je na dotyk najchladnejší?

✓ Ktorý predmet má najnižšiu teplotu?

✓ Fyzikálne zdôvodnite, čo pozorujete.

2. Pomôcky: malá kovová lyžička, malá lyžička z plastu, drevená špajdľa s dĺžkou 13 cm, oceľový klinec približne 13 cm dlhý, pásik polystyrénu 13 cm dlhý, kalorimeter, voda, rýchlovarná kanvica.

Postup: Nalej do kalorimetra horúcu vodu a ponor do nej všetky predmety uvedené v pomôckach. Časť z nich vyčnieva z vody. Nechaj predmety vo vode aspoň 3 minúty. Postupne chytaj predmety vyčnievajúce z vody a porovnaj ich teplotu dotykcom. Ktoré predmety sa zohriali viac?

Vyber každý predmet z vody a chyt' ho najprv na konci, ktorý bol ponorený vo vode. Potom ho chyt' na opačnom konci, ktorý z vody vyčnieval. Vedú teplo všetky látky rovnako? Ako by sa dalo tvoje tvrdenie presnejšie dokázať? Rozdeľ látky, s ktorými si pracoval, na dobré vodiče tepla a zlé vodiče tepla.

3. Pomôcky: 3 malé rovnaké kovové lyžičky, kalorimeter s vodou teploty 40°C, 70°C a 100 °C.

Postup: Nalej do 3 kalorimetrov vodu s teplotou 40 °C, 70 °C a 100 °C a ponor do nej kovové lyžičky. Časť z nich vyčnieva z vody. Nechaj predmety vo vode a postupne chytaj predmety vyčnievajúce z vody a porovnaj ich teplotu dotykcom.

✓ V ktorej lyžičke prúdi teplo najrýchlejšie?

✓ Kde sa v technickej praxi a v bežnom živote využívajú dobré vodiče tepla a kde tepelné izolanty?

2. Prúdenie tepla je prenos tepla, pri ktorom sa premiestňujú priamo častice s väčšou energiou.

✓ Názočne predved'te prúdenie tepla.

Pomôcky: väčšia sklenená nádoba so studenou vodou, kadička s horúcou vodou, kúsok farbiva, malá fľaštička s uzáverom

Postup: Malú fľaštičku naplníte horúcou vodou a pridajte do nej farbivo. Uzavrite ju a umiestnite na dno sklenenej nádoby so studenou vodou. Potom uzáver odkrúťte.

- ✓ Fyzikálne zdôvodnite, čo pozorujete.
- ✓ Kde sa v živote stretávate s prúdením tepla?

3. Tepelné žiarenie je prenos tepla medzi dvoma oblasťami s rôznou teplotou, na ktorom sa nepodieľajú molekuly prostredia. Pri tepelnom žiarení sa energia prenáša elektromagnetickými vlnami.

- ✓ Akým spôsobom sa k nám dostáva teplo zo Slnka?
- ✓ Akým spôsobom dochádza k ochladeniu čaju v termoske?
- ✓ Navrhните jednoduchý experiment tepelného žiarenia.
- ✓ Uveďte príklady vedenia tepla žiarením.

Aktivita 2.3: Teplo forma energie

Teplo je forma energie, ktorú si vymieňajú telesá s rôznou teplotou. Vieme teplo odmerať priamo, tak ako napr. teplotu teplomerom alebo dĺžku dĺžkovým meradlom?

- ✓ Preskúmajte, s ktorými fyzikálnymi veličinami teplo súvisí.
- ✓ Navrhните postup, ako zistíte množstvo tepla, ktoré spotrebič odovzdá vode pri jej ohrievaní.
- ✓ Realizujte experiment, odmerajte potrebné fyzikálne veličiny a urobte výpočet.

Aktivita 2.4: Predstavy o teple

Termodynamika – oblasť fyziky sa dnes zaoberá dejmi, ako je tepelná výmena – odovzdávanie (ochladzovanie) a prijímanie tepla telesom (zohrievanie), premenami skupenstva ako aj skúmaním vnútornej, časticovej stavby látok pri tepelných dejoch, zákonmi, ktoré pri tom platia, odbornými názvami teplo, teplota, výpočtom tepla.

- ✓ Aké boli predstavy o teple v histórii?
- ✓ Ako sa chápalo teplo v teórii kalorika?
- ✓ Akým spôsobom, pokusom Rumford vyvrátil teóriu kalorika?
- ✓ Vytvor si vlastnú opisnú definíciu tepla.

Pracovný list 3 Tepelná výmena

Aktivita 3.1: Časová závislosť teploty vody počas jej ochladzovania

- ✓ Realizujte experiment a vyvodte závery. Pred spustením experimentu zakreslite v ponuke náčrt svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti.

Pomôcky: 2 nádoby, voda, lieh, varič, odmerný valec, teplotná sonda, počítač so systémom COACH, panel CoachLabII.

Postup:

1. Do nádoby nalejte 100 ml horúcej vody, napr. teploty 90 °C. Do vody umiestnite senzor teploty a spustíte meranie teploty v závislosti od času pri ochladzovaní.
 - ✓ Porovnaj ochladzovanie na začiatku experimentu s ostávajúcou časťou experimentu.
 - ✓ Kedy sa voda ochladzuje najrýchlejšie?
 - ✓ Vyvodte závery.
2. Experiment zopakujte s tým, že nádobu vložíte do väčšej nádoby s vodou tej istej teploty, ako je teplota vzduchu v miestnosti.
 - ✓ Je pokles teploty rovnaký ako v predchádzajúcom prípade? Svoje závery zdôvodnite.
3. Zistíte, aká je teplota vonku a realizujte experiment vonku.
 - ✓ Aký je pokles teploty, ak sa vode odoberá menšie resp. väčšie množstvo tepla za jednotku času?
 - ✓ Experiment zopakujte s vodou v kalorimetri (s tepelne izolovanou nádobou).
4. Do nádoby nalejte dvojnásobné množstvo vody a spustíte meranie.
 - ✓ Aký je pokles teploty v závislosti od času, ak v nádobe je dvojnásobné množstvo vody?
5. Do nádoby nalejte 100 ml liehu rovnakej teploty ako v experimente 1 a spustíte meranie.
 - ✓ Aký je pokles teploty liehu v závislosti od času? Akú má lieh hmotnostnú teplotnú kapacitu?

Aktivita 3.2: Časová závislosť teploty vody počas jej ohrievania

- ✓ Realizujte experiment a vyvod'te závery. Pred spustením experimentu zakreslite v ponuke náčrt svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti.

Pomôcky: 2 rýchlovarné kanvice s iným príkonom, voda, lieh, odmerný valec, teplotná sonda, počítač so systémom COACH, panel CoachLabII.

Postup:

1. Do nádoby nalejte vodu s vodovodu. Do vody umiestnite senzor teploty. Nádobu s vodou ohrievajte. Spustite meranie teploty v závislosti od času pri ohrievaní.
 - ✓ Porovnaj ohrievanie na začiatku experimentu s ostávajúcou časťou experimentu.
 - ✓ Kedy sa voda ohrieva najrýchlejšie?
 - ✓ Porovnaj začiatok ochladzovania a začiatok ohrievania vody.
 - ✓ Vyvod'te závery.
2. Pokus zopakujte s rýchlovarnou kanvicou s iným výkonom.
 - ✓ Aký je prírastok teploty, ak sa vode dodáva menšie, resp. väčšie množstvo tepla za jednotku času?
3. Do nádoby nalejte dvojnásobné množstvo vody a spustite meranie teploty v závislosti od času pri ohrievaní.
 - ✓ Aký je prírastok teploty v závislosti od času, ak v nádobe je dvojnásobné množstvo vody?
4. Do nádoby nalejte 100 ml liehu rovnakej teploty ako v experimente 1 a spustite meranie.
 - ✓ Aký je prírastok teploty octu v závislosti od času? Akú má ocot hmotnostnú teplotnú kapacitu?

Aktivita 3.3: Časová závislosť teploty vody počas jej ohrievania prechodom cez tri skupenstvá

- ✓ Realizujte experiment a vyvod'te závery. Pred spustením experimentu zakreslite v ponuke náčrt svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti.

Pomôcky: rýchlovarná kanvica, voda, ľad, odmerný valec, teplotná sonda, počítač so systémom COACH, panel CoachLabII.

Postup:

1. Do nádoby dajte rovnaké množstvo vody a ľadu. Premiešajte. Do vody umiestnite senzor teploty. Nádobu s vodou a ľadom ohrievajte. Spustite meranie teploty v závislosti od času pri ohrievaní. Merajte, kým voda nezovrie a potom ešte určitú dobu.

- ✓ Porovnajte ohrievanie na začiatku experimentu, kým sa ľad neroztopí a ohrievanie na konci experimentu, keď voda už vrie s ostávajúcou časťou experimentu.

Pracovný list 4 Kalorimetrické meranie teplotných kapacít telies

Aktivita 4.1: Kalorimetrická rovnica pri tepelnej výmene medzi studenou a horúcou vodou

V tejto aktivite budete skúmať výmenu tepla medzi horúcou a studenou vodou. Cieľom experimentov je zistiť, čo všetko ovplyvňuje výslednú teplotu pri zmiešavaní horúcej a studenej vody. Tieto pokusy nie sú náhodné, aj v minulosti rovnako postupovali fyzici, keď pátrali po odpovedi na otázku „čo je to teplo“. Konkrétne G. D. Fahrenheit začiatkom 18. stor. robil podobné pokusy a merania.

- ✓ Realizujte experiment a vyvodte závery.

Pomôcky: kalorimeter, voda, varič, odmerný valec, teplomer

Postup:

1. Do kalorimetra nalejte 100 ml studenej vody s teplotou napr. 15°C a potom 100 ml s horúcej s teplotou napr. 75°C. Zmiešajte pomocou miešadla.
 - ✓ Najskôr odhadnite a potom zmerajte výslednú teplotu rovnovážneho stavu.
 - ✓ Výslednú teplotu rovnovážneho stavu vypočítajte z kalorimetrickej rovnice.
2. Pokus zopakujte, ale do 100 ml studenej vody s teplotou napr. 15 °C vlejte 200 ml horúcej s teplotou napr. 75°C.
 - ✓ Najskôr odhadnite a potom zmerajte výslednú teplotu rovnovážneho stavu.
 - ✓ Výslednú teplotu rovnovážneho stavu vypočítajte z kalorimetrickej rovnice v prípade, že uvažujete tepelnú výmenu len medzi studenou a horúcou vodou.
 - ✓ Čo potrebujete zistiť, odmerať ak uvažujete tepelnú výmenu medzi horúcou vodou a studenou vodou v kalorimetri. To znamená, uvažujete, že teplo od horúcej vody prijal i kalorimeter.
 - ✓ Porovnajte výsledky experimentu s vypočítanými teplotami rovnovážneho stavu.

Aktivita 4.2: Kalorimetrické meranie hmotnostnej tepelnej kapacity kovového predmetu

Výmena tepla nastáva vtedy, ak telesá (napr. minerálka z chladničky, horúci čaj) majú s okolím rozdielne teploty.

V prírode dochádza k výmene tepla neustále. Niekedy je však výmena tepla pre nás nevýhodná a aby sme nežiaducej výmene tepla zabránili, riešime tento problém napr. zatepl'ovaním budov, čo nás chráni rovnako v zime ako aj v lete pred nežiaducimi výkyvmi teploty v bytoch. V nasledujúcej aktivite bližšie preskúmate výmenu tepla medzi horúcimi kovmi a vodou s izbovou teplotou v kalorimetri. Cieľom aktivity je zistiť, ako sa správajú rôzne látky, rôzne kovy a voda pri výmene tepla.

Pomôcky: kalorimeter, kovový predmet, voda, odmerný valec, teplomer, ohrievač s vodným kúpeľom

- ✓ Pomocou tepelnej výmeny medzi kovovým valčekom a vodou v kalorimetri určte hmotnostnú tepelnú kapacitu kovového valčeka.
- ✓ Vyhľadajte informácie, navrhnete postup a realizujte experiment.
- ✓ Stanovte presnosť merania porovnaním nameranej hmotnostnej tepelnej kapacity látky s jej hodnotou v tabuľkách.

Aktivita 4.3: Zaujímavosti spojené s tepelnou kapacitou

- ✓ Pokúste sa odpovedať na otázky týkajúce sa tepelnej kapacity.
1. Prečo sa v ústrednom kúrení používa voda?
 2. Aká je hmotnostná tepelná kapacita ľudského tela? Čo táto hodnota znamená pre život človeka?
 3. Prečo sú v prímorskom podnebí počas roka menšie teplotné rozdiely ako vo vnútrozemí?
 4. Prečo má teplomer v porovnaní s telesom, ktorého teplotu meriame, čo najmenšiu tepelnú kapacitu?
 5. Čo znamená pre kalorimeter $C=500 \text{ J/K}$, obvyklá pre kuchynský hrniec?
 6. Akú požiadavku majú spĺňať chladiče z hľadiska hodnoty hmotnostnej tepelnej kapacity?
 7. Kovy majú relatívne malú hmotnostnú tepelnú kapacitu. Posúďte, aké výhody a nevýhody z toho vyplývajú pre praktické používanie kovov?

Názov: Experimenty vo vyučovaní fyziky na strednej škole

Autor: PaedDr. Iveta Štefančinová, PhD.

Recenzenti: RNDr. Jana Hnatová, PhD., Ing. Drahoslav Knapík

Vydavateľ: Metodicko-pedagogické centrum v Bratislave

Grafická úprava: PaedDr. Iveta Štefančinová, PhD.

Vydanie: 1.

Rok vydania: 2015

Počet strán: 59

ISBN: 978-80-565-1171-8