

Od objevu atomového jádra k jeho proton-neutronové struktuře

ALEŠ LACINA

Přírodovědecká fakulta MU, Brno

Rutherfordovo experimentální zjištění, že atom sestává z relativně rozlehlého souboru lehkých elektronů nacházejícího se v přitažlivém kulombovském poli velmi malého těžkého jádra bylo mezníkem, který rozdělil **další studium atomu do dvou hlavních směrů**:

Na počátku jednoho z nich stála záhada stability tak nerovnoměrného rozložení hmoty a náboje. Snaha o její vyřešení vedla od přirozeně se nabízející, avšak fyzikálně neudržitelné, planetární představy o atomu přes axiomatický – jako celek logicky nekonzistentní – Bohrov model a jeho Sommerfeldovo zobecnění k nejprve jen částečně úspěšnému a fyzikálně nepřilíživému popisu elektronového obalu atomu. Tato obtížná tematika (spolu s navazující problematikou vzájemných interakcí různých atomů) se stala nejen těžištěm relativně samostatné části fyziky – **fyziky atomové**, ale i inspirací obecněji koncipovaných teoretických úvah o vlastnostech mikroobjektů (*de Broglie, Schrödinger, Heisenberg* a další), na jejichž základě byla vybudována současná teorie mikrosvěta – **kvantová fyzika**.

Srovnatelný vědecký zájem ovšem vzbudilo hned po svém objevu také samo atomové jádro. Jako zdroj sil držících celý atom pohromadě totiž především určuje svým nábojem počet obalových elektronů v atomu a tak fakticky do značné míry determinuje i jeho celkové vlastnosti, včetně chemické identity. A přestože se ukázalo, že pro většinu problémů atomové fyziky lze jádro považovat za nehybný bodový náboj, bylo od samého po-

čátku nanejvýš žádoucí podrobněji prozkoumat jeho další vlastnosti a případnou vnitřní strukturu. Systematickou činností v této oblasti – ve své první etapě převážně experimentální – pak vznikla druhá víceméně samostatná fyzikální disciplína – **jaderná fyzika**.

Následující text stručně komentující základní představy o složení atomového jádra je volným pokračováním pojednání [1]. Stejně jako ono se snaží co nejpřehledněji – a snad i dostatečně přesvědčivě – na dílčím tématu ukázat postupný vývoj fyzikálního porozumění světu. Zdůrazňuje zásadní význam konkrétních experimentálních zjištění, na základě jejichž teoretické interpretace vyvozuje představu o složení atomového jádra, která bývá v učebnicích většinou prezentována bez zdůvodnění jako odněpaměti známý hotový fakt. Použitá argumentace se přitom opírá jen o poznatky předcházejících partií (středověké fyziky, což jednak umožňuje je přirozeným způsobem zopakovat a prohloubit jejich operační znalost, ale také aktivizovat jimi vybavené posluchače k dalšímu vlastnímu přemýšlení a v neposlední řadě i demonstrovat vzájemnou provázanost různých částí fyziky. (První kroky na cestě k fyzikálně bezespornému popisu elektronového obalu atomu, jež byly východiskem atomové fyziky, rozebírá podobným způsobem článek [2].)

První spekulativní představy o složení jádra

Za duchovního otce a jednoho z hlavních tvůrců jaderné fyziky je všeobecně uznáván *Ernest Rutherford* (1871–1937), který se studiu atomového jádra věnoval od jeho objevu po celý zbytek svého života. Již v práci [3], v níž jaderný model atomu publikoval, s odkazem na existenci α -radioaktivity spekuluje, že

• „**JÁDRO SE MOŽNÁ SKLÁDÁ Z ATOMŮ HELIA**“.¹⁾

Na základě pečlivého chemického rozboru řady různých radioaktivních rozpadů (1911–1913) pak *Frederick Soddy* (1877–1966) a *Kasimir Fajans* (1887–1975) tuto domněnku zpřesnili zjištěním, že emise jedné α -částice způsobí přeměnu atomu mateřského prvku v atom prvku, který jej předchází o dvě místa v Mendělejevově tabulce, zatímco v důsledku β -rozpadu dochází k transmutaci výchozího prvku v prvek, který za ním v periodické soustavě bezprostředně následuje. Z toho Soddy vyvozuje závěr, že

¹⁾ Poznamenejme, že terminologie tehdejších textů není z dnešního hlediska zcela důsledná. Jejich autoři často užívali termínu „atom“ i k označení iontů či jader.

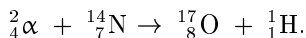
- „CENTRÁLNÍ NÁBOJ V RUTHERFORDOVĚ ATOMU NEMŮŽE BÝT ČISTĚ Kladný“ [4].

Toto konstatování je vlastně implicitní formulací nové ideje „vnitrojaderných elektronů“, kterou Soddy následně konkretizuje tvrzením

- „JÁDRO SE SKLÁDÁ Z α -ČÁSTIC (MOŽNÁ I ATOMŮ VO-DÍKU) A ELEKTRONŮ“.¹⁾

Jádro jako soubor protonů a elektronů

Tato poněkud vágní představa se udržela až do roku 1919, kdy během svých pokračujících experimentů s rozptylem α -částic různými látkami *Ernest Rutherford* pozoroval při bombardování dusíku jejich svazkem emisi rychlých vodíkových iontů [5]. Poté, co následující analýza odhalila v ozařovaném vzorku přítomnost kyslíku, byl tento proces popsán jadernou rovnicí



Následné analogické experimenty provedené s bórem, fluórem, neonem, draslíkem a dalšími prvky daly podobné výsledky: v důsledku nárazu α -částice se zasažené jádro ostřelovaného atomu přeměnilo v jádro jeho pravostranného souseda v periodické tabulce za současné emise vodíkového iontu H^+ (vodíkového jádra ${}^1_1\text{H}$). Rutherfordovi se tak nejen podařilo uskutečnit odvěký sen alchymistů – (umělou) přeměnu jednoho prvku v druhý, ale také – což bylo ještě důležitější – získat velmi podstatnou informaci o složení jádra. Interpretují-li se totiž tato zjištění jako důsledek vyražení původně vnitrojaderných částic $\text{H}^+ \equiv {}^1_1\text{H}$ střelami ${}^4_2\alpha$, které po svém nárazu do terčového jádra v něm uvíznou, jde o přímé experimentální potvrzení dřívějšího tušení přítomnosti vodíkových iontů v atomových jádrech. Ke zdůraznění fundamentální důležitosti těchto částic – jsou univerzální součástí všech atomových jader – pro ně Rutherford navrhl speciální název **protony** (z řeckého *protos* = první), který byl vzápětí všeobecně přijat.²⁾

²⁾ Za tyto práce – a také s přihlédnutím k jeho dosud přiměřeně oficiálně neoceněnému objevu atomového jádra – byl Rutherford v roce 1919 znovu navržen na Nobelovu cenu (tentokrát za fyziku). Přinejmenším z lidského hlediska je jistě zajímavé, že tuto kandidaturu odmítl s tím, že jednu takovou cenu už má (1908, za chemii; za výsledky dosažené ve studiu radioaktivity) a další že si brzy nepochybně zaslouží některý z „jeho chlapců“, jak tituloval svoje oblíbené žáky. Jeho předpověď se bohatě naplnila, když Nobelovu cenu postupně získali *Niels Bohr* (1922 – za zásluhy ve výzkumu struktury atomů a jimi

Popsané experimentální výsledky a navazující úvahy tak přivedly k zásadní změně základního názoru na složení atomového jádra:

• **JÁDRO SESTÁVÁ Z PROTONŮ A (VNITROJADERNÝCH) ELEKTRONŮ.**

Jeho hmotnostní číslo přitom – díky nepatrné relativní hmotnosti elektronů $\left(\frac{m_e}{m_p} \ll 1\right)$ – určuje přímo počet jeho protonů, zatímco jeho náboj Z – vyjádřený v násobcích elementárního kladného náboje ($\equiv$ atomové číslo) – udává, oč je tento počet A větší než počet elektronů $A - Z$ [6]:

$$Z \cdot (+e) = A \cdot (+e) + (A - Z) \cdot (-e)$$

Předpověď a experimentální potvrzení existence neutronu

V roce 1920 vyslovil Rutherford přesvědčení [7, 8], že by dvojice proton-elektron měly v jádru vytvářet silně vázané neutrální objekty a formuloval tak – zatím v embryonální podobě – pozdější koncepci proton-neutronové struktury atomového jádra:

• **JÁDRO ${}_Z^AX$ OBSAHUJE Z PROTONŮ A $N = (A - Z)$ (hypotetických) NEUTRONŮ.³⁾**

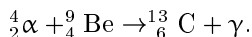
Šlo jistě o velmi rozumnou myšlenku: zdá se být nanejvýš pravděpodobné, že dvě elektricky nabitě částice (${}_1^1p$, ${}_1^0e$) se stejně velkými náboji opačných znamének nacházející se v těsné blízkosti (uvnitř jádra) vytvoří silně vázaný pár n , jehož celkový náboj bude nulový a hmotnost nepříliš odlišná od hmotnosti protonu – ${}_1^0n$. A všechny do té doby získané empirické poznatky o jádru tuto představu také připouštěly, na druhé straně

emitovaného záření), *James Chadwick* (1935 – za objev neutronu), *Otto Hahn* (1944 /za chemii/ – za objev jaderného štěpení), *Patrick Maynard Blackett* (1948 – za zdokonalení Wilsonovy mlžné komory a za objevy s ní uskutečněné v oblasti jaderné fyziky), *Cecil Frank Powell* (1950 – za rozvinutí fotografických metod detekce mikročástic a za objevy mezonů uskutečněné pomocí těchto metod), *John Douglas Cockroft* (1951 – za průkopnické práce v oblasti transmutací atomových jader pomocí urychlených částic), *Pjotr Kapica* (1978 – za nové teoretické přístupy a objevy v oblasti fyziky nízkých teplot). A pokud bychom výčet rozšířili i o Rutherfordovy spolupracovníky – často o dost mladší – byl by tento seznam ještě delší. Takovou úrodou laureátů Nobelovy ceny se nemůže – s výjimkou Nielse Bohra – pochlubit žádný jiný učitel.

³⁾ Název neutron (z lat. *neuter* = žádný z obou) ovšem zavedl až o dvanáct let později Rutherfordův žák James Chadwick [9, 10].

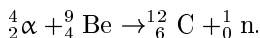
ji však žádný z nich přímo nepotvrzoval. Provedení experimentálního důkazu existence zatím hypotetického neutronu totiž nadmíru ztěžuje fakt, že neutrální částice nevykazují ionizační účinky, na nichž jsou založeny běžné metody detekce mikroobjektů [11].

V letech 1930 – 1931 konal *Walther Bothe* se svým studentem *Herbertem Beckerem* řadu experimentů, při nichž pozorovali, že z některých lehkých prvků (lithium, berylium, bór, . . .) během jejich bombardování α -částicemi o energii $T_\alpha \simeq 5$ MeV vystupuje mimořádně pronikavé záření [12]. Poněvadž je nebylo možné odchýlit elektrickým ani magnetickým polem, interpretovali je jako γ -záření a celý proces popsali jadernou rovnicí



Ve snaze prozkoumat vlastnosti tohoto pozoruhodného záření podrobněji, začili o rok později *Irène* a *Frédéric Joliot-Curieovi* (1897–1956, 1900–1958) jeho svazek na blok parafínu (a posléze i další látky s vysokým obsahem vodíku), při čemž zjistili, že z ozařovaného bloku vyletují protony se značnou energií ($\simeq 7,5$ MeV) [13]. O jejich emisi by sice bylo v principu možné uvažovat jako o protonech odražených při (jaderném) komptonovském rozptylu dopadajícího γ -záření (na těchto protonech), kvantitativní analýza takového jevu však vedla k nepříjemně vysokým hodnotám energie fotonů primárního záření ($\simeq 70$ MeV) [14]⁴⁾.

Už o několik měsíců později podal *James Chadwick* (1891–1974) jiný výklad těchto výsledků, když vysvětlil výron protonů z parafínu jako jejich vyrážení **elektricky neutrálními mikroobjekty srovnatelné hmotnosti** (a srovnatelné energie!), které jsou emitovány z beryliového vzorku v důsledku jeho ozařování α -částicemi z přirozeně radioaktivního poloniového zdroje [14, 15]. Původní Botheho-Beckerovu rovnici tak nahradil zápisem



⁴⁾ Energiová bilance výchozí jaderné reakce vede totiž k hodnotě zhruba pětikrát menší: Poněvadž čistý energiový zisk Q přeměny ${}^4_2\alpha + {}^9_4\text{Be} \rightarrow [{}^{13}_6\text{C}]$ je 10,4 MeV, činí energie odnášená jejími konečnými produkty $[{}^{13}_6\text{C}] \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + \gamma$ (počítaná v těžištové soustavě)

$$Q + \frac{m_{\text{Be}}}{m_\alpha + m_{\text{Be}}} T_\alpha \simeq 14 \text{ MeV}$$

(m_α , m_{Be} jsou hmotnosti interagujících částic), z čehož na samotné záření připadá o něco málo méně než 14 MeV. Na základě výsledků absorpčních měření pak byla energie domnělých fotonů odhadována dokonce na ještě menší hodnotu (≈ 7 MeV) [14].

Následné úspěšné ověření této hypotézy celou řadou dalších podobných Chadwickových experimentů znamenalo

- **EXPERIMENTÁLNÍ POTVRZENÍ EXISTENCE NEUTRONU** [16].

Tento objev, za nějž Chadwick obdržel Nobelovu cenu (1935), vzbudil nový zájem o neutron. Přestože jeho existence byla předpovězena již před dvanácti lety jako nutný důsledek párování protonů s vnitrojadernými elektrony, měl tento výklad i svoje kritiky. Oponovali mu zejména *Ettore Majorana* (1906–1938), *Dmitrij Ivaněnko* (1904–1994) a nejdůsledněji *Werner Heisenberg* (1901–1976) [6, 17], kteří po řadě hlubokých sporů s mnoha svými (i velmi významnými) kolegy prosadili – zpočátku především odkazy na některé experimentální výsledky – roku 1933 názor, že

- **NEUTRON NENÍ TĚSNĚ VÁZANOU DVOJICÍ (PROTON + ELEKTRON), ALE NOVOU ELEMENTÁRNÍ ČÁSTICÍ** [18, 19].⁵⁾

Postupně vítězí představa o složení jádra jen z kladných a neutrálních elementárních částic (nukleonů) znovu oživila dosud otevřenou starší otázku jeho stability.

⁵⁾ Z dnešního časového odstupu lze, zřejmě poněkud zjednodušeně, říci, že příčina obtížnosti přijetí této ideje spočívala v jisté konzervativnosti myšlení: Jednak – což je ve světle současných znalostí až úsměvné – šlo o neochotu rozšiřovat do té doby postačující soubor dvou elementárních částic (elektron, proton) o částici další, jednak se zdálo, že představa o jádru sestávajícím jen z protonů a (elementárních) neutronů není slučitelná s pozorovanou β -radioaktivitou některých jader. (Interpretace tohoto jevu jako důsledku samovolné přeměny jaderného neutronu na proton, elektron a /anti/neutrino je až pozdějšího data.) Ve prospěch nového pohledu na neutron naopak svědčilo více experimentálních argumentů. Nejznámějším – a snad i nejjednodušším – je vyřešení tzv. „dusíkové katastrofy“. Tento název označoval nesouhlas teoreticky určeného spinu s dusíkových jader ${}^{14}_7\text{N}$ (podle původní představy o neutronu je takové jádro souborem sedmi protonů nespárovaných a sedmi protonů spárovaných /každý z nich má spin $s = 1/2$ / se sedmi vnitrojadernými elektrony /majícími rovněž spin $s = 1/2$ / – jako soustava lichého počtu fermionů by tedy jádro mělo být fermionem) s experimentálním zjištěním, že tato jádra jsou bosony. To je naopak v souladu s novou koncepcí, podle níž je dusíkové jádro složeno ze sudého počtu fermionů (sedm protonů a sedm neutronů / $s = 1/2$ /).

Stabilita atomového jádra

Existence jader nesoucích kladný elektrický náboj je zřejmě nemyslitelná bez nějakého soudržného mechanismu, který by kompenzoval vzájemné elektrické odpuzování jejich protonů. A jelikož jsou atomová jádra velmi stabilními útvary, musí toto působení nad elektrickými dezintegračními tendencemi dominovat výrazně. Tyto **jaderné síly** jsou novým druhem interakce, neredukovatelným na silové působení jiného (dříve známého) typu⁶⁾. Řadou experimentů – převážně rozptylových – a navazujících teoretických úvah bylo zjištěno, že jde o přitažlivou interakci velmi krátkého dosahu ($\approx 10^{-15}$ m), která působí mezi libovolnými dvěma nukleony: $n - n$, $n - p$, $p - p$ [20, 21].

Pohlížíme-li na atomová jádra jako na vícečásticové soubory, které vznikají sdružováním jednotlivých nukleonů, potom přidání každého dalšího protonu posílí jednak krátkodosahové jaderné přitahování (působí jen na nejbližší sousedy), ale současně i dalekodosahové elektrické odpuzování (dosáhne na všechny protony v jádru). Přidání neutronu pak posílí jen soudržné tendence.

A na tomto místě svůj úvodní komentář složení atomového jádra ukončíme.

Běžné učebnice celý jeho obsah zpravidla komprimují jen do lakonické informace:

ATOMOVÉ JÁDRO ${}_Z^AX$ OBSAHUJE Z PROTONŮ
*určujících jeho náboj, počet obalových elektronů příslušného atomu
a jeho chemickou identitu*

$$AN = (A - Z)\text{NEUTRONŮ},$$

které v něm mají stabilizační účinek.

Autor je přesvědčen, že takový způsob fyzikálního „vzdělávání“ je nepřijatelný.

⁶⁾ Podle současných představ jsou jaderné síly vnějším projevem jedné ze čtyř základních fyzikálních interakcí – interakce silné – působící mezi kvarky, z nichž jsou vytvořeny nukleony. To však už je jiný příběh, který přesahuje rámec tohoto textu.

Literatura

- [1] *Lacina, A.*: Částicová struktura látek ab initio I-III. Matematika, fyzika, informatika 20, č. 6 (2011) 350; 20, č. 7 (2011) 408; 20, č. 8 (2011) 478.
- [2] *Lacina, A.*: Bohřův model atomu. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie 53, č. 2 (2008) 125. <<http://www.physics.muni.cz/kof/clanky/bohruvmodel.pdf>>
- [3] *Rutherford, E.*: The Scattering of α and Particles by Matter and the Structure of the Atom. Phil. Mag. 21 (1911) 669.
- [4] *Soddy, F.*: Intra-Atomic Charge. Nature 92 (1913) 399.
- [5] *Rutherford, E.*: Collision of a Particles with Light Atoms IV. An Anomalous Effect in Nitrogen. Phil. Mag. 37 (1919) 578.
- [6] *Brown, L. M. – Pais, A. – Pippard, B.*: Twentieth Century Physics. IOOP & AIPP, Bristol and New York 1995.
- [7] *Rutherford, E.*: Nuclear Constitution of Atoms. Proc. Roy. Soc. A97 (1920) 374.
- [8] *Rutherford, E.*: The Newer Alchemy. Cambridge University Press, Cambridge 1937. (Český překlad: Novodobá alchymie. Elektrotechnický svaz československý, Praha 1938.)
- [9] *Boorse, A. H. – Motz, L. (Eds.)*: The World of the Atom. Basic Books, New York and London 1966.
- [10] *Kudrjavec, P. S.*: Kurs istorii fiziki . Prosvěščenije, Moskva 1974.
- [11] *Kapica, P. L.*: Eksperiment, teorija, praktika. Nauka, Moskva 1977. (Český překlad: Experiment, teorie, praxe. Mladá fronta /edice Kolumbus/, Praha 1982.)
- [12] *Bothe, W. – Becker, H.*: Eine Kern- γ -Strahlung bei Leichten Elementen. Naturwissenschaften 18 (1930) 705; Künstliche Erregung von Kern- γ - Strahlen. Z. Physik 66 (1930) 289.
- [13] *Curie, I. – Joliot, F.*: Émission de protons de grande vitesse par les substances hydrogénées sous l'influence des rayons- γ très pénétrants. Comptes Rendus Acad. Sci. Paris 194 (1932) 273.
- [14] *Alonso, M. – Finn, E. , J.*: Fundamental University Physics, Vol. III. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts 1969.
- [15] *Chadwick, J.*: Possible Existence of a Neutron. Nature 129 (February 27, 1932) 312.
- [16] *Chadwick, J.*: The Existence of a Neutron. Proc. Roy. Soc. A136 (1932) 692.
- [17] *Weinberg, S.*: The Discovery of Subatomic Particles. Cambridge University Press 2003.
- [18] *Ivaněnko, D. , D.*: The Neutron Hypothesis. Nature 129 (May 28, 1932) 798.
- [19] *Heisenberg, W.*: Structure of Atomic Nuclei. Zeitschrift für Physik 77 (1932) 1; 78 (1932) 156; 80 (1932) 578.
- [20] *Ne'eman, Y., Kirsh, Y.*: The particle hunters. Cambridge University Press, Cambridge 1996.
- [21] *Hodgson, P. E. – Gadioli, E. – Gadioli Erba, E.*: Introductory Nuclear Physics. Clarendon Press, Oxford 1997.

Fyzikální úlohy z mezinárodní přírodovědné olympiády EUSO 2011

PAVEL KABRHEL – JAN KŘÍŽ – JAN ŠLÉGR

Přírodovědecká fakulta UHK, Hradec Králové

V dubnu 2011 proběhl v České republice devátý ročník Přírodovědné olympiády zemí Evropské unie (EUSO). V tomto článku představujeme fyzikální část úloh, které soutěžící v rámci olympiády řešili.

Přírodovědná olympiáda zemí Evropské unie (EUSO z anglického „*European Union Science Olympiad*“) vznikla v roce 2002 z iniciativy *Michaela A. Cottera* z Dublinské univerzity. Jeho cílem bylo vytvoření soutěže s komplexním obsahem odpovídajícím obsahu školního předmětu „Science“, tedy zahrnujícím fyziku, biologii a chemii. Mezinárodní soutěž v tomto komplexním oboru totiž narozdíl od olympiád předmětových (fyzikální, chemické a biologické) do té doby chyběla.

Olympiáda EUSO se ale od předmětových olympiád odlišuje i v dalších bodech. Především je soutěž určena pro mladší studenty. Účastník soutěže EUSO nesmí ke 31. prosinci předcházejícímu soutěži dosáhnout 17 let, věkový limit na mezinárodních předmětových olympiádách je 20 let. EUSO se tedy snaží podchytit zájem o přírodovědné obory u mladších žáků, což je jistě velmi přínosné. To, že je EUSO především motivačním počinem pro mladé studenty, dokazuje i fakt, že každý účastník mezinárodní soutěže obdrží minimálně bronzovou medaili. Dalším podstatným rozdílem je, že na EUSO nesoutěží jednotlivci, ale tříčlenné týmy. Obvykle jsou týmy složeny ze specialistů na fyziku, na chemii a na biologii, ale v některých zemích vybírají celé týmy, aniž by v nich byly předem rozděleny role specialistů na jednotlivé předměty. Na rozdíl od předmětových olympiád je EUSO soutěž čistě experimentální. Teoretické úlohy mohou pouze doplňovat experimentální problém.

První olympiáda EUSO proběhla v roce 2003 v irském Dublinu za účasti 14 týmů ze sedmi zemí. Česká republika poprvé vyslala své soutěžící na pátý ročník EUSO, který hostila v roce 2007 německá Postupim. Nicméně se čeští studenti na soutěž velmi rychle adaptovali, o čemž svědčí jejich absolutní vítězství v soutěži v letech 2009 a 2010.

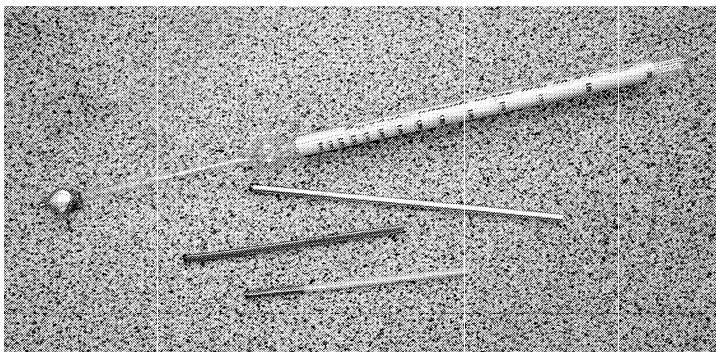
Pořadatelství 9. ročníku EUSO byla pověřena Česká republika. Ačkoliv hlavním pořadatelem soutěže bylo Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy prostřednictvím Národního institutu dětí a mládeže, vědeckou garanci nad soutěží převzaly tři různé univerzity – Univerzita Karlova (Přírodovědecká fakulta, garant biologie), Univerzita Pardubice (Fakulta chemicko-technologická, garant chemie) a Univerzita Hradec Králové (Přírodovědecká fakulta, garant fyziky). Vlastní soutěž proběhla v laboratořích Fakulty chemicko-technologické Univerzity Pardubice, diskuse a překlady úloh se uskutečnily, stejně jako slavnostní zakončení, na Univerzitě Hradec Králové. Počet čtyřiceti soutěžních týmů z 20 států EU vyrovnal loňský rekord v počtu účastníků.

V každé úloze na EUSO by měly být rovnoměrně testovány znalosti a experimentální dovednosti ze všech třech oborů – biologie, chemie i fyziky. Na druhou stranu by úloha neměla být pouze nesourodým slepencem tří nezávislých úloh z biologie, chemie a fyziky, ale měla by tvořit jednotný provázaný celek. Úlohy velmi často odrážejí „národní kolorit“ hostující země. Např. úlohy v roce 2007 se týkaly pěstování brambor, jelikož soutěž probíhala v Braniborsku. Kypřané v roce 2008 věnovali své úlohy tématu Slunce, ve španělské Murcii v roce 2009 se pro změnu zkoumalo hedvábí a ovocné džusy. V loňském roce se švédští organizátoři inspirovali celosvětovým úspěchem detektivní trilogie Milénium švédského spisovatele Stiega Larssona a nechali soutěžící vyšetřovat vraždu.

Úloha č. 1 – Vše o pivu

Tradičním a oblíbeným nápojem v České republice je pivo. Není proto divu, že se ve fyzikální části první úlohy účastníci zabývali zkoumáním právě tohoto nápoje. Nejprve měřili jeho hustotu a z ní odhadovali stupeň piva, poté kvantitativně zkoumali produkci CO_2 kvasinkami.

S pojmem hustoty se čeští žáci často setkávají již v 6. ročníku základní školy. K pochopení tohoto pojmu v dané chvíli jsou u žáků vyžadovány dosti velké abstrakční schopnosti a leckdy se probíraná látka stává „otravným nazpaměť naučeným vzorcem“. S měřením hustoty se žáci většinou také seznamují již v 6. ročníku základní školy pomocí hustoměru, ať už klasického nebo jen jednoduššího, vyrobeného z brčka s plastelínou či ze zkumavky se závažím. Právě pomocí brčka s plastelínou mělo probíhat měření hustoty piva na soutěži (zkušebně zhotovené hustoměry jsou na obr. 1).



Obr. 1 Klasický skleněný hustoměr a hustoměry zhotovené z brček

Pokud je plastelína umístěna dovnitř jednoho konce brčka, měřená hustota je přímo úměrná převrácené hodnotě hloubky, do jaké se brčko ponoří, a můžeme ji vyjádřit vztahem

$$\varrho = \varrho_0 \frac{h_0}{h},$$

kde ϱ je měřená hustota, ϱ_0 je hustota srovnávací kapaliny, h_0 je délka ponořené části brčka ve srovnávací kapalině a h je délka ponořené části brčka v měřené kapalině.

Problémem takto vyrobeného hustoměru je ale malá citlivost. Změřit rozdíl mezi hustotou piva a vody (v řádu jednotek $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) je tímto způsobem takřka nemožné. Na Internetu je sice možné zakoupit ve speciálních obchodech pro milovníky vaření domácího piva hustoměry přímo určené k měření hustoty piva, my jsme se ale vydali jinou cestou.

Místo měření hustoty piva hustoměrem jsme se rozhodli pro měření hustoty pomocí pykometru. S pykometrem se ani čeští žáci častokrát nesetkají na školách, proto nejprve bylo zapotřebí v úloze vysvětlit, co je pykometr a jak se s ním měří. Dále bylo nutné seznámit účastníky se základními fyzikálními vlastnostmi piva. V Čechách se pivo tradičně rozdělovalo podle stupně, například 10° pivo. Stupeň piva udával koncentraci zkvasitelných cukrů před zkvašením. Množství alkoholu je poté závislé na tom, kolik zkvasitelných cukrů se přeměnilo na alkohol. V dnešní době stupňům odpovídá hmotností procento zkvasitelných cukrů v mladině. Piva se poté dělí na výčepní (přibližně 10°), ležáky (přibližně 12°)

a piva speciální (přibližně nad $12,5^\circ$). Prvním meziproduktem při výrobě piva je sladina. Jedná se o sladký roztok cukerných a dalších látek bez chmelu. Sladina se následně vaří s chmelem a získá se tak mladina. Po přidání kvasnic jsou cukerné látky přetvářeny kvasinkami na alkohol a oxid uhličitý. Kolik alkoholu hotové pivo má, závisí zjednodušeně na počáteční hustotě mladiny a na konečné hustotě piva. Objemové procento alkoholu v pivě se dá přibližně vypočítat:

$$\text{Objem alkoholu v procentech} = (\rho_1 - \rho_2)/k, \quad (1)$$

kde ρ_1 je počáteční hustota mladiny v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, ρ_2 je konečná hustota piva v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a k je konstanta, jejíž číselná hodnota je 7,45.

Stupeň piva se následně může jednoduše zjistit vynásobením objemového procenta alkoholu:

$$\text{Stupeň piva} = \text{Objem alkoholu v procentech} \cdot 2,5. \quad (2)$$

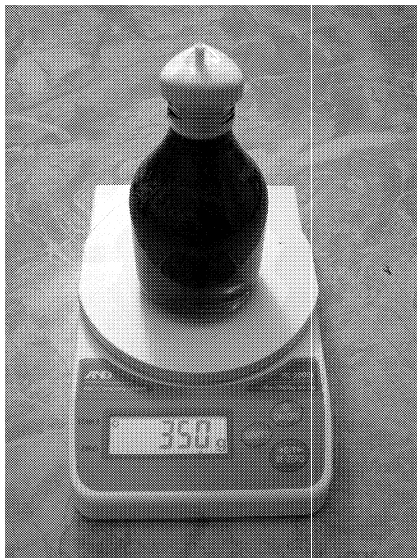
Díky různé koncentraci zkvasitelných cukrů mají piva různých stupňů rozdílnou hustotu. Pivo o vyšším stupni má většinou zkvasitelných cukrů před zkvašením více a jeho konečná hustota je proto také vyšší.

Úkolem soutěžících bylo zjistit hustotu dvou vzorků piv a určit jejich stupeň. Aby naměřené hustoty byly od sebe maximálně rozdílné, jednalo se o „desítku“ a „čtyřladvácítku“. Místo malého a pro nás také příliš drahého pyknometru jsme použili lahvičky od smetany o objemu asi 200 ml, které se uzavíraly zátkami s otvory, v nichž byly umístěny duté plastové trubičky od lízáték.

Soutěžící dostali ke zkoumání dva vzorky piv, hustoty mladiny těchto piv jim byly zadány. Nejprve museli zjistit objem kapaliny v pyknometru, je-li zcela naplněn a zazátkován. Srovnávací kapalinou byla v tomto případě destilovaná voda, jejíž hustotu zjistili z grafu závislosti hustoty destilované vody na teplotě po změření teploty. Hmotnost vody v pyknometru odečetli na digitálních vahách. Poté již nalili do vymytého pyknometru první a následně druhý vzorek a změřili jejich hmotnosti. Pomocí známého školního vzorce vypočetli hustoty vzorků a následně objemové procento alkoholu a stupeň piva, viz (1) a (2). V závěru jsme se poté vrátili k původní myšlence alespoň teoreticky a účastníkům byla zadána následující otázka: „Uvažujte hustoměr vyrobený z tenkostěnné válcové zkumavky o délce 20 cm se zátěží na dně, který se ve vodě svisle ponoří do

poloviny své délky. Do jaké délky se ponoří v prvním a ve druhém vzorku piva?“

Dobré je podotknout, že vzorky pív byly značně vyprchané, aby se pod zátkou v pyknometru nehromadily bublinky CO_2 . Měření většinou probíhalo bez problémů a úlohu zvládla s lepšími i horšími výsledky většina účastníků.



Obr. 2 Pyknometr vyrobený z lahvičky od smetany, kterou lze zakoupit asi za 20 Kč

Druhou částí fyzikální „pivní úlohy“ bylo měření produkce CO_2 kvasinkami. Podobná úloha byla i v biologické části, kde však byla pouze kvalitativní – na baňky naplněné kvasinkami v roztocích s různou koncentrací alkoholu byly umístěny nafukovací balóčky a podle toho, jak se balóčky nafoukly, bylo usuzováno na to, jak prostředí ovlivňuje účinnost kvašení (po překonání jisté hranice koncentrace alkoholu již kvašení neprobíhá, balónek se v tomto případě vůbec nenafoukl). Pro fyzikální část jsme vytvořili úlohu, která stanovuje koncentraci vytvořeného CO_2 pomocí balonku kvantitativně. Pokud naplníme cukerným roztokem s kvasinkami baňku až po hrdlo a navlečeme na ni vyfouknutý balónek, dojde k jeho nafouknutí pouze vzniklým oxidem uhličitým, který pro zjednodušení bu-

deme považovat za ideální plyn. Platí pro něj stavová rovnice ideálního plynu:

$$pV = nRT$$

Objem balónku V lze určit ze změřeného průměru, pro velikost tlaku p nepřiliš nafouknutém balónku kulového tvaru jsme odvodili vztah

$$p = p_a + \frac{2dE}{r}, \quad (3)$$

kde p_a je atmosférický tlak, d tloušťka stěny balónku, E modul pružnosti použitého materiálu a r poloměr. Vztah odpovídá výpočtu tlaku např. v bublině, kdy je přetlak roven mechanickému napětí povrchových sil. V tomto případě je přetlak vyrovnáván mechanickým napětím v materiálu. Předpoklad nepřiliš nafouknutého balónku je nutnou podmínkou pro platnost výše uvedeného výpočtu, protože tehdy se materiál chová podle Hookova zákona a změny tloušťky stěny balónku lze zanedbat. Po překonání meze pružnosti, kdy materiál začíná téci, již toto jednoduché řešení pozbývá platnost.

O správnosti našich předpokladů jsme se přesvědčili v článku [1], který tlak v nafukovacím balónku zkoumá rigorózně.

Pro naše soutěžící jsme materiálové konstanty d a E sloučili do jedné konstanty $c = 1,3 \cdot 10^6 \text{ Nm}^{-1}$ a vzorec (3) byl zadán ve tvaru

$$p = p_a + \frac{2c}{r}.$$

Jejich úkolem bylo odvodit vzorec pro látkové množství vzniklého CO_2 v závislosti na poloměru balónku např. ve tvaru

$$n = \frac{(p_a + \frac{2c}{r}) \frac{4}{3} \pi r^3}{RT}$$

a provést měření závislosti poloměru balónku na čase. Výstupem byly grafy závislosti tlaku v balónku na čase a závislosti látkového množství vzniklého CO_2 na čase.

Úloha č. 2 – Čočky nejen kontaktní

Naším původním záměrem bylo, aby si soutěžící v chemické části úlohy připravili hydrogel, ze kterého by pak v části fyzikální odstředivě odlili

kontaktní čočku na aparatuře ze stavebnice Merkur, podobné původnímu Wichterleho zařízení. Bohužel z bezpečnostních důvodů nebylo možné s chemikáliemi pro výrobu hydrogelu pracovat. Proto fyzikální část úlohy nakonec obsahovala tři části: Studium tlusté válcové čočky s proměnným poloměrem, kterou tvořila voda v Erlenmeyerově baňce, měření ohniskové vzdálenosti čočky na optické lavici, kterou si soutěžící sestavili, a studium vlastností kontaktní čočky.

V první části si soutěžící připravili čtveřici čtvrtek s otvorem, který umožnil jejich nasazení na Erlenmeyerovu baňku. Tímto způsobem z kůže vytnuli rovinu rovnoběžnou z podstavou, tedy řez válcovou čočkou. Pomocí laserového ukazovátka vyslali rovnoběžné paprsky, jejichž dráhu zakreslili přímo na čtvrtku a v místě průsečíku s optickou osou vyznačili ohnisko. Protože dochází k lomu i ve svislé rovině, byli soutěžící instruováni, aby vhodným nahýbáním čtvrtky tento jev kompenzovali. Úkolem bylo naměřené dvojice hodnot poloměrů čočky a ohniskové vzdálenosti vynést do grafu, odhadnout, o jakou funkci se jedná a určit její parametry.

Pro ohniskovou vzdálenost válcové čočky lze odvodit vztah

$$f = \frac{nR}{2(n-1)},$$

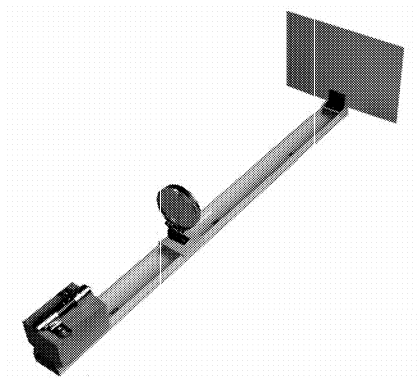
kde R je poloměr čočky a n index lomu. Pro vodu je $n = 1,33$ a ohnisková vzdálenost je tedy přibližně rovna dvojnásobku poloměru čočky (zde zanedbáváme vliv skleněné baňky, neboť uvažujeme, že oba skleněné povrchy jsou na těchto škálách téměř planoparalelní).

Soutěžící měli z nabízených variant vybrat, že závislost ohniskové vzdálenosti na poloměru odpovídá funkci $kx + q$, pro kterou je k rovno přibližně dvěma a konstantní člen q nule. Rovněž měli zadán vztah pro k

$$k = \frac{n}{2(n-1)},$$

ze kterého určovali index lomu vody.

Dalším úkolem bylo nejprve sestavit z připravených součástí optickou lavici. Vzhledem k tomu, že čočky a laserová ukazovátka jsme získali zdarma a všechny součástky byly umístěny na elektrikářské liště, náklady na jednu optickou lavici nepřekročily 50 Kč. Sestavená optická lavice je na obr. 3.



Obr. 3 Optická lavice

Soutěžící pak měřili zvětšení v závislosti na poloze předmětu, které vynášeli do grafu. Z tohoto grafu pak určovali ohniskovou vzdálenost použité čočky. Zároveň odvozovali vztah pro ohniskovou vzdálenost v závislosti na zvětšení.

Posledním úkolem bylo umístit na laserové ukazovátko kontaktní čočku a pozorovat, jak se mění obraz paprsku s rostoucí vzdáleností stínítka. Protože se stopa rozšiřovala, většina soutěžících bezpečně poznala, že se jedná o rozptylku.

Závěr

Plné znění úloh je k dispozici na webovských stránkách EUSO 2011, [2]. Ohlasy vedoucích zahraničních delegací na odbornou část soutěže byly veskrze pozitivní. Rádi bychom zde zdůraznili, že se vedoucí jednotlivých delegací v rámci diskusí úloh podíleli na jejich konečné podobě a jistě přispěli k jejich zkvalitnění.

Literatura

- [1] Merritt, D. R. – Weinhaus, F.: *The pressure curve of the rubber balloon*. American Journal of Physics, Volume 46, Issue 10, pp. 976-977 (1978).
- [2] <http://euso2011.uhk.cz/>

Prekoncepty žáků ZŠ v termice zdrojem problémových experimentálních úloh

RENATA SPUSTOVÁ – ERIKA MECHLOVÁ

Základní škola Frýdek-Místek Přírodovědecká fakulta OU, Ostrava

Úvod

Podle Mandíkové [1] jsou za prekoncepty považovány subjektivní intuitivní představy žáků o tom, jak a proč okolní svět funguje. Doulík a Škoda [2] uvádějí, že prekoncepty jsou utvářeny všemi dosavadními vlivy a zkušenostmi, které na jedince působily po celý jeho předchozí život. Jedná se jak o vlivy školní, tak také o vlivy mimoškolní, přičemž míra jejich působení závisí na věkové úrovni žáka, na jeho sociálním prostředí a na jeho schopnosti zpracovávat všechny předchozí zkušenosti.

Tvorba prekonceptů v oblasti molekulové fyziky a termiky u žáků ZŠ je mimo jiné ovlivněna smyslovým vnímáním okolního světa, jehož jsou žáci před výukou fyziky každodenní součástí. Protože chování částic v látce čtrnáctiletý žák nezná a nemá ani možnost ho podrobně pozorovat, vzniká tak prostor k utváření miskonceptů (za miskoncept považujeme chybně utvořený prekoncept), které často přetrvávají i do dospělosti a vytvářejí tak pokřivený fyzikální obraz světa u jedince.

Prekoncepty v oblasti molekulové fyziky a termiky byly v lednu 2011 testovány u čtrnáctiletých žáků ZŠ tří základních škol (celkem u 115 žáků). Testy byla sledována kognitivní dimenze žákovských představ. Byly zjišťovány vědomosti a dovednosti žáků prostřednictvím dvanácti položek, z nichž 7 položek bylo uzavřených, 3 položky otevřené a 2 položky umožňovaly výběr z daného výčtu.

Na základě výsledků testování byly vytvořeny problémové experimentální úlohy. I. Koudelková [4] uvádí své zkušenosti z projektu Heuréka, kde se žáci „aktivně podílejí na svém učení, řeší problémy, dělají experimenty apod. Celá výuka je vedena heuristickým způsobem, žáci formulují hypotézy, hledají cesty, jak je ověřit, diskutují se spolužáky i s učitelem. Problémové úlohy tedy nejsou jen doplňkem běžného výkladu učitele, ale

součástí celého vyučovacího procesu.“ A právě pro překonání prekonceptů, které jsou zcela v rozporu s fyzikálními koncepty, jsou navrženy a vyzkoušeny problémové experimentální úlohy, které po vyhodnocení testů uvádíme formou pracovního listu.

1. Výsledky testování prekonceptů u čtrnáctiletých žáků

Po vyhodnocení jednotlivých položek testu a sledování procentové úspěšnosti žáků bylo zjištěno, že míra tvorby chybných prekonceptů, tak zvaných miskonceptů, odpovídá věku a znalostem žáků. Avšak ve dvou položkách byla úspěšnost žáků menší než 20 %. Tyto položky spolu úzce souvisejí, proto je dále uvádíme. Týkají se tepelné vodivosti.

Položka A

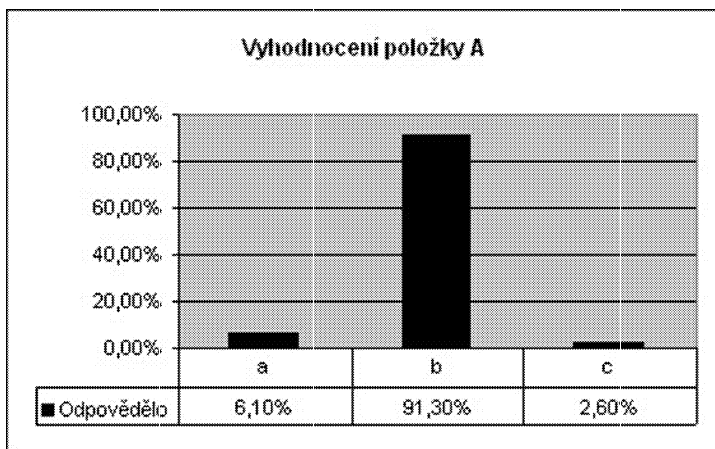
V místnosti o stálé teplotě 22 °C je část podlahy pokryta kobercem a část dlaždicemi bez podlahového vytápění. Mají koberec a dlaždice stejnou teplotu?

a) ano

b) ne

c) nevím

Výsledky jsou uvedeny v grafu 1.



Graf 1 Odhad teploty koberce a dlaždic v místnosti

Z výsledků testu (viz graf 1) vyplývá, že chybný prekoncept, tj. miskoncept, má 91,3 % žáků. Žáci nebrali v úvahu dlouhodobou teplotu v místnosti, tedy fakt, že všechny předměty v místnosti by měly mít stejnou

teplotu. Rozhodujícími byly jejich vlastní pocity. Protože tento prekoncept podle našich zkušeností vytváří chybně většina žáků a tento chybný prekoncept přetrvává do dospělosti, byla do testu záměrně vložena další obdobná položka.

Položka B

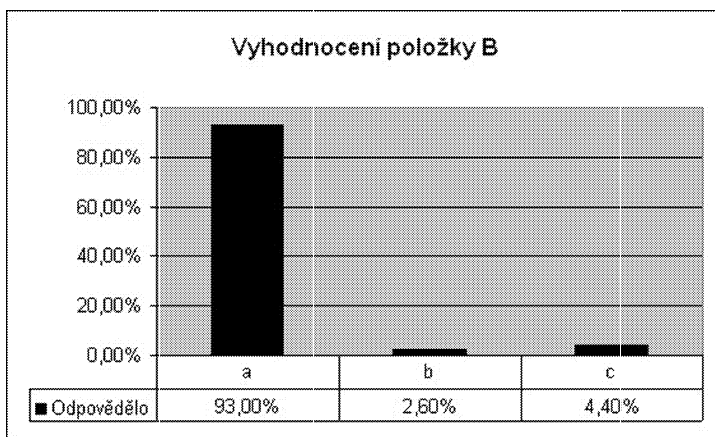
Bosou nohou si stoupneš na tyto dlaždice v místnosti. Liší se jejich teplota od teploty koberce?

a) ano

b) ne

c) nevím

Výsledky jsou uvedeny v grafu 2.



Graf 2 Odhad teploty koberce v místnosti při kontaktu nohou s dlaždicemi

Z výsledků testu (viz graf 2) vyplývá, že chybný prekoncept, tj. miskoncept, má dokonce 93 % dotázaných žáků. Odpovědi žáků na položku B potvrzují chybně vytvořený prekoncept, který školní vzdělávání jen těžce překonává, většinou jej nepřekoná. Pocitové vnímání chladu dlaždic oproti „teplému“ koberci vede k přesvědčení, že i když je teplota v místnosti dlouhodobě stejná, mají dlaždice zcela jistě nižší teplotu, protože to každý pociťuje „na vlastní kůži“. Vlastnosti látek, tj. tepelných vodičů a izolantů, zde nehrají žádnou roli a žáci je neberou v úvahu.

K překonání této žákovské miskoncepce jsme navrhli na základě výzkumů L. Koníčka [3], Z. Lustigové [5] a našich vlastních [6], [7] v duchu již citované Heuréky [4] série problémů, které žáci řeší sami ve skupinách prostřednictvím experimentů podporovaných ICT.

2. Překonávání žákovského prekonceptu experimenty podporovanými ICT

K překonání chybných prekonceptů, tj. miskonceptů, u čtrnáctiletých žáků ve výuce molekulové fyziky a termiky na 2. stupni ZŠ byla zvolena metoda pokusů podporovaných ICT pracujících s měřicím systémem EdLaB a se softwarem eProLab, které doplní vlastní pocitový popis situace žáky spojený s měřením infračidlem. K práci může být použit kterýkoli vhodný měřicí systém.

Žáci v rámci jedné vyučovací hodiny nazvané *Změna teploty tělesa tepelnou výměnou* pracovali ve čtyřčlenných skupinách vybavených notebooky a sadami EdLaB obsahujícími dva zelené teploměry (čidlo teploty TPK-CNX – polovodičový prvek, který převádí teplotu na napětí v poměru $1\text{ }^{\circ}\text{C} = 10\text{ mV}$, rozsah naměřených teplot: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $125\text{ }^{\circ}\text{C}$), jeden infra-teploměr a základní desku pro připojení čidel. Celkem žáci ve skupinách provedli tři experimenty:

1. experiment: Zahřívání hliníkového drátu plamenem svíčky
2. experiment: Tepelná výměna mezi tepelnými vodiči a izolanty
3. experiment: Teplota různých materiálů v místnosti

Skupiny pracovaly samostatně podle návodu v pracovním listu. Výsledky měření žáci zapisovali do připravených tabulek. Tabulky byly připraveny tak, že žáci nejdříve *vyslovili hypotézu* (provedli odhad výsledku), kterou zapsali do tabulky. Potom *provedli měření* a výsledky zapsali do tabulky pod hypotézu. Následně sami žáci porovnali hypotézu a výsledky měření. Úlohy jsou zpracovány do pracovního listu.

Pracovní list obsahuje tři části. V *první experimentální části* žák tvoří hypotézy, sám zjišťuje stav a nakonec provádí vlastní měření pomocí čidel. Vše zapisuje do připravených tabulek a nakonec stanoví závěr. V *druhé teoretické části* žák sám ve skupině spolužáků na základě vlastních zjištění vyvozuje učivo a ve *třetí části* odpovídá na otázky týkající se daného učiva.

3. Pracovní list: Změna teploty těles tepelnou výměnou

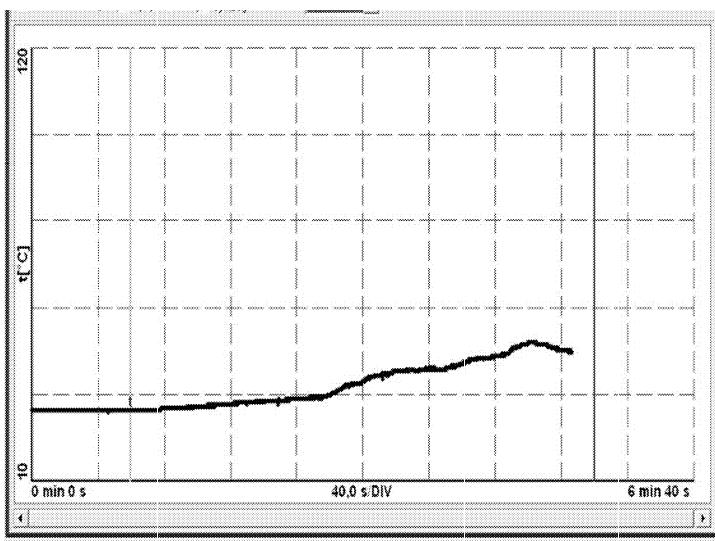
3.1 Experimentální část

1. Připevni hliníkový drát jedním koncem do stojanu a na tento konec připevni zelený teploměr ze soupravy eProLab. Druhý konec drátu zahřívěj plamenem svíčky. Zapoj měřicí systém eProLab a spusť měření. Změř,

jak se mění teplota prvního konce drátu po každých 30 sekundách. Zapiš naměřené hodnoty teploty do tabulky.

Časový interval (s)	30	60	90	120	150	180	210	240	270
Teplota (°C)									

Graf závislosti změny teploty hliníkového drátu na čase z programu eProLab vytiskni a nalep jej do pracovního listu:



Graf 3 Závislost změny teploty hliníkového drátu na čase

2. Popiš, co jsi změřil při zahřívání jednoho konce drátu nad plamenem svíčky.
.....
.....
3. Na konec rukojeti hliníkové lžičky i na polystyrenový pásek umísti zelený teploměr ze soupravy eProLab. Lžičku i pásek ponoř do horké vody tak, aby teploměry byly nad vodou. Zapoj měřicí systém a spusť měření teploty. Zapiš do tabulky naměřené hodnoty teploty hliníkové lžičky i polystyrenového pásku.

Časový interval (s)	30	60	90	120	150	180	210	240	270
Teplota lžičky (°C)									
Teplota pásku (°C)									

4. Co se stane, když ponoříš hliníkovou lžičku do horké vody? Vysvětli.
.....
.....
5. Vysvětli, co se při tomto pokusu děje s páskem z polystyrenu.
.....
.....
6. Čím se od sebe liší polystyren a lžička?
.....
7. a) Změř teplotu termohrnku, hrnku z porcelánu a hliníku postupně infrateploměrem. Zapiš teploty na začátku pokusu do tabulky.

Teplota ve °C	Termohrnek	Porcelánový hrnek	Hliníkový hrnek
Na začátku pokusu			
Na konci pokusu			

- b) Odhadni, co se stane, když naliješ horkou vodu do termohrnku, do hrnku z porcelánu a do hrnku z hliníku
.....
 - c) Potom do jednotlivých hrnků nalij horkou vodu a po 30 sekundách opět změř teplotu jednotlivých hrnků. Změřené teploty na konci pokusu zapiš do tabulky.
 - d) Porovnej svůj odhad s měřením.
.....
8. V místnosti je umístěn hliníkový a porcelánový hrnek.
 - a) Odhadni, jakou budou mít teplotu. Svůj odhad vyznač v připravené tabulce křížkem.
 - b) Potom se jednotlivých hrnků dotkni a urči, zda mají stejnou teplotu. Svůj pocit vyznač v tabulce křížkem.
 - c) Změř teplotu jednotlivých hrnků infrateploměrem. Výsledek vyznač v tabulce křížkem.

	Stejná teplota	Různá teplota
Odhad		
Dotyk ruky		
Ověření infrateploměrem		
Správné řešení		

Je teplota obou hrnků stejná nebo různá?

9. V místnosti je při stálé teplotě koberec a dlažba.
 - a) Odhadni, jakou budou mít teplotu. Výsledek vyznač v následující tabulce křížkem.
 - b) Dotkni se koberce a dlažby rukou. Výsledek vyznač v následující tabulce křížkem.
 - c) Změř teplotu koberce a dlažby infrateploměrem. Výsledek vyznač v následující tabulce křížkem.

	Stejná teplota	Různá teplota
Odhad		
Dotyk ruky		
Ověření infrateploměrem		
Správné řešení		

Jaké je správné řešení?

10. Vysvětli, proč se tvé pocity liší od skutečné teploty předmětů. Zaměř se na látky, z nichž jsou předměty zhotoveny.

11. Čím se dvojice látek liší?
12. Jak jsou rozděleny látky podle tepelné vodivosti?.....

13. Co je příčinou toho, že u tepelných vodičů při doteku ruky cítíš nižší teplotu?

14. V následující tabulce rozděl látky na tepelné vodiče (lepší a horší) a na izolanty. Správnou variantu označ do tabulky křížkem.

	Nejlepší tepelný vodič	Horší tepelný vodič	Tepelný izolant
Porcelán		x	
Hliník	x		
Dlažba		x	
Koberec			x

3.2 Teoretická část

1. Dotýkají-li se tělesa o různé teplotě, předávají částice tělesa o teplotě část své pohybové energie tělesu o teplotě, dokud se jejich teploty
2. Probíhá
3. Podle stupně vodivosti látky rozdělujeme na:
4. Příklady tepelných vodičů:
.....
5. Příklady tepelných izolantů:
6. Užití tepelných izolantů v praxi:
.....

3.3 Otázky k opakování

1. Popiš tepelnou výměnu vedením. Jak se chovají částice v látce?
2. Jak jsou rozděleny látky podle tepelné vodivosti?
3. Uveď konkrétní příklady těchto druhů látek.
4. Vysvětli, jak tyto druhy látek využíváme v praxi.
5. Vysvětli, proč se domy zateplují polystyrenem.
6. Které materiály v domácnosti zvyšují tepelnou pohodu?

Závěr

Uvedené experimentální úlohy jsou zaměřeny na rozvíjení žákovských klíčových kompetencí k učení, k řešení problémů, k rozvoji komunikace a interpersonálních vztahů mezi žáky. Současně se jedná o základní postup badatelské metody – tvorba hypotézy, její ověření a další ověření měřením, stanovení závěru. Cílem experimentování žáků je vytvořit správné pojetí pojmu tepelná vodivost a pochopení jejich praktických důsledků. Důraz je kladen na rozdíl mezi tělesným vnímáním teploty různých materiálů a jejich skutečnou teplotou, na schopnost vysvětlit fyzikální příčinu tohoto „klamného“ vnímání a na praktické důsledky tohoto jevu.

Literatura

- [1] *Mandíková, D.*: Prekoncepty žáků a studentů v oblasti elektřiny [online]. In Sborník z konference Didfyz 2006 – Rozvoj schopností žáků v přírodovědném vzdělávání. Nitra: UKF, 2007. Dostupné na <http://kdf.mff.cuni.cz/~mandikova/prekoncepty/prekoncepty.php>
- [2] *Doulík, P. – Škoda, J.*: Vliv sociokulturního prostředí na genezi vybraných prekonceptů z oblasti přírodovědného vzdělávání [online]. In Sociální a kulturní souvislosti výchovy a vzdělávání. Brno: Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, 2003. Dostupné na <http://www.ped.muni.cz/capv11/default0.htm>
- [3] *Koníček, L. – Mechlová, E. – Malčík, M. – Švecová, L.*: Results of Research about Exploitation ICT by Secondary School Teachers. In ICTE2009. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2009, s. 115–118. ISBN 978–80–7368–459–4.
- [4] *Koudelková, I.*: Problémové úlohy a experimenty. Matematika–Fyzika–Informatika, 1/2008, s. 36–41.
- [5] *Lustigová, Z. – Lustig, F. – Mechlová, E. – Malčík, M.*: A new E-learning Strategy for Cognition of the Real World in Teaching and Learning Science. The New Educational Review, Vol. 17, No. 1. 2009, s. 305–317. ISSN 1732–6729.
- [6] *Mechlová, E. – Švecová, L. – Koníček, L. – Malčík, M.*: Conditions for E-Learning at Secondary School in The Czech Republic. In Theoretical and Practical Aspects of Distance Learning. Cieszyn: University of Silesia in Katowice, 2009, s. 150–159. ISBN 978–83–925281–4–2.
- [7] *Mechlová, E. – Koníček, L.*: Development of the Digital Key Competence in Science Teacher Training. In Šimonová, I., Poullová, P., Šabatová, M., Bílek, M., Maněnová, M. On Contribution of Modern Technologies Towards Developing Key Competences. 1. vyd. Hradec Králové: M. Vognar, 2009, s. 145–152. ISBN 978–80–86771–38–0.

