

MODELY V DIDAKTICE BIOLOGIE

MODELS IN EDUCATION OF BIOLOGY

Kateřina Jančařiková, Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra biologie a environmentálních studií katerina.jancarikova@pedf.cuni.cz

Abstract

The presented paper builds on a study presented on the international conference ECEL (Jančařiková, Jančařík, 2016). The ECEL paper has been extended and related to the context of Czech pedagogy and science education. Janik and Stuchlikova wrote that PISA study has defined several key areas to be paid attention to by science teachers. One of these areas is work with models. The term “model” can be understood very broadly, it can refer to a drawing of a chemical reaction, a plastic model, a permanent mount (taxidermy) or to advanced 3D projections. Thanks to information and communication technologies, models can be included in lessons almost without limits. However, electronic models are not a universal solution. Efficiency of education using ICT can be negatively affected in case that work with complex models requires such level of abstraction that pupils are not capable of (Harrison, Treagust, 2000). Jančařiková (2015) points out that—due to demands on upper secondary pupils—children must be taught how to relate models to real objects from very early stages. In this paper, we want to point out the fact that not enough attention is paid to work with models—methodology of work with models does not exist and is not taught to pre-service teachers. The paper classifies types of models we come across in lessons, describes basic differences between objects and reality they represent and proposes possible ways of systematic inclusion of models into education. When preparing teaching materials one always has to bear in mind that a model differs from reality and one must check that pupils are aware of these differences. When developing pupils’ competence in working with models, we must proceed from simpler to more difficult models and the steps must be gradual.

Klíčová slova

Modely, projekce, abstrakce, přírodovědná abstrakce, didaktika biologie, 3D zobrazení, interaktivní modely, domácí vzdělávání, waldorfská pedagogika.

Key words

Models, projection, abstraction, abstraction in natural sciences, science education, 3D projections, interactive models, home-education, Waldorf education.

ÚVOD

Přírodovědci stále častěji zkoumají jevy, na které není možné si sáhnout a které není možné sledovat vlastníma očima (např. dvoušroubovice DNA, buňka, atom), a vytvářejí hypotézy o funkci a struktuře těchto částic či organel, jakož i jevů, které se na nich nebo s nimi odehrávají. Pro jejich ověřování používají modely a počítačové simulace.

Ověřené přírodovědné poznatky jsou transformovány do vzdělávacích obsahů jednotlivých přírodovědných předmětů. Virtuální prostředí učitelům umožňuje tyto poznatky relativně snadno představit žákům.

Ovšem pochopení zobrazení nebo modelu transformovaného do 2D podoby na obrazovku počítače klade na kognitivní schopnosti žáků velice specifické nároky. Roste potřeba přírodovědné abstrakce, kterou práce s modely, zobrazeními a především s počítačovými simulacemi ve virtuálním prostředí vyžaduje. Tyto nároky jsou pak o to vyšší, pokud žák s počítačovými modely pracuje bez přítomnosti učitele, např. při samostudiu s využitím e-learningu. Čím je model složitější, tím více představivosti a dalších speciálních dovedností je třeba, aby mu žák porozuměl. Janík a Stuchlíková (2015) upozorňují, že výzkumy PISA ukazují, že právě práce s modely dělá žákům problémy a že právě pro nedostatečnou schopnost porozumění vizuálním pomůckám někteří žáci neporozumí správně skutečným složitým objektům a procesům, jež model ztvárňuje.

Vzhledem k tomu, že problematika používání modelů v přírodovědných předmětech není dostatečně metodicky propracována, je potřeba, aby této problematice věnovala odborná veřejnost více pozornosti. Úvahy a zkušenosti, které jsou v tomto příspěvku představené, vycházejí jak z teoretických

poznatků získaných studiem odborné literatury (např. Řehák 1967, Altman, 1971, Altman 1974, Pavlasová, 2014, či Janík a Stuchlíková, 2015), tak i z osobních zkušeností získaných v průběhu sedmnácti let výuky přírodovědných předmětů v rámci domácího vzdělávání na prvním a druhém stupni základní školy, zkušeností s výukou v různých typech škol a vzdělávacích institucí (například výuka na víceletém gymnáziu, vedení přírodovědného oddílu apod.) a v neposlední řadě zkušeností získaných výukou na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy.

PRÁCE S MODELÝ

Práce s modely obecně

Modely jsou přechodovými objekty, které obohacují představy žáků, konkretizují abstraktní systém pojmů a podporují spojování poznávaných skutečností s reálnou životní praxí. Práci s modely se (mimo jiné) obecně zabývá metoda názorné demonstrační (Skalková, 2007). Model v přírodních vědách je následně takový objekt, který reprezentuje přírodní objekt či jev.

Pro efektivní pochopení toho, co modely znázorňují, je nezbytné velmi specifické porozumění vztahu mezi modelem a reálným objektem, který má znázorňovat, v mysli žáka. Podle Piageta začínají již děti předškolního věku v tzv. předpojmovém stádiu (2-4 roky) pracovat se symboly a začínají chápat, že jednoduchá zobrazení, projekce a modely reprezentují skutečné věci (Piaget, 1999). V pozdějším věku je tato dovednost prohlubována a žáci se učí rozumět složitějším typům modelů.

Není snadné tuto specifickou dovednost uchopit; různí autoři ji nahlížejí z různých úhlů

pohledu. Není ani jednoznačné, jak ji nejlépe pojmenovat. Někteří tuto dovednost uvažují jako **dovednost rozumět vizuálnímu jazyku** (nebo spíše vizuálním jazykům, protože v různých kulturních kontextech může stejné schéma znamenat různé věci) a tvoří **teorii vizuálních jazyků** (Chang et al. 1987). Hortin píše dokonce o **vizuální gramotnosti**, kterou popisuje jako schopnost porozumět (“číst”) a používat (“vytvářet”) obrazy a myslet a učit se *v termínech obrazů* (Hortin, 1980). Například pro čtení z mapy je třeba chápání symbolického vztahu mezi mapou a reálnou krajinou a symbolické funkce značek (Kosslyn, 1989). Slavík (2001) používá termín **izomorfismus**. Skalková používá pojem **abstrakce** a dále ho konkretizuje jako dovednost vytvářet si nové představy na základě různých názorných vizuálních pomůcek (Skalková, 2007). Tohoto termínu jsem se po jistém váhání rozhodla držet i já.

Ať již tuto specifickou dovednost nazývájí autoři jakkoli, je zřejmé, že teprve díky jistým speciálním dovednostem dokáží žáci porozumět složitému modelu a propojit si v mysli tzv. „překódováním“ jeho vlastnosti s vlastnostmi reálných objektů, o kterých se učí.

Informační a komunikační technologie (ICT) přináší nebývalé možnosti a umožňuje učitelům ve třídě prezentovat velice složité objekty a procesy, což také učitelé stále častěji dělají. Ale rozumějí jim žáci? Co udělat, aby se porozumění zvýšilo? Jak minimalizovat vznik miskonceptů?

Práce s modely v přírodních vědách

Při vyučování přírodním vědám se modely používají stále častěji. Překvapilo mne proto, jak málo pozornosti se věnuje **teorii abstrakce v oblasti pří-**

rodovědného vyučování (dále zjednodušeně **přírodovědné abstrakci**) a složitému procesu překódování toho, co model znázorňuje, které pomůže porozumět reálnému objektu či reálným jevům. Čeští didaktici biologie práci s modely nevěnují dostatečnou pozornost a v přehledech didaktiky toto téma zcela chybí (srovnej např. Řehák, 1967, Altman, 1974, Pavlasová, 2014). Metodika práce s modely a teorie přírodovědné abstrakce není zařazena ani do vysokoškolské přípravy budoucích učitelů. Za těchto okolností není divu, že následně tomuto tématu učitelé nevěnují patřičnou pozornost a někdy dokonce zavádějí žáky na špatnou cestu, když např. o modelu či zobrazení buňky opakovaně hovoří jako o buňce.

PISA (Janík, Stuchlíková, 2015) vytyčila práci s modely v širším slova smyslu, tj. zahrnující také dvourozměrná zobrazení, počítačové simulace aj., jako jednu z problematických oblastí vzdělávání v oblasti přírodních věd. Domnívám se, že jádrem problému je skutečnost, že práci s modely si není možné osvojit rychle, ale že musí být promyšleně a metodicky rozvíjena od útlého věku. Pokud žákům učitel biologie promítne dvojrozměrné zobrazení složitého modelu (např. dvousřoubovice DNA) bez předchozí přípravy, vyučování nemusí být efektivní, a není divu, že se slabší žáci často v probíraném tématu úplně ztratí.

Příklad 1

Konkrétní učitel mi na otázku, proč vyhazuje zobrazení a modely přírodnin z přírodovědného kabinetu, odpověděl, že je již nepotřebuje, protože škola zakoupila počítače a dataprojektor, a že si dělá přípravy v elektronických prezentacích a při vyučování používá také internet. Staré pomůcky prý zabírají příliš místa a jejich údržba je náročná.



Obr. 1 Modely květů vyřazené z přírodovědného kabinetu v roce 2014. Zdroj: archiv autorky. Barevně na straně 45.

Takový přístup (viz Příklad 1 a obr. 1) je nutné považovat za chybný. Pro osvojení daného tématu snad stačí výše uvedené technické pomůcky, ale všeobecně uznávaná didaktická zásada výchovného a vzdělávacího působení (viz například Obst, 2006) říká, že vzdělávacím cílem není nikdy jen osvojení si poznatků, ale že učení vždy provázají další významné vzdělávací cíle. Mezi ně patří

osvojení si různých metod práce, osvojování si dovednosti práce s různými typy zobrazení, získávání zkušeností práce s modely, zvyšování environmentální senzitivity, osvojování si správných vzorců chování včetně etických, poznání radosti z objevování apod. (viz například Jančaříková, 2015). Jedním z cílů přírodovědného vzdělávání je tedy rozvoj schopnosti porozumět vztahu mezi

modelem a objektem a abstraktního přírodovědného myšlení. Pro naplnění tohoto cíle je třeba, aby se žáci setkávali s nejrůznějšími typy zobrazení, a to metodicky promyšleně. 3D modely jsou

mezikrokem mezi skutečnými objekty a jejich virtuálním zobrazením a jejich přítomnost je při vyučování obohacujícím (viz obr. 2).



Obr. 2 Zařazení modelu květu do přírodovědné aktivity žáka 5. ročníku domácího vzdělávání. Zdroj: archiv autorky.

ZÁKLADNÍ TYPY PŘÍRODOVĚDNÝCH MODELŮ

Z hlediska účelu lze modely v přírodních vědách rozdělit na dvě základní skupiny:

1. modely objektů; a
2. modely vztahů a procesů, a to včetně modelových řešení problémů.

Obě zmiňované skupiny jsou v praxi velmi často provázány a nelze je vždy od sebe jednoznačně oddělit, např. model Sluneční soustavy poskytuje nejen informaci o jednotlivých planetách, ale zároveň poskytuje velké množství informací o jejich vzájemných vztazích, možných postaveních, oběžných drahách, apod. Na vyšší úrovni abstrakce model atomu není pouze jeho fyzickým vyobrazením (zvětšením), ale spíše schématickým naznače-

ním vztahů mezi jednotlivými částicemi, z nichž se atom skládá.

Modely objektů

Modely objektů lze rozdělit do několika základních kategorií, patří mezi ně:

- zobrazení,
- 3D Modely,
- sbírky přírodnin,
- živé (modelové) organismy.

Zobrazení

Zobrazení mohou být barevná i černobílá, různých velikostí, vyžadující malou až střední míru abstrakce. Do zobrazení patří kresba, malba, fotografie, ale také různé typy projekcí – statické projekce (diapozitivy, přírodniny umístěné na zpětný projektor nebo powerpointové prezentace) a dynamické projekce (videa a filmy, včetně filmů kreslených).



Obr. 3 Zobrazení, Katedra biologie a environmentálních studií Pedagogické fakulty UK. Zdroj: archiv autorky.

S rozvojem technologií se stále častěji setkáváme i s 3D interaktivními modely, které žáci mohou pozorovat na obrazovkách počítačů (viz obr. 8), prostřednictvím stereoskopických projekcí nebo pomocí rozšířené reality.

Preparáty a přírodniny

Specifickým typem 3D modelů v širším slova smyslu jsou preparáty a přírodniny. Preparáty dělíme na přechodné a trvalé. Přechodné preparáty jsou preparáty, které se zhotoví na vyučovací hodině a po ní jsou zlikvidovány, např. prvoci v senném nálevu, které můžeme pozorovat pod mikroskopem živé. Trvalými

preparáty jsou například vycpaná zvířata (viz obr. 5) a jejich části (kostra, noha s drápy apod.), ale také herbariové položky a sbírky, např. entomologická sbírka, sbírka ulit a lastur (obr. 6) nebo sbírka nerostů a hornin. Preparáty mohou být i mikroskopické. V současnosti je možné si preparáty nejen vyrobit, ale také zakoupit; na českém trhu lze najít několik firem, které školám nabízejí různé sady preparátů i celé soupravy k různým tématům.

Při přípravě a zkoumání skutečných přírodních preparátů žáci zapojují i další smysly (např. hmat, čich) a získávají tak zkušenost, která není ani nejmodernějšími technologiemi nahraditelná.



Obr. 5 Preparáty katedry biologie a environmentálních studií Pedagogické fakulty UK, které zde vznikají pod vedením RNDr. Jana Rezníčka, Ph.D. Zdroj: archiv autorky.



Obr. 6 Přírodovědná sbírka katedry biologie a environmentálních studií Pedagogické fakulty UK. Zdroj: archiv autorky. Barevně na straně 46.

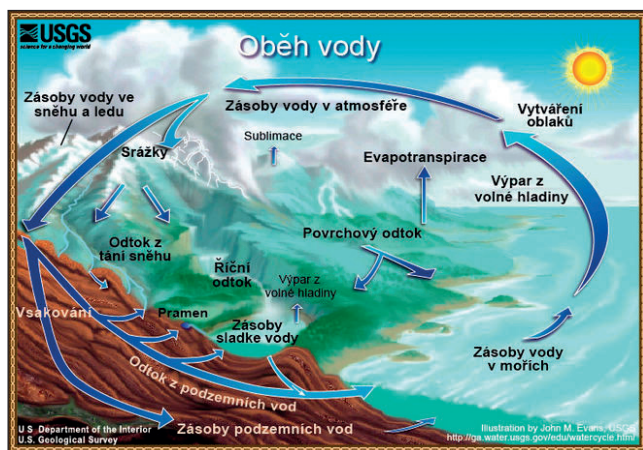
Do této kategorie lze zařadit také vypreparovaná zvířata nebo sbírky brouků, motýlů či herbařové položky, i když je demonstrace vypreparovaného zvíře na hranici mezi názorem a prací s modelem.¹ Přírodovědné sbírky jsou specifíkem didaktiky přírodních věd. Jednou z kompetencí učitele biologie je proto preparace a uchovávání přírodnin, která se na Pedagogické fakultě UK školí také v rámci kurzů celoživotního vzdělávání (viz například Mourek, Lišková, 2010).

Živé organismy

Při výuce přírodních věd představujeme samozřejmě kromě modelů také živé organismy, které využíváme především pro naplnění didaktické zásady názornosti a pro komparaci s modely. Pozorováním živých organismů v přirozeném prostředí se žáci učí nejen o organismu samém, ale současně o jeho vztazích a zapojení do okolního prostředí. Bylo by ovšem chybou se domnívat, že představení živých organismů samo o sobě stačí. Nestačí, protože didaktickým cílem není jen seznámení se s daným organismem, ale také druhotně i práce s modelem a přírodovědnou abstrakcí.

Pro přímé pozorování jsou používány modelové organismy. **Modelový organismus** je takový organismus, který je žáky zkoumán nejen pro to, aby byl právě tento jeden organismus prostudován, ale i proto, aby se rozvíjela jejich schopnost zkoumat a aby se rozšiřovalo žákovy poznání pestrosti organismů.

Modelový organismus je prozkoumán velice pečlivě a očekává se, že děti a žáci budou následně schopni provést zobecnění a transformaci poznatků i metod zkoumání na další organismy či objekty.



Obr. 7 Schéma vodního cyklu ze serveru Wikipedia.org, Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kolob%C4%9Bh_vody#/media/File:Watercycleczechhigh.jpg

Pozoruhodnou je skutečnost, že nejen pro výuku mladších školních žáků, ale i žáků druhého stupně a středních škol, není volba modelových organismů dostatečně metodicky propracovaná.² Ovšem je pravda, že se historicky setkáváme s několika tradičními modelovými organismy, např. žížalou obecnou, včelou domácí, které se vyskytují v učebnicích již od rakousko-uherského školství. Jančaříková (2015) popisuje podrobně kritéria výběru modelových organismů a práci s nimi.

Netypický modelový organismus vybrali Hanel a Hanelová (2014). Jsou to ploštice *Elasmucha grisea*, které se v květnu – červnu hojně vyskytují na bříchách, nejsou zákonem chráněny a mají velice zajímavé a dobře viditelné rodičovské chování. Při jejich pozorování mohou žáci uplatnit badatelské přístupy.

¹ De facto jsou to modely a jako modely se používají, ale pedagogové o nich jako o modelech obvykle nepřemýšlejí.

² Nedávno vznikla na katedře biologie a environmentálních studií PedF UK diplomové práce, která se zabývala výběrem a stanovením optimálního počtu modelových druhů rostlin pro studenty gymnázií. Optimální počet druhů dřevin byl pro studenty gymnázií stanoven na 50, u bylin pak na 100 (Horák, 2015).

Modely vztahů a procesů

Stejně jako modely objektů lze i modely procesů a vztahů rozdělit do několika kategorií, a to na:

- Statická schémata;
- Dynamická schémata;
- Dynamické modely;
- Interaktivní modely; a
- Vlastní (modelová) pozorování.

Statická schémata

Statické schéma je vyobrazením vztahu či procesu, se kterým se žák má seznámit. Statická schémata jsou velmi náročná na žákovu schopnost abstrakce, protože žák si musí průběh děje domýšlet a překódovat si ho do struktur ve vlastní mysli. Na druhou stranu umožňují popsat a zdůraznit hlavní části děje a částečně i okolnosti, za kterých k němu dochází. Internet nabízí celou řadu schémat popisujících procesy a vztahy (viz například obr. 7).

Dynamická schémata

Dynamické schéma umožňuje žákům sledovat, jak proces probíhá. U počítačem zpracovaných dynamických schémat si žák může volit, které části procesu zobrazí a sledovat i schematická znázornění jejich průběhu. Například v aplikaci *Body 4D³* si mohou žáci v rámci rozšířené reality prohlížet lidské srdce v činnosti, tedy přímo vidí jeho činnost, slyší jeho tlukot, mohou se na něj dívat ze všech stran a současně zvýraznit jeholibovolnou část a pozorovat jeho činnost v rámci jednotlivých fází srdeční činnosti.

Dynamické modely

Dynamické modely umožňují žákům prozkoumat nejen objekty, ale především jistý proces. Takovým modelem je například i hračka klokanice s mládětem, které může předškolní dítě vyndávat a zasunovat do kapsy. Nebo model porodu dítěte (viz obr. 8).

Interaktivní modely

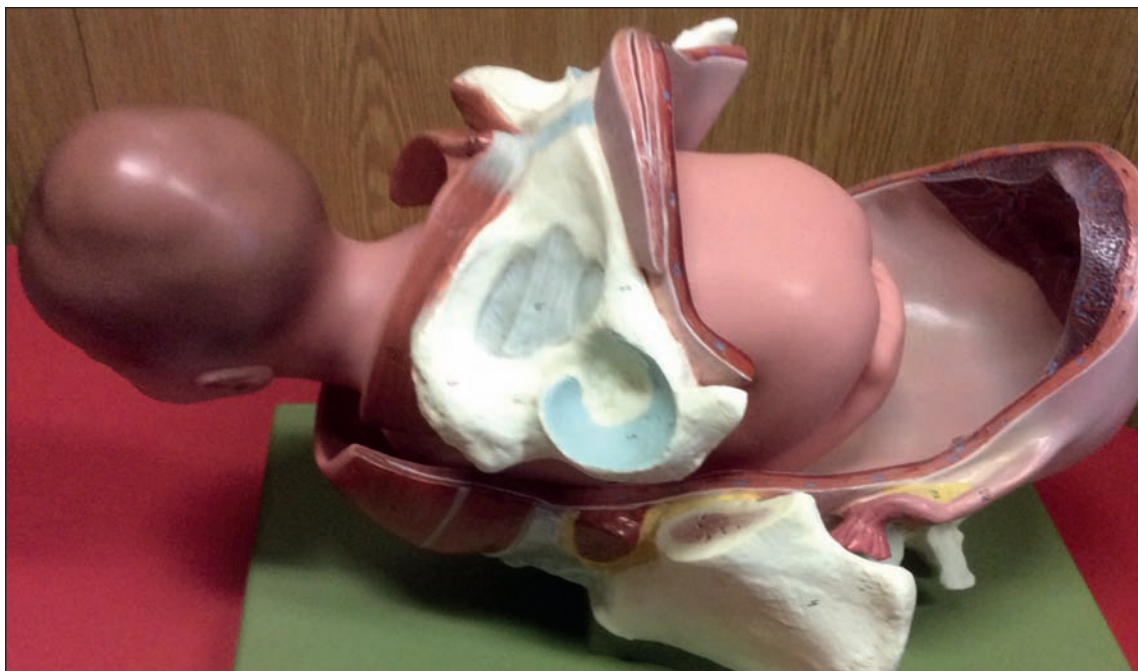
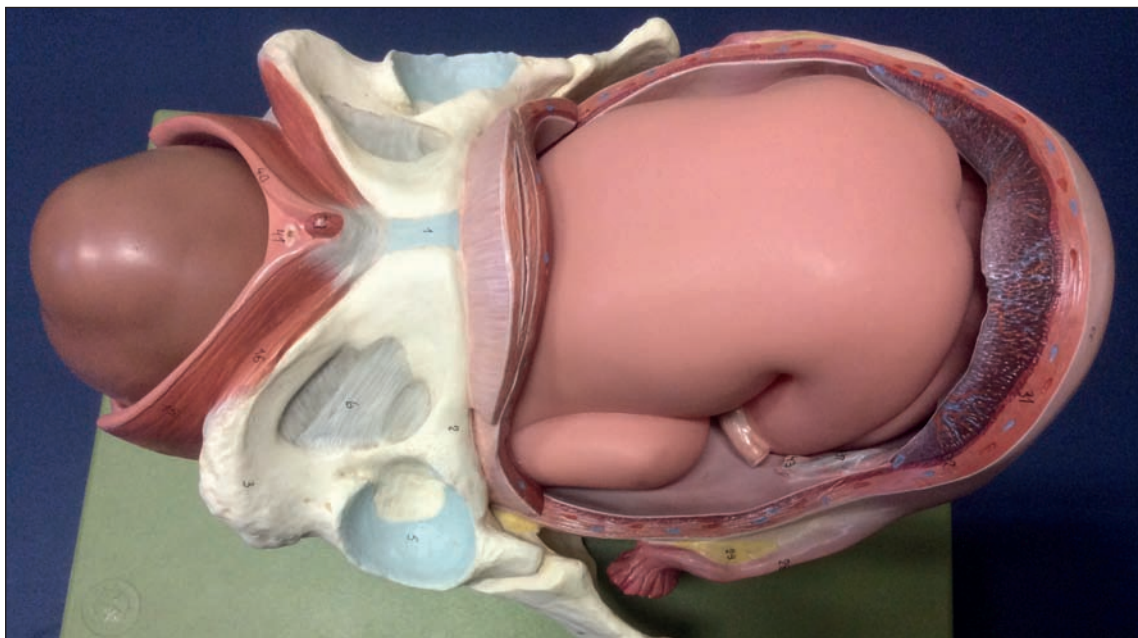
Interaktivní modely umožňují žákům nejen přímo sledovat průběh činnosti/procesu, ale současně jej i ovlivňovat pomocí zadávání nejrůznějších parametrů. Interaktivní aplikace většinou využívají matematické modely popisující jednotlivé jevy a jejich vzájemný vztah. Jednou z neznámějších ukázek je simulace četnosti populací lišek a zajíců ve volné přírodě, která se demonstruje ve výuce ekologie.⁴

Vlastní pozorování

Vlastní pozorování přímého průběhu jevů a procesů v přírodě je samozřejmě důležité a svým způsobem nezastupitelné. Všichni by se měli naučit pozorovat objekty, jevy i procesy přímo v přírodě. Ale každý učitel ví, že možnosti pozorování jevů a procesů jsou často limitovány (časem, ročním obdobím apod.); s některými jevy a procesy lze vhodným způsobem žáky seznamovat pouze pomocí modelů a modelových situací.

3 Viz <https://goo.gl/zWwuci>.

4 Viz <https://goo.gl/eXzQGE>.



Obr. 8 Dynamický trojrozměrný model porodu dítěte umožňuje manipulaci a lépe tak demonstruje proces. Zdroj: archiv autorky. První obrázek barevně na straně 45.

ČÍM SE MODELÝ ODLIŠUJÍ OD REÁLNÝCH OBJEKTŮ

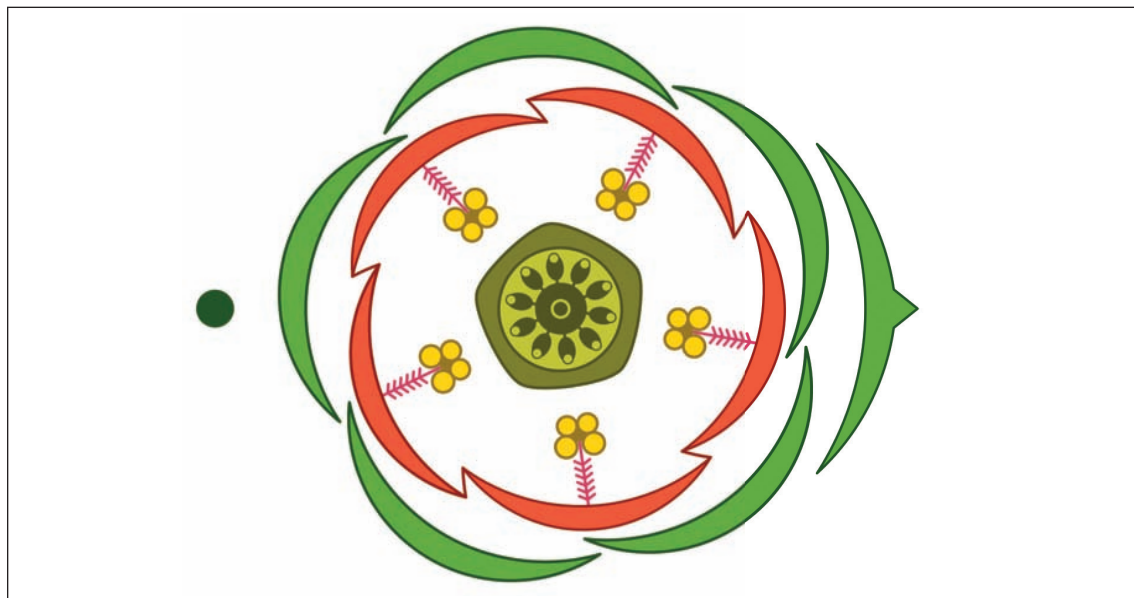
Modely nejsou reálnými objekty, pouze je při výuce zastupují. Bez nich bychom mnohé učivo žákům nemohli tak dobře zprostředkovat. Práce s nimi vždy vyžaduje schopnost abstrakce – tedy velice složitého vnitřního procesu, při kterém dochází k tzv. překódování. Vzhledem k tomu, že při špatném překódování si může žák snadno vytvořit miskoncept, je třeba věnovat pozornost jeho průpravě – tedy seznamovat ho s modely nejprve jednoduššími.

V dalším textu jsou proto představeny základní rozdíly mezi modely a reálnými objekty a následně jsou modely rozříděny podle míry abstrakce, která je nutná pro jejich pochopení.

Limity práce s modely

Modely, se kterými se žáci setkávají, se vždy odlišují od reality. Pro práci s modely je nutné si tyto rozdíly uvědomit a při zavádění do výuky s nimi pracovat. Mezi nejčastější rozdíly ve srovnání s realitou, se kterými se u modelů můžeme setkat, patří:

- schematizace,
- rozdílné rozměry,
- rozdílná doba trvání,
- nedostatek podnětů pro smyslové vnímání,
- chybějící variabilita.



Obr. 9 Květní diagram drchničky rolní. Zdroj Nefronus – Vlastní dílo, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=36693877>Rozměry

Schematizace

Mnohé modely využívají značné schematizace. Některé schematizace jsou v naší kultuře velice zažitě (např. kolečko obklopené čárkami = slunce).⁵

Jiné vyžadují edukaci a jejich znalost je znakem vzdělanosti v daném oboru, např. symboly pro označení pohlaví nebo květních vzorců (obr. 9) a také různé grafy a diagramy, např. klimadiagramy.

Člověk jako pozorovatel má své fyziologické dispozice. Z těchto důvodů se mu příliš velké objekty (sluneční soustava, velryby či dinosauri) nebo příliš malé (mikroorganismy) pozorují hůře. Modely jsou proto vyráběny ve velikostech, které žákům napomáhají se s danými organismy nebo objekty či jevy snáze seznámit.

Jednou ze základních potřeb pochopení práce s modely je proto poznání, že zkoumaný objekt má jinou velikost. Žák si uvědomuje, že model buňky je ve skutečnosti mnohem větší než skutečná buňka a naopak, že model velryby je menší než skutečná velryba. V optimálním případě dokáže velikost skutečného objektu znázornit.

Doba trvání (časové měřítko)

Podobně v případě modelů procesů může být také použito jiné časové měřítko, např. zrychlení (např. u modelu eroze půdy nebo u videa buněčné mitózy) nebo zpomalení (např. u záznamu běhu geparda).

Přiblížit dětem rychlost procesu je mnohem obtížnější než u velikosti. Jevy mohou probíhat tak rychle, nebo tak pomalu, že k nim neexistuje odpo-

vidající paralela, který by byla pro žáky představitelná. Velice dobře se s tímto problémem vyrovnali autoři naučného seriálu *Kouzelný školní autobus* v díle Školní koncert, v němž žáci pozorují šíření zvukových vln pomocí speciálních brýlí. Aby bylo možné demonstrovat, že zvuk se šíří jako vlna, byl jeho pohyb výrazně zpomalen, ovšem pohyb postav zůstal nezměněn.

Modely neposkytují komplex podnětů pro smyslové vnímání

Je třeba si stále uvědomovat, že při práci s modely jsou žáci ochuzeni o velkou část vjemů, které přináší kontakt a manipulace se skutečnými objekty. Živé zvíře oproti modelu má specifickou vůni, na dotek je teplé, hebké, vydává zvuky a je možné pozorovat jeho životní projevy (růst, vyměšování, přijímání potravy atd.).

I když pokročilé aplikace na tablety a chytré telefony umí některé životní projevy (např. růst) simulovat, není technicky možné, aby simulovaly všechny v reálném světě probíhající změny.

Příklad 2

Šestiletý chlapec David odpověděl na dotaz: „Co je příroda?“ takto: „Podle mě zvířátka. My máme na tabletu ovce, krávy a možná budem mít psa a kočku a máme tam pšenici. Roste 5 minut.“ (Jančaříková, 2015).

Chybějící variabilita

U živých objektů existuje značná variabilita v barvě, tvarech, velikosti atd. Ve skutečnosti na jednom stromu není možné najít dva zcela totožné listy, každý člověk má jiné otisky prstů, atd. Tuto variabilitu pochopitelně modely znázorňovat nemohou.

⁵ Kulturní vliv na porozumění schémátům je třeba mít stále na paměti, zvláště při integraci žáků-cizinců. Například kosočtverec, který ve Velké Británii reprezentuje „diamant“, chápe naše společnost odlišně.

Modely představují zpravidla pouze typického jedince nebo typickou situaci.

Učitelé by proto při práci s modely měli s variabilitou pracovat, aby se žáci učili vidět objekty a jevy komplexně, uvědomili si složitost a pestrost světa, který je obklopuje, neměli by se jí bát a vyhýbat, jak se někdy stává (viz Příklad 3).

Příklad 3

Žáci 7. třídy si měli na přírodovědné praktikum z botaniky donést květ tulipánu. Následně ho pozorovali, preparovali a zaznamenávali květní vzorec. Jedna žákyně zjistila, že její květ má pouze pět květních lístků a 5 tyčinek (oproti obvyklým 6) a tuto skutečnost sdělila učitelce. Učitelka ji nařkla z toho, že si „takový vadný květ“ koupila na praktikum schválně, aby mohla vyrušovat. Žákyně musela do protokolu z praktika zakreslit standardní květ podle nákresu na tabuli. Učitelka nijak nevyužila situaci a s variabilitou květu dále nepracovala.

Klasifikace modelů podle míry abstrakce

Podle vztahu mezi modelem a reálným objektem můžeme modely v širším slova smyslu klasifikovat pro didaktické účely podle míry abstrakce, která je třeba pro jejich pochopení (upraveno podle Harrison, Treagust, 2000), na:

- modely běžně dostupných objektů (nevyžadují velkou míru abstrakce),
- modely umožňují vidět, pozorovat a „osahat“ si objekty, které obvykle nejsou dostupné,
- modely objektů zcela nedostupných, které již vyžadují velkou přírodovědnou abstrakci,
- modely znázorňující poznatky teorii; práce s nimi vyžaduje nejen přírodovědnou abstrakci, ale i relativismus.

Modely běžně dostupných objektů

To jsou modely znázorňující živočichy, rostliny a další přírodniny, objekty, které si děti/žáci mohou neprodleně prohlédnout *in vivo* (např. model žížaly, mravence, květu, běžných českých hub apod.). První modely, se kterými se děti setkají, by měly být nejprve stejně veliké jako skutečné objekty, posléze se od skutečných objektů velikostí lišit, např. být zvětšené, pokud je sledovaný objekt malý (např. blecha⁶) nebo naopak zmenšené, pokud je sledovaný objekt velký (např. žirafa). *De facto* jsou i plyšové, plastové nebo dřevěné hračky modely, pokud věrně znázorňují přírodu.

Modely umožňují vidět, pozorovat a „osahat“ si objekty, které obvykle nejsou dostupné

To jsou modely přírodnin, živočichů a rostlin či jejich součástí, objektů běžně dostupných, se kterými ale není z různých důvodů možné v reálném životě manipulovat a jsou (alespoň dětem a mladším žákům) špatně dostupné nebo zcela nedostupné, anebo umožňují manipulaci, která s reálnými objekty možná není. Příkladem může být model mraveniště, který znázorňuje průřez mraveništěm a umožňuje se podívat dovnitř mraveniště bez jeho zničení. Nebo model oka, který umožňuje podívat se i za oční bulvu. Ale také model jedovatého nebo jinak nebezpečného živočicha (například kobry, krokodýla apod.) nebo živočicha chráněného zákonem (např. žáby⁷).

Při práci s modely této skupiny je vždy vhodné ukazovat žákům všechna možná propojení modelů s realitou nebo s 2D zobrazeními. Například při výuce biologie člověka nechat žáky zkoumat zároveň model a vlastní tělo, např. porovnat hrbolky, které

6 Model kůže psa s blechou lze vidět na <https://goo.gl/Wl7x11>

7 Životní cyklus žáby lze vidět na <https://goo.gl/ABzyKq>



vidí na čelisti modelu lebky nebo stehenní kosti s těmi, které cítí pod vlastní kůží na vlastní hlavě či noze, popřípadě na vhodně vybraném zvířeti (obr. 10), nebo je nechat identifikovat pozici srdce fonendoskopem, nebo jim ukázat různé další typy 2D zobrazení daných orgánů (obr. 11).

Obr. 10 Přiložení modelu kyčelního kloubu k tělu psa při rentgenovém vyšetření v ordinaci MVDr. Čápa. Zdroj: archiv autorky.



Obr. 11 Dynamická zobrazení lidského těla, jež používala generace našich prarodičů. Zdroj: archiv autorky. Barevně na straně 45.

Modely vyžadující velkou míru abstrakce

Jedná se o modely objektů, které jsou pro většinu lidí těžko představitelné, např. již zmíněný model dvoušroubovice DNA nebo model buňky či procesů, které v buňce probíhají (například mitóza, viz obr. 12 a 13). Běžný člověk je nemá možnost pozorovat, protože k jejich pozorování je třeba drahá a běžně nedostupná technika a obvykle je potřeba i náročné zaškolení pro práci s touto technikou.

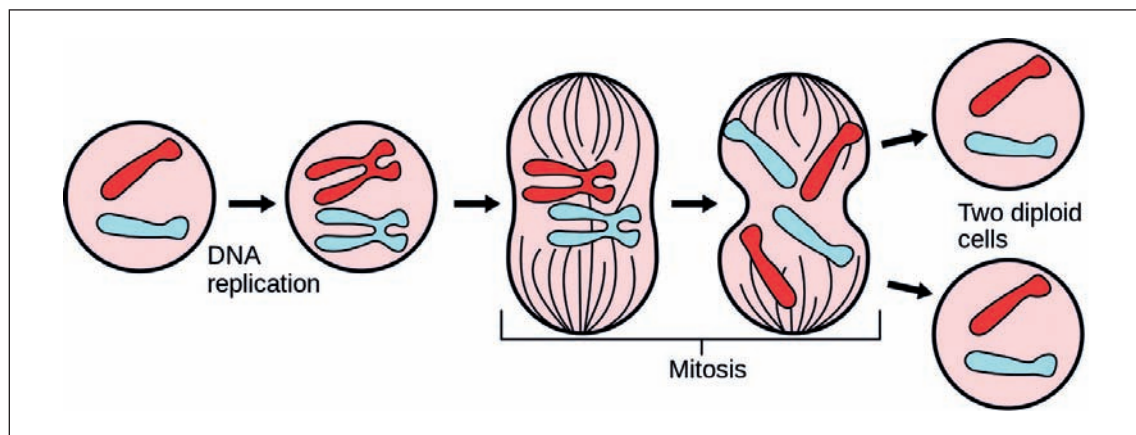
S modely vyžadujícími abstrakci by měli žáci pracovat teprve po dostatečné přípravě, tedy po metodicky promyšlené práci s modely předchozích kategorií. V praxi se to tak ovšem často neděje, což může vést k nedostatečnému pochopení představované reality nebo dokonce k vytváření miskonceptů.

Modely znázorňující poznatky teorií

Zcela specifickou kategorií jsou modely znázorňující poslední vědecké teorie, které ještě nejsou empiricky ověřené. Příkladem mohou být např. historicky se měnící modely atomu nebo modely Sluneční soustavy.

Vědci používali a používají modely této kategorie k tomu, aby ověřovali a zdokonalovali teorie o tom, jak sledovaný jev funguje. Vyobrazení atomu nemá představovat jeho skutečnou podobu, ale zvýraznit jistou část vlastností a vztahů mezi částicemi, ze kterých se skládá.

Schopnost pracovat s modely této kategorie je významným vzdělávacím cílem a vrcholem přírodovědné abstrakce.



Obr. 12 Schéma mitózy (zdroj: https://en.wikipedia.org/wiki/Mitosis#/media/File:Major_events_in_mitosis.svg).

JAK ZLEPŠIT ZAČLEŇOVÁNÍ MODELŮ DO VÝUKY

Jak vyplývá z textu výše, je práce s modely znázorňujícími poznatky teorií (pracovat s nimi, hledat na nich slabá místa a upravovat je podle novějších poznatků) je vlastně jedním z dlouhodobých didaktických cílů přírodovědného vzdělávání. Pochopitelně této schopnosti nedosáhne každý žák. Snahou didaktiků přírodních věd, stejně tak jako tvůrců vzdělávacích aplikací, by mělo být, aby se počet těch, kteří si osvojí tuto dovednost, nesnižoval (jak kritizují zprávy PISA), ale stagnoval nebo narůstal.

Při tvorbě výukových materiálů je nutné si uvědomovat, že modely vždy zobrazují jen část reality a že pro jejich správné použití si musí žáci rozvíjet schopnost přírodovědné abstrakce, musí se naučit modely „číst“, „překódovat“ si informace, které modely zprostředkovávají, a zároveň si uvědomovat rozdíly mezi modelem a objektem či procesem, který představuje. Pro tvorbu výukových materiálů je vhodné zachovávat následující pravidla:

1. Postupovat od jednoduššího ke složitějšímu;
2. Ukázání poměrů; a
3. Stále připomínat, že „model je model“ (Jančaříková, 2015).

Postupovat od jednoduššího ke složitějšímu

V souladu s didaktickou zásadou posloupnosti⁸, která úzce navazuje na jeden ze čtyř hlavních principů Skinnerovy metody programovaného učení, víme, že se dítě/žák se nejlépe učí, když se postupuje v malých krocích. Pokud se učivo tzv. rozfázuje

je (někteří používají termín „krokování“), zvyšuje se pravděpodobnost úspěšnosti při plnění úkolů. A úspěšnost je hnací silou procesu učení.

Modely by měly být do výuky zařazovány metodicky, postupně, od těch, které kladou menší nároky na přírodovědnou abstrakci.

Je výhodou, když první modely, se kterými se děti/žáci setkají, reprezentují všeobecně známé a dostupné objekty. Zařazení takových modelů do výuky není ani tak motivováno snahou přiblížit žákům daný objekt, ale seznámit je s rozdíly mezi skutečností a modelem a položit základy přírodovědné abstrakce, kterou budou potřebovat pro pochopení modelů složitějších. Proto je vhodné například při výuce tématu „žížala obecná“ kromě živých žížal umožnit žákům kontakt i s modely žížal v různých velikostech a z různých materiálů a jejich různými zobrazeními (obraz, fotografie, video).

Ukázání poměrů

Pokud žáci nejsou dostatečně seznámeni s rozdíly modelů oproti skutečnosti, je nutné věnovat důkladnou pozornost na upozornění na rozdíly mezi zobrazovanými jevy a skutečností. Žáci by vždy měli umět odhadnout, zda je model větší či menší než skutečný objekt a vyjadřovat skutečnou velikost objektu např. za pomoci rukou nebo provázku anebo příkladu (ve skutečnosti je velký jako krabička zápalek / špendlíková hlavička apod.).

Velmi dobře je s poměry velikostí pracováno v edukačním pořadu Kouzelný školní autobus v díle Mravenci, kde jsou reprezentovány zmenšováním, či zvětšováním autobusu a jeho následným srovnáním s objekty, které jsou žákům známy. V případě, že má

⁸ Je třeba poznamenat, že zásada posloupnosti nepatří mezi všeobecně uznávané didaktické zásady (srov. Obst, 2006) ani mezi didaktické zásady tradované didaktiky přírodních věd. Pavlasová (2014) ji uvádí jako součást zásady soustavnosti (Jančaříková, 2015).

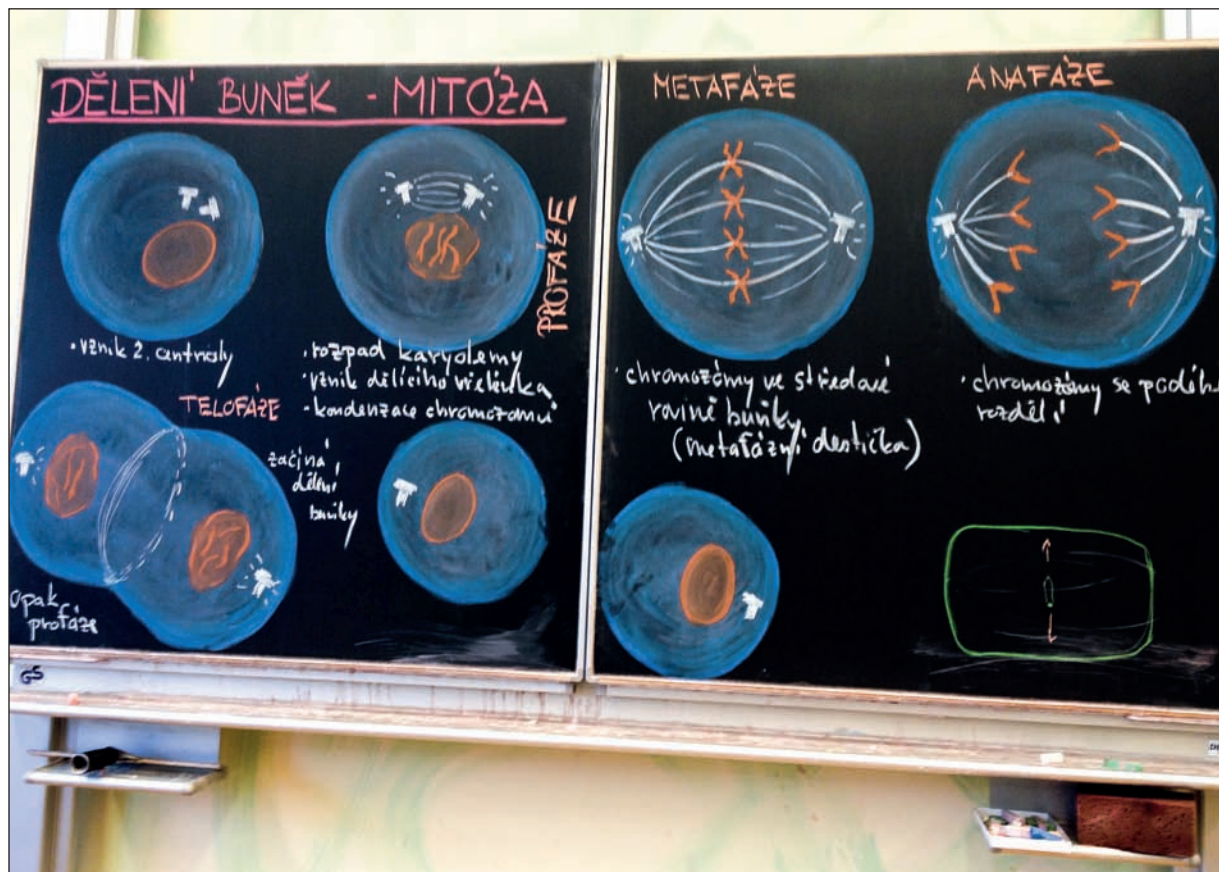
být zmenšení nad rámec představ žáků prvního stupně základní školy (např. na úroveň velikosti buňky), je zmenšení prováděno ve více krocích.

Naopak problematická je práce s velikostí modelu u některých aplikací pracujících s rozšířenou realitou, např. Becky 3D Stereo Card. Tím, že je zobrazovaný objekt začleňován do reálného světa, může být změna modelu, zvláště pro děti, které neznají skutečnou velikost objektu, velmi matoucí. Přesto, že jsou tyto aplikace nabízeny i pro nejmenší děti, nepovažují jejich používání z didaktického hlediska za správné.

Model je model

Příklad 4 (z náslechu vyučovací hodiny na Waldorfském lyceu)

O obrázku buňky učitel nikdy nemluvil jako o buňce, ale jako o modelu buňky nebo o fyziologické mapě buňky. Také důrazně upozorňoval na to, že video mitózy, které žákům pouštěl, je zrychlené, a že ve skutečnosti trvá mitóza 45 minut. Učitel to vysvětloval tak, aby si žáci pod slovem buňka nepředstavovali obrázek na tabuli, ale raději fotografii z mikroskopu a aby si všimli toho, co je reálné a co ne (Svobodová, 2016, s. 47).



Obr. 13 Schéma mitózy, Waldorfské lyceum v Praze (Svobodová, 2016). Převzato se souhlasem autorky. Barevně na straně 47.

Použití modelu nezávisí pouze na jeho tvůrci, ale také ve velké míře na vzdělavateli, který s ním pracuje. Model je modelem a nemůže být zaměňován za skutečnost. Je ale skutečností, že tvůrci aplikací se snaží zdůraznit názvy, které evokují představu, že se jedná o skutečná zvířata, květiny, přírodu. To může mást především mladší žáky.

Příklad 5

Výuková interaktivní aplikace *Real Animals HD* je určená pro předškolní vzdělávání nebo pro žáky základních škol. Aplikace umožňuje poznávat zvířata, jejich chování a zvyky. Aplikace však vytváří nevhodné asociace. Zvířata se sice mohou hýbat, skákat či koulet, ale nejsou dodržena základní fyzikální pravidla. V aplikaci se vyskytuje celá řada neuskutečnitelných pohybů, například je zde slon, který létá za pomoci uší.

TÉMATÁ K DISKUSI

K diskusi jsou další související témata, například zda existuje klíčové období pro rozvoj přírodovědné abstrakce. Jak efektivně ověřovat žákovu schopnost přírodovědné abstrakce, protože verbální ověřování nemusí být spolehlivé (žák může rozumět, ale nemusí umět popsat)? Jak si osvojují přírodovědnou abstrakci žáci s různými učebními styly? Dále by bylo vhodné zaměřit pozornost na vazby mezi estetickým a psychodidaktickým rozměrem, protože „hezký“ obrázek může navozovat nesprávnou představu.

ZÁVĚR

Není pochyb o tom, že práce s modely je nezbytnou součástí moderního vyučování přírodním vědám. A teorii, jak s nimi pracovat, nebyla dosud

věnována dostatečná pozornost – tedy především práci s 3D modely. Výzkumy se dosud zaměřovaly spíše na statické obrazy; otázka nových technologií nebyla široce nezkoumána.

Modely se ve výuce přírodních uplatňují stále častěji, protože stále více objektů, o kterých se žáci učí, není možné při vyučování pozorovat vlastníma očima, například buňka, DNA, atom. S rozvojem ICT se žáci při vyučování stále častěji setkávají s počítačovými simulacemi organismů a jejich částí, a procesů, které v nich probíhají. Následně jsou na žáky stále častěji a stále v mladším věku kladeny nároky na zcela specifickou dovednost: schopnost porozumět tomu, co jim vizuální objekt sděluje, a tyto informace si překódovat do vlastní mysli, kterou zjednodušeně nazýváme přírodovědnou abstrakcí. Důležité je také, aby chápali rozdíly mezi (obvykle virtuálně prezentovaným) modelem a skutečností.

Čím je složitější model je, tím více abstraktního myšlení je třeba, aby ho žák pochopil. Výzkumy ukazují, že právě tato abstrakce dělá žákům často problémy, a že právě pro nedostatečnou schopnost abstrakce často neporozumí správně tomu, co model ztvárňuje (Janík, Stuchlíková, 2015, Jančařiková, Mazáčová, 2015).

Práci s modely a především metodice rozvoje přírodovědné abstrakce nebyla dosud v didaktice přírodních věd věnována dostatečná pozornost a rovněž není cílevědomě vyučována na pedagogických fakultách. Přesto se od žáků vyššího stupně očekává, že v hodinách porozumí skutečnostem, které jim učitel sděluje za pomoci modelů vyžadujících velkou míru abstrakce.

Situaci, kdy žákům učitel představí dvojrozměrné zobrazení modelu objektu, který nemohou znát z vlastní zkušenosti, by měla předcházet syste-

matická a správně metodicky vedená příprava, během níž se nejprve seznámí s modely objektů, které znají a mohou si je prohlížet a sáhnout si na ně vlastníma rukama.

Práci s modely je třeba v budoucnu věnovat větší pozornost. Cílem tohoto příspěvku je otevřít odbornou diskusi na toto téma a otevřít prostor pro vytváření teorie abstrakce v přírodovědném vzdělávání.

Dedikace

Tento článek vznikl za finanční podpory Grantové agentury České republiky, která podpořila projekt s názvem: „Domácí vzdělávání - fakta, analýzy, diagnostika“, registrační číslo projektu: 16-17708S.

Literatura

- ALTMANN, A. (1974) Úvod do didaktiky biologie. Praha : SPN : Ústav pro učitelské vzdělání UK v Praze, s. 320.
- ALTMANN, A. (1971) *Vyučovací metody v biologii (Kapitola z didaktiky biologie)*. 1. vyd. Praha : SPN, s. 230.
- HANEL, L., HANELOVÁ, J. (2014) Ploštice rodu *Elasmucha* jako modelová skupina k prezentaci rodičovské péče při přírodovědných školních exkurzích ve střední a severní Evropě. *Envigogika*, v. 9, n. 1, ISSN 1802-3061. [citace 25.8.2015]. Dostupné na <http://www.envigogika.cuni.cz/index.php/Envigogika/article/view/437/555>
- HARRISON, A. G., TREAGUST, D. F. (2000) A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- HORÁK, B. (2015) *Znalost rostlin u studentů gymnázií v Ústeckém kraji*. diplomová práce – vedoucí Petr Novotný. Praha: Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy v Praze.
- HORTIN, J. (1980) *Visual Literacy and Visual Thinking*. Ecucional Resources Information Center, 23 pages.
- CHANG, Shi-Kuo, et al. A visual language compiler. In: *Proceedings of the 1987 Fall Joint Computer Conference on Exploring technology: today and tomorrow*. IEEE Computer Society Press, 1987. p. 300-307. Dostupné na <http://crpit.com/confpapers/CRPITV8Chang.pdf>
- JANČAŘÍKOVÁ, K. (2015) *Didaktické přístupy k přírodovědnému vzdělávání předškolních dětí a mladších žáků*. Praha : Univerzita Karlova v Praze Pedagogická fakulta, ISBN 978-80-7290-805-9.
- JANČAŘÍKOVÁ, K., JANČAŘÍK A. (2016) Work With Models in e-Learning Environments In: *European Conference on e-Learning*. Academic Conferences International Limited, s. 305-314.
- JANČAŘÍKOVÁ, K., MAZÁČOVÁ, N. (2015) Environmentální vzdělávání a výchova. In FROUZ, J., MOLDAN, B. *Příležitosti a výzvy environmentálního výzkumu*. Praha : Karolinum. ISBN 978-80-246-2667-3.
- JANÍK, T., STUHLÍKOVÁ, I., a kol. (2015) *Oborové didaktiky : vývoj – stav – perspektivy*. Brno : Masarykova univerzita. [Citace 17.1.2015]. Dostupné na http://www.ped.muni.cz/didacticaviva/data_pdf/knihy/oborove-didaktiky_online.pdf
- KOSSLYN, S. M. (1989) Understanding charts and graphs. *Applied Cognitive Psychology*, 3, 185–226.
- MOUREK, J., LIŠKOVÁ, E. (2010) *Biologické sbírky- metody sběru, preparace a uchovávání : příručka k projektu Alma Mater Studiorum*, Praha: UK v Praze, Pedagogická fakulta. Dostupné na: <http://almamater.cuni.cz/seminare/biologicke-sbirky>
- OBST, O. (2006) *Didaktika sekundárního vzdělávání*. Olomouc : Univerzita Palackého, ISBN 80-244-1360-4.
- PAVLASOVÁ, L. (2014) *Přehled didaktiky biologie*. Praha : Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, 2014. 60s. ISBN 978-80-7290-643-7.
- PIAGET, J. (1999) *Psychologie inteligence*. Praha : Portál, 167s. ISBN 80-7178-309-9.

- ŘEHÁK, B. (1967) *Vyučování biologi na základní devítileté škole a střední všeobecné škole : Příspěvek k didaktice biologie*. Praha : Svoboda, 296s.
- SKINNER, B. F. (1968) *The technology of teaching*. Appleton-Century-Crofts, 1968. 271 s.
- SKALKOVÁ, J. (2007) *Obecná didaktika*. Praha : Grada Publishing a.s., 328 s. ISBN 978-80-247-1821-7
- SLAVÍK, J. (2001) *Umění zážitku, zážitek umění (teorie a praxe artefietiky)*. I. díl. Praha : Univerzita Karlova – Pedagogická fakulta, 281 s. ISBN 80-7290-066-8.
- STRAKOVÁ, J. (2010) *Postoje českých učitelů k hlavním prioritám vzdělávací politiky*. In Váňová, R., Krykorková, H. (ed.) *Učitel v současné škole*. Praha : FF UK, s. 167-175.
- SVOBODOVÁ, R. (2016) *České alternativní školy a výuka biologie na Waldorfském lyceu v Praze*, bakalářská práce – vedoucí Kateřina Jančařiková. Praha: Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy v Praze.
- WHITE WOLF CONSULTING. (2009) *Důvody nezájmu žáků o přírodovědné a technické obory*. [online] [cit. 2017–01–06] Dostupné na http://vzdelavani.unas.cz/duvody_nezajmu_obory.pdf.