

## Testování vědeckého myšlení

EVA HEJNOVÁ

Přírodovědecká fakulta UJEP, Ústí nad Labem

Současné diskuse o výsledcích českých žáků v různých národních a mezinárodních šetřeních (viz např. testování žáků 5. a 9. ročníků, které provádí Česká školní inspekce; mezinárodní šetření TIMSS a PISA) vedou odbornou i laickou veřejnost k úvahám o cílech vzdělávání i jejich změnách. S ohledem na velké množství nových informací se ukazuje jako nezbytné přenést důraz od získávání poznatků na osvojování obecných principů myšlení, označovaných také jako metakognitivní kompetence [1]. Právě přírodovědné vzdělávání umožňuje učiteli předkládat takové problémy, při jejichž řešení si žáci mohou přirozeně osvojovat metody vědeckého zkoumání, které zahrnují např. vytváření a testování hypotéz, získávání a interpretaci dat, posuzování výsledků experimentování a formulování závěrů.

Pokud učitel potřebuje otestovat úroveň vědeckého myšlení svých žáků nebo studentů, může využít *Lawsonův test vědeckého uvažování*, který je dostupný i v české verzi (viz [2, s. 182–191]). Tento test jsme zadali 165 žákům 9. ročníků základních škol a jedné kvarty víceletého gymnázia v Ústeckém kraji. V článku prezentujeme výsledky našeho výzkumu, poukazujeme na nízkou úroveň dovedností vědeckého myšlení u testované skupiny žáků a navrhuje možné způsoby nápravy námi zjištěných skutečností.

### Co je to vědecké myšlení?

Vědeckým myšlením obvykle rozumíme soubor dovedností, jež vytvářejí určitou hierarchii a navzájem spolu úzce souvisejí v tom smyslu, že osvojení nižší dovednosti je obvykle předpokladem k osvojení vyšší dovednosti [3]. Patří k nim např. dovednost klást si a rozpoznat otázky, které je možno zodpovědět pomocí vědeckého zkoumání; dovednost formulovat

a ověřovat hypotézy; vyvozovat závěry ze získaných poznatků a kriticky hodnotit cizí závěry; dovednost zobecňovat a předpovídat budoucí jevy na základě současných znalostí; komunikovat získané poznatky atd. Protože se jedná o obecné dovednosti, lze je snadno využít nejen v jiných vědních disciplínách, ale i v běžných životních situacích, kdy je třeba se umět uváženě rozhodovat.

Vědecké myšlení si žáci nejlépe osvojují prostřednictvím induktivního způsobu vyučování, který je základem různých konstruktivisticky orientovaných metod. Ty stavějí především na vlastních aktivitách žáka, které často v menší, či větší míře kopírují práci vědce [4]. Důležité při tom je, aby se žáci naučili, co odlišuje vědecké myšlení od běžného přemýšlení a uvažování. Základní postupy vědecké práce si mohou žáci konkrétně osvojovat prostřednictvím určitých činností zaměřených na rozvíjení tzv. *science process skills*, které Minářechová [4] označuje jako způsobilosti vědecké práce. American Association for the Advancement of Science [5] formulovala v roce 1989 třináct těchto dovedností, které rozdělila na základní, mezi něž zařadila pozorování, měření, třídění, kvantifikace, usuzování, předpovídání, hledání vztahů a komunikaci; a vyšší (integrované) dovednosti, mezi něž patří interpretace (výklad), kontrola proměnných, definování, tvorba hypotéz a experimentování. Tento soubor představuje široce přenositelné dovednosti, které odrážejí to, jak skuteční vědci pracují. Výzkumy navíc ukázaly (viz např. [6]), že rozvoj výše uvedených dovedností (způsobilosti vědecké práce) má trvalý vliv i na rozvoj dovedností potřebných k učení jednotlivým předmětům (např. matematice, cizímu jazyku apod.).

Pro hodnocení vědeckého myšlení se v minulosti používaly různé nástroje (např. *Group Assessment of Logical Thinking Test* (GALT), *Test of Logical Thinking* (TOLT) atd.) [7]. Největší popularitu mezi výzkumníky i učiteli si pro svoji snadnou administraci získal Lawsonův test vědeckého uvažování (*Lawson's Classroom Test of Scientific reasoning* (LCTSR)) [8], který byl vytvořen na konci 70. let.

## Metodologie výzkumu

V tomto článku uvádíme některé dílčí výsledky společného výzkumu, který byl realizován v roce 2017 ve spolupráci katedry fyziky a matematiky Přírodovědecké fakulty Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem [9]. Dále uváděné výsledky se týkají vědeckého myšlení, které bylo testováno pomocí Lawsonova testu. V našem výzkumu jsme použili jeho český překlad [2, s. 182–191] a na základě výzkumů [10] jsme provedli drobnou úpravu u položek 8a a 8b.

Verze Lawsonova testu, kterou jsme použili, zahrnuje 12 párových otázek (tj. celkem 24 testových položek) se stoupající náročností. Každá z dvojice položek se skládá z otázky, po níž následuje druhá část úlohy, ve které žák vybírá zdůvodnění své odpovědi, kterou zvolil v první části úlohy.

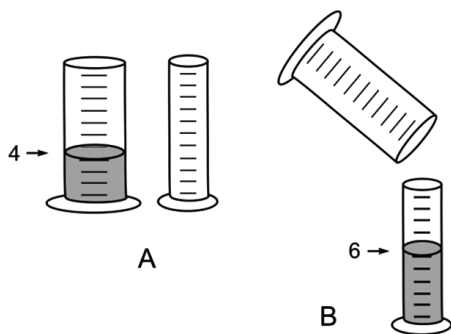
Lawsonův test umožňuje hodnotit vědecké myšlení v několika oblastech:

1. zachování hmotnosti (položky 1, 2) a vytlačeného objemu (položky 3, 4),
2. poměrové myšlení (položky 5, 6, 7, 8),
3. identifikace a kontrola proměnných (položky 9, 10, 11, 12, 13, 14),
4. pravděpodobnostní myšlení (položky 15, 16, 17, 18),
5. korelační myšlení (položky 19, 20),
6. kombinační myšlení (položky 21, 22, 23, 24).

Níže uvádíme příklady dvou párových položek z testu (5–6, 7–8), které byly zaměřeny na poměrové myšlení a u nichž jsme u testované skupiny žáků zaznamenali vůbec nejnižší úspěšnost (úlohy a obrázky jsou převzaty z [2, s. 184]).

### Testové úlohy 5 a 6

5. Na obrázku jsou zobrazeny široký a úzký válec. Na válcích jsou značky ve stejných vzdálenostech od sebe. Do širšího válce je nalita voda po 4. značku (viz A). Když je voda přelita do úzkého válce, vystoupí po 6. značku (viz B). Oba válce jsou vylity (není znázorněno) a pak je do širokého válce nalita voda po 6. značku.



Jak vysoko vystoupí voda, když ji přelijeme do prázdného úzkého válce?

- a. Asi k 8. značce.
- b. Asi k 9. značce.
- c. Asi k 10. značce.
- d. Asi k 12. značce.
- e. Žádná z předchozích odpovědí není správná.

**6. protože**

- a. Odpověď nelze určit ze zadaných informací.
- b. V prvním případě stoupla o 2 značky, takže opět vystoupí o 2 značky.
- c. Pro každé 2 značky v širokém válci stoupne o 3 značky v úzkém.
- d. Druhý válec je užší.
- e. Vodu musíme do válců skutečně nalít a pozorovat, co se stane.

**Testové úlohy 7 a 8**

**7.** Nyní nalijeme vodu do úzkého válce (popsaného výše v bodě 5) k 11. značce. Jak vysoko voda vystoupí, když ji přelijeme do prázdného širokého válce?

- a. Asi na  $7\frac{1}{2}$  (polovinu nad 7. značku).
- b. Asi k 9. značce.
- c. Asi k 8. značce.
- d. Asi k  $7\frac{1}{3}$  (třetinu nad 7. značku).
- e. Žádná z předchozích odpovědí není správná.

**8. protože**

- a. Poměry musí zůstat stejné (tj. pro každé 3 značky v úzkém válci odečteme 2 v širším).
- b. Vodu musíme do válců skutečně nalít a pozorovat, co se stane.
- c. Odpověď nelze určit ze zadaných informací.
- d. Předtím byla výška o 2 nižší, tak musí být zas o 2 nižší.
- e. První válec je širší.

Správně odpovědi jsou 5b, 6c, 7d, 8a.

Co se týče hodnocení testu, za každou dvojici z úloh 1 až 22 mohl žák získat dva body, pokud zároveň zvolil správnou odpověď na otázku a správné odůvodnění své odpovědi. Odpovědi na úlohy 23 a 24 byly hodnoceny nezávisle, tj. žák mohl získat jeden bod za správně zodpovězenou otázku nebo za správné odůvodnění. Možná zdůvodnění u některých otázek vycházejí

z častých miskoncepcí, které byly mnohými výzkumy identifikovány (viz např. [11, 12]).

Podle celkového dosaženého skóre je možné testované žáky rozdělit do tří vývojových úrovní ([2, s. 108]):

- první vývojová úroveň (konkrétně operační): 0–8 bodů,
- druhá vývojová úroveň (přechodná): 9–16 bodů,
- třetí vývojová úroveň (formálně operační): 17–24 bodů.

Na základě zahraničních výzkumů [10] by se zhruba polovina žáků 9. ročníku měla nacházet na druhé vývojové úrovni.

### Výzkumný soubor

Náš výzkumný soubor zahrnoval 165 žáků ve věku 14–15 let z osmi tříd 9. ročníku základní školy a jedné kvarty víceletého gymnázia. Všechny školy se nacházely v Ústeckém kraji (konkrétně v Ústí nad Labem, Děčíně, Litoměřicích a Teplicích). Na základě známek z českého jazyka, matematiky a fyziky, které měli žáci na pololetním vysvědčení školního roku 2016/17, lze říci, že ve výzkumném souboru byli zahrnuti žáci nadprůměrní, průměrní i podprůměrní. Aritmetický průměr známek z českého jazyka byl 2,3 se standardní odchylkou 0,96, v matematice 2,3 se standardní odchylkou 0,98 a ve fyzice 2,1 se standardní odchylkou 0,94.

### Výsledky a diskuse

V Tabulce 1 uvádíme výsledky Lawsonova testu pro testovanou skupinu žáků. V jednotlivých sloupcích tabulky je uveden maximální možný bodový zisk a průměrný bodový zisk za úlohy v dané oblasti, směrodatná odchylka a průměrná úspěšnost žáků v dané oblasti (v procentech) vypočtená jako podíl průměrného bodového zisku a maximálního počtu bodů, které bylo možné v dané oblasti získat.

Úlohy zaměřené na zachování hmotnosti a vytlačeného objemu patří v testu k těm nejjednodušším. Ověřují správné vytvoření základních konceptů, na základě nichž si pak děti mohou budovat složitější mentální modely (např. model atomu). Lze tedy očekávat, že v řešení těchto úloh budou testovaní žáci nejlépe. To se sice potvrdilo, nicméně z výsledků uvedených v Tabulce 1 je zřejmé, že žáci v průměru dosáhli pouze přibližně dvou třetin maximálního bodového zisku. Bodové zisky jednotlivých žáků však vykazují značný rozptyl, což poukazuje na skutečnost,

že značné procento žáků dobře nerozumí ani těmto základním pojmům (konkrétně se jedná přibližně o 19 % žáků 9. ročníku, kteří získali za tyto úlohy 0 bodů).

Poměrové myšlení patří k základním dovednostem, které jsou u dětí rozvíjeny již na 1. stupni základní školy. Úlohy v testu, jejichž úplné zadání jsme uvedli výše, byly zaměřeny na porozumění jednoduchým i složeným úměrám. V procesu učení je poměrové myšlení považováno za fundamentální dovednost, která představuje nezbytný základ pro úspěšné zvládnutí matematiky i přírodních věd [13]. V této oblasti byli žáci v naší testované skupině nejméně úspěšní, 113 žáků ze 165 (tj. 68,5 %) nevyřešilo správně ani jednu úlohu. Domníváme se, že toto zjištění ukazuje na nezvládnutí základních matematických dovedností, což může mít zásadní vliv na porozumění dalším matematickým konceptům.

Tabulka 1 Základní charakteristiky testované skupiny žáků v jednotlivých oblastech vědeckého myšlení

Oblasti vědeckého myšlení	Maximální počet bodů za úlohy v oblasti	Průměrný bodový zisk za úlohy v oblasti	Směrodatná odchylka	Průměrná úspěšnost (%)
1. Zachování hmotnosti a vytlačeného objemu	4	2,6	1,5	64,8
2. Poměrové myšlení	4	0,9	1,4	22,0
3. Identifikace a kontrola proměnných	6	1,4	1,8	24,2
4. Pravděpodobnostní myšlení	4	1,4	1,6	34,3
5. Korelační myšlení	2	0,6	0,9	29,0
6. Kombinační myšlení	4	1,1	1,0	27,5
Součet	24	8,0	-	-

Identifikace a kontrola proměnných zahrnuje zejména dovednost identifikovat proměnné a vztahy mezi nimi. Je to důležitá složka v přírodovědně zaměřeném výzkumu, která je předpokladem pro objevení nebo zkonstruování nějakého nového poznatku [14]. Pro ověření této dovednosti je do testu zařazen největší počet úloh (tři párové položky), což podtrhuje důraz kladený na tuto oblast. Při řešení těchto úloh dosáhli žáci druhé nejnížší úspěšnosti a zároveň byl v této oblasti zaznamenán vůbec největší rozptyl v bodových ziscích u jednotlivých žáků. Na základě získaných dat jsme zjistili, že přibližně 51 % žáků 9. ročníků nevyřešilo správně ani jednu úlohu.

Úlohy z testu zaměřené na pravděpodobnostní myšlení jsou založeny na klasické definici pravděpodobnosti, tj. pravděpodobnost nějakého náhodného jevu je definována jako poměr případů příznivých danému jevu ke všem možným případům, které mohou nastat. Předpokladem správného vyřešení těchto úloh je i dobrá úroveň poměrového myšlení. V této oblasti přibližně polovina žáků (53 %) nevyřešila správně ani jednu úlohu, což může souviset s jejich špatnými výsledky v oblasti poměrového myšlení.

Korelačnímu myšlení byla v testu věnována pouze jedna párová otázka, která využívala jednoduchý kontext počítání myši s různými znaky pocházejícími z určité oblasti. Tato úloha má úzký vztah k poměrovému i pravděpodobnostnímu myšlení, konkrétně k tzv. podmíněné pravděpodobnosti (tj. jestliže existuje korelace mezi počtem případů náhodného jevu A a náhodného jevu B, pravděpodobnost jevu A může ovlivňovat pravděpodobnost jevu B a naopak). Podobný typ úloh je pro naše žáky nezvyklý, což může výrazněji ovlivňovat i úspěšnost žáků v této oblasti, párovou položku (úlohy 19 a 20) nevyřešily více jak dvě třetiny žáků.

Kombinační myšlení obsahuje prvky ze všech předchozích oblastí, v testu jsou mu věnovány poslední dvě párové položky, které by měly patřit k těm nejobtížnějším. Jsou náročné nejen po obsahové stránce, ale kladou vysoké nároky i na čtenářskou gramotnost. Překvapivě v nich však testovaná skupina žáků dosáhla lepších výsledků než v „nižších“ oblastech (např. v oblasti poměrového myšlení a v oblasti identifikace a kontroly proměnných).

Pokud srovnáme výsledky žáků 9. ročníků s výsledky, které uvádějí zahraniční výzkumy [10], lze konstatovat, že naši žáci dosáhli výrazně horších výsledků zejména v prvních třech oblastech (zachování hmotnosti a vytlačení objemu, poměrovém myšlení a identifikaci a kontrole proměnných), přičemž nejslabší výsledky jsme zaznamenali zejména v případě poměrového myšlení.

V českém prostředí lze uvést srovnání naší testované skupiny žáků se skupinou studentů učitelství pro 1. stupeň ZŠ, jejichž úroveň vědeckého myšlení byla také zjišťována pomocí Lawsonova testu [15, s. 72]. Při tomto srovnání se překvapivě ukazuje, že výsledky žáků 9. ročníků jsou vesměs ve všech oblastech lepší, než je tomu u budoucích prvostupňových učitelů, což je skutečně alarmující zjištění. Další srovnání nabízí také výzkum, který provedla Dvořáková [2, s. 111], jež zadávala Lawsonův test svým žákům v 9. ročníku. Průměrný bodový zisk 14, 8 bodu, kterého její žáci dosáhli, lze považovat za velmi dobrý výsledek, a to i ve srovnání s testovanými skupinami středoškolských studentů, jejichž výsledky ve své práci také

uvádí. Úspěch svých žáků Dvořáková připisuje zejména způsobu vedení výuky, ve které hraje velmi podstatnou roli experimentování, jež žákům dává dostatek podnětů k rozvoji vědeckého uvažování.

Základům vědeckého myšlení se učí žáci v českých školách zejména v rámci přírodovědně orientovaných oborů. Je však otázkou, do jaké míry se při tom učitelé vědomě a také systematicky zaměřují na osvojování zásad vědeckého myšlení. V českém vzdělávacím prostředí již existují některé iniciativy jednotlivých učitelů a pedagogických odborníků (např. [2, 16]) i různých sdružení (např. [17]) a projektů [18], které předkládají v praxi vyzkoušené metody, kterými je možné rozvíjet a hodnotit dovednosti vědeckého myšlení.

K rozvoji vědeckého myšlení nepochybně přispívá i badatelsky orientovaná výuka ([4, 19]), která je zaměřena na praktické aktivity a na výuku týkající se věcí a jevů spojených s reálným, každodenním životem. Navíc se tato cesta ukazuje jako vhodný způsob pro rozvoj klíčových kompetencí i v rámci nižšího primárního vzdělávání [20]. Právě badatelsky orientovaná výuka umožňuje vytvářet a rozvíjet schopnosti a dovednosti žáků hledat a objevovat, zkoumat, lépe porozumět vědeckých pojmům, objevovat vědecké principy atd. Považujeme proto za velmi důležité, aby učitelům byla v tomto směru poskytnuta konkrétní podpora např. ve formě seminářů, metodických materiálů, příkladů dobré praxe apod.

## Závěr

V našem příspěvku jsme chtěli ukázat, jakým způsobem lze zjišťovat úroveň vědeckého myšlení žáků. V našem výzkumu jsme využili Lawsonův test vědeckého uvažování, který je dobře použitelný i pro studenty středních a vysokých škol. Výsledky testování ukázaly nízkou úroveň osvojení dovedností vědeckého myšlení u žáků na konci základní školy, a to zejména v oblasti poměrového myšlení a v oblasti identifikace a kontroly proměnných.

Protože jednotlivé testované oblasti nejsou nezávislé, ale vytvářejí hierarchii, tj. úspěšné zvládnutí dovedností vyšší úrovně předpokládá zvládnutí dovedností nižší úrovně, může mít podstatná část žáků závažné problémy s přechodem na třetí (formálně-operační) úroveň myšlení. Mnohé zahraniční výzkumy navíc ukazují, že rozvoj vědeckého myšlení přirozeně podporuje i rozvoj klíčových dovedností, které žáci mohou uplatnit jak v jiných oblastech vzdělávání, tak i ve svém dospělém životě.



## Literatura

- [1] *Stuchlíková, I., Mareš, J.*: Rozvoj metakognitivních kompetencí žáků – otevřený úkol. *Pedagogika*, roč. (2014), č. 3, s. 267–269.
- [2] *Dvořáková, I.*: Fyzikální vzdělávání žáků a učitelů v projektu Heuréka (Dizertační práce). Univerzita Karlova, Praha, 2011. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorakova/Disertace.pdf>
- [3] *Hejnová, E., Hejna, D.*: Rozvoj vědeckého myšlení žáků prostřednictvím přírodovědného vzdělávání. *Scientia in educatione*, roč. 7 (2016), č. 2, s. 2–17.
- [4] *Minárechová, M.*: História induktívneho prístupu v prírodovednom vzdelávaní v USA a jeho súčasná reflexia na Slovensku. *Scientia in educatione*, roč. 5 (2014), č. 1, s. 2–19.
- [5] *American Association for the Advancement of Science*. Project 2061: Science for all Americans. AAAS, Washington, 1989.
- [6] *Shayer, M., Adey, P. S.*: Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students IV: three years after a two-year intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, roč. 30 (1993), č. 4, s. 351–366.
- [7] *Bao, L., Xiao, Y., Koenig, K., Han, J.*: Validity of the Lawson classroom test of scientific reasoning. *Physical Review Physics Education Research*, roč. 14 (2018), č. 2, 020106.
- [8] *Lawson, A. E.*: The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, roč. 15 (1978), č. 1, s. 11–24.
- [9] *Cihlář, J., Eisenmann, P., Hejnová, E., Příbyl, J.*: Pupils' abilities to solve problems in mathematics and physics and their school performance. In: Fejfar, J., Fejfarová, M., Flégl, M., Houška, M., Husák, J., Krejčí, I., Urbancová, H. (eds.): *ERIE 2018 (Efficiency and Responsibility in Education)*. Zemědělská univerzita, Praha, 2018, s. 29–35.
- [10] *Han J.*: *Scientific Reasoning: Research, Development, and Assessment* (Dizertační práce). The Ohio State University, Ohio, 2013.
- [11] *Driver, R., Squires, A., Rushfords, P., Wood-Robinson, V.*: *Making Sense of Secondary Science*. Routledge Falmer, New York, 2003.
- [12] *Stepans, J.*: *Targeting Students' Science Miskonceptions*. Showboard, Inc., Tampa, 2003.
- [13] *Roth, W. M., Milkent, M. M.*: Factors in the Development of Proportional Reasoning Strategies by Concrete Operational College Students. *Journal of Research in Science Teaching*, roč. 28 (1991), č. 6, s. 553–566.
- [14] *Dean, D., Kuhn, D.*: Direct instruction vs. discovery: the long view. *Science Education*, roč. 91 (2007), č. 3, s. 384–397.

- [15] Nováková, A., Chytrý, V., Říčan, J.: Vědecké myšlení a metakognitivní monitorování studentů učitelství pro 1. stupeň základní školy. *Scientia in educatione*, roč. 9 (2018), č. 1, s. 66–80.
- [16] Bělecký, Z.: Vzdělávací strategie 7. Dostupné z: <http://www.ucitel-ske-listy.cz/2010/01/zdenek-belecky-serial-vzdelavaci.09.html>
- [17] Kolektiv autorů: Průvodce pro učitele badatelsky orientovaným vyučováním. Sdružení Tereza, Praha, 2013. Dostupné z: [http://www.zsmltu.cz/dum/BOV/BOV/DATA/01\\_PRUVODCE\\_PRO\\_UCITELE/00\\_PR%D9VODCE\\_CELA\\_KNIHA/01\\_Pruvodce\\_pro\\_ucitele.pdf](http://www.zsmltu.cz/dum/BOV/BOV/DATA/01_PRUVODCE_PRO_UCITELE/00_PR%D9VODCE_CELA_KNIHA/01_Pruvodce_pro_ucitele.pdf)
- [18] <https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/>
- [19] Papáček, M.: B adatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in educatione*, roč. 1 (2010), č. 1, s. 33–49.
- [20] Janoušková, S. a kol.: Přírodovědná gramotnost v primárním a raném období primárního vzdělávání jako prostředek zvýšení zájmu o studium přírodovědných a technických oborů. *Scientia in educatione*, roč. 5 (2014), č. 1, s. 36–49.

# Inovativní demonstrace druhého Newtonova zákona

ČENĚK KODEJŠKA

Přírodovědecká fakulta UP, Olomouc

Ověření druhého Newtona zákona patří mezi základní demonstrační experimenty prvního ročníku gymnázia. Problémem tohoto experimentu je volba vhodné působící síly, která uděluje danému tělesu určité zrychlení. Klasické uspořádání se vzduchovou dráhou je většinou obtížně realizovatelné z důvodu malé přesnosti naměřených hodnot.

Uspořádání experimentu s vozíčkovou dráhou a vozíkem, který je přes kladku urychlován zavěšeným závažím, naráží zase na problém výsledného vztahu pro zrychlení vozíku, který není závislý pouze na hmotnosti vozíku  $m_1$ , ale i na hmotnosti závaží  $m_2$ , jak ukazuje následující vztah (1), a to i