

## Literatura

- [1] *Lepil, O.*: Odpor cívky zanedbejte. Matematika, fyzika, informatika, roč. 5 (1996), č. 9, s. 476.
- [2] *Lepil, O., Šedivý, P.*: Fyzika pro gymnázia. Elektřina a magnetismus. 7. vydání, Prometheus, Praha, 2017. ISBN 978-80-7196-460-5
- [3] *Lepil, O., Bednařík, M., Šíroká, M.*: Fyzika. Sbírka úloh pro střední školy. 4. vydání, Prometheus, Praha, 2016.
- [4] *Lepil, O.*: Elektromagnetická indukce v obvodu s cívkou. Matematika, fyzika, informatika, roč. 27 (2018), č. 3, s. 197.
- [5] *Lepil, O., Látal, F.*: Experiment v učivu o kmitání elektromagnetického oscilátoru. Matematika, fyzika, informatika, roč. 22 (2013), č. 5, s. 344.

# Úlohy rozvíjející dovednost identifikace a kontroly proměnných

EVA HEJNOVÁ

Přírodovědecká fakulta UJEP, Ústí nad Labem

Na začátku roku 2021 byla zveřejněna tzv. „malá revize“ Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání [1], která vedla k redukci vzdělávacího obsahu Člověk a příroda, konkrétně se tyto redukce ve větší míře dotkly i vzdělávacího oboru Fyzika [2]. Mezi kritérii, na základě kterých byly škrty provedeny, je uvedeno (mimo jiné) i kritérium „zjednodušení obsahu k podpoře hledání souvislostí“ [3], s. 2. Podobně Strategie 2030+ [4] deklaruje, že modernizací obsahu kurikula bude přenesen důraz od získávání poznatků k osvojování obecných principů myšlení.

Tyto obecné principy, označované také jako metakognitivní kompetence [5], lze dobře rozvíjet v rámci výuky přírodních věd, kde jsou obvykle označovány jako vědecké myšlení či uvažování. V našem příspěvku se úžeji zaměříme na jednu specifickou dovednost vědeckého myšlení, kterou je

identifikace a kontrola proměnných (dále jen KOPR). U této dovednosti se v mnoha mezinárodních i českých výzkumech ukázalo, že činí problémy nejen žákům základních a středních škol, ale často i studentům škol vysokých. Jedná se přitom o stěžejní dovednost pro plánování a realizaci tzv. kontrolovaného experimentu<sup>1)</sup> i vyvozování správných závěrů ze zjištěných výsledků. V článku prezentujeme ukázky několika různě obtížných úloh zaměřených na dovednost KOPR a na jedné úloze ilustrujeme i možnost využití metody Concept Cartoons pro procvičování této dovednosti na základních školách.

## 1. Vědecké myšlení a dovednost identifikace a kontroly proměnných

Co přesně představuje vědecké myšlení, je složitý problém, proto dosud na jeho definici neexistuje obecná shoda [6]. Jeho struktura vychází z hypoteticko-deduktivní povahy vědy [7] a jednoduše ho lze charakterizovat jako souhrn obecných dovedností (nebo také způsobilostí k vědecké práci [8, 9] zahrnující určité myšlenkové a logické postupy. Americká asociace pro rozvoj vědy [10] formulovala třináct takových dovedností, jež rozdělila na základní (pozorování, měření, třídění, kvantifikaci, usuzování, předpovídání, hledání vztahů – identifikaci proměnných a komunikaci) a vyšší (integrované) dovednosti (interpretaci, kontrolu proměnných, definování, tvorbu hypotéz a experimentování). Tyto dovednosti nejsou nezávislé, nýbrž vytvářejí určitou hierarchii, tj. předpokladem zvládnutí vyšších dovedností je ovládnutí dovedností nižších.

Důležitou dovedností pro rozvoj vědeckého myšlení, kterou je možné cíleně rozvíjet v rámci výuky přírodních věd, a to již u mladších žáků na základních školách [11], je dovednost KOPR. Jedná se o objevování vztahů a souvislostí mezi dvěma, nebo více proměnnými, zkouáme-li chování nějakého systému. S pomocí různých postupů (např. opakování měření, standardizace procedur zahrnující přesné určení experimentálních podmínek apod.) identifikujeme proměnné, které je třeba během experimentu udržovat konstantní, abychom mohli zkoumat vztah mezi vybranými dvěma proměnnými a určit, které proměnné se mění v závislosti na jiných. Pod dovednost KOPR patří celé spektrum dílčích dovedností, proto se v literatuře (např. [12, 13]) zpravidla rozlišuje několik úrovní této dovednosti,

---

<sup>1)</sup>Kontrolovaným experimentem rozumíme experiment určený k ověřování a získávání empirických poznatků v plánované a výzkumníkem řízené situaci, při níž jsou kontrolovány experimentální proměnné.

pro něž jsou pak formulovány různé typy problémů. V našem příspěvku se omezíme pouze na dvě úrovně, které pro naše potřeby označíme jako základní a pokročilou. Podrobněji o nich bude pojednáno u jednotlivých ukázek úloh.

## 2. Výzkumy dovednosti identifikace a kontroly proměnných

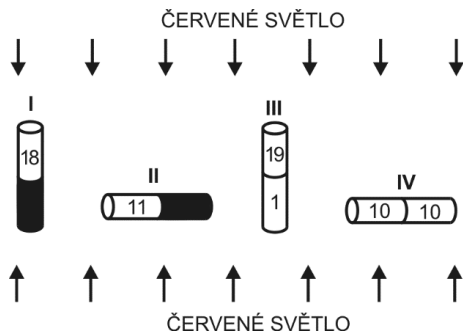
Pro hodnocení vědeckého myšlení, včetně dovednosti KOPR, bývá velmi často používán Lawsonův test vědeckého uvažování [7], který je mezi výzkumníky i pedagogy velmi oblíbený (český překlad testu lze nalézt ve [14]). Pro ověření dovednosti KOPR je do tohoto testu zařazen největší počet úloh (tři párové položky), což podtrhuje důraz, který je na tuto dovednost kladen. Úlohy zařazené v testu zahrnují dva typy problémových situací: návrh kontrolovaného experimentu (dvojice úloh 9 a 10) a rozhodnutí, zda lze na základě experimentálních výsledků určit vzájemnou souvislost více proměnných, které mohou mít na výsledek pokusu vliv (dvojice úloh 11 a 12; 13 a 14).

Mnohé zahraniční výzkumy (např. [11, 15, 16] ukazují, že žáci a studenti všech stupňů škol mají se zvládnutím dovednosti KOPR často problémy. Tato skutečnost se ukázala i v našem výzkumu, který jsme realizovali v roce 2017 se souborem 165 žáků ve věku 14–15 let z osmi tříd 9. ročníku základní školy a jedné kvarty víceletého gymnázia (podrobněji o výzkumu viz [17]). Jedním z testů, který byl žákům v rámci tohoto výzkumu zadán, byl Lawsonův test vědeckého uvažování. V oblasti úloh zaměřených na dovednost KOPR dosáhli žáci velmi nízké úspěšnosti. Průměrný bodový zisk za úlohy v této oblasti byl 1,4 z maximálně možných 6 bodů. Zároveň byl u těchto úloh zaznamenán vůbec největší rozptyl v bodových ziscích u jednotlivých žáků, přičemž zhruba polovina žáků nevyřešila správně ani jednu úlohu.

Slabé výsledky v oblasti KOPR byly při řešení Lawsonova testu zaznamenány i u českých vysokoškolských studentů ([17, 18, 19]). Hrouzková [19] zadávala test 291 studentům přírodovědných oborů a učitelství v 1. ročníku na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. Její výzkum ukázal, že pro studenty byla nejnáročnější dvojice otázek 11 a 12. Na otázku 11 odpovědělo správně 35,9 % studentů, na otázku 12 pouze 28,4 % studentů. Podobně se nejnižší úspěšnost při řešení této dvojice otázek ukázala i ve výzkumu provedeném mezi vysokoškolskými studenty v Německu [20], kde obě otázky správně vyřešilo 44 % studentů. Pro ilustraci uvádíme zadání těchto dvou testových úloh (úlohy a obrázky jsou převzaty ze [14]).

### 3. Ukázka testových úloh 11 a 12

11. Do každé ze čtyř skleněných trubiček dáme dvacet ovocných mušek. Trubičky těsně uzavřeme. Trubičky I a II jsou zčásti pokryty černým papírem. Trubičky III a IV nejsou vůbec zakryté. Trubičky jsou umístěny tak, jak to ukazuje obr. 1. Pak je vystavíme červenému světlu po dobu pěti minut. Na obr. 1 jsou uvedeny počty mušek v nezakrytých částech trubiček.



Obr. 1

*Tento experiment ukazuje, že mušky reagují (to znamená, že se posunou blíže, nebo dál) na:*

- červené světlo, ale ne na gravitaci,
  - gravitaci, ale ne na červené světlo,
  - červené světlo i na gravitaci,
  - nereagují ani na červené světlo ani na gravitaci,
12. *protože*
- většina mušek je v horní části trubičky III, ale jsou rozmístěny zhruba rovnoměrně v trubičce II.
  - většina mušek nejde ke dnu trubiček I a III.
  - mušky potřebují světlo, aby viděly, a musí letět proti gravitaci.
  - většina mušek je v horních koncích a v osvětlených koncích trubiček.
  - nějaké mušky jsou na obou koncích každé trubičky.

### Řešení úlohy

Správná odpověď je 11 B a 12 A.

#### 4. Ukázky úloh rozvíjejících dovednost identifikace a kontroly proměnných pro různé úrovně obtížnosti

V této části uvádíme ukázky několika úloh pro základní a pokročilou úroveň dovednosti KOPR, které jsou vhodné k jejímu procvičování na všech stupních škol. Úlohy zahrnují různé faktory jako je počet proměnných, kontext úloh (reálný svět vs. svět fyziky) a poskytnutí, či absence výsledků experimentů. Výzkumy ukázaly [13, s. 186], že jednodušší jsou pro studenty úlohy, pokud neobsahují výsledky experimentů.

##### Příklad úlohy pro základní úroveň KOPR

V této úloze musí žák rozpoznat, že se jedná o kontrolovaný experiment, a rozhodnout, zda vybraná proměnná (v tomto případě tloušťka háčku) může být tímto experimentem otestována. V úloze nejsou k dispozici experimentální výsledky, žáci se tak dokáží lépe zaměřit pouze na podmínky, za kterých je experiment prováděn, a úspěšněji tak určují proměnné veličiny, které jsou experimentem testovatelné.

##### Rybaření (přeloženo z [13], s. 178, upraveno)

Jirka, Adam a Štěpán chodí společně rybařit. Používají stejné rybářské náčiní a s rybařením mají podobné zkušenosti (to znamená, že pokaždé chytí přibližně stejný počet ryb). Při jejich posledním rybaření měli na výběr různé rybářské pruty a háčky a pro chytání ryb si mohli vybrat různá místa. Všichni chytali ryby dvě hodiny. Podmínky, za kterých jednotliví chlapi chytali ryby, jsou uvedeny v následující tabulce.

		Jirka	Adam	Štěpán
Podmínky	Rybářský prut	dlouhý	dlouhý	krátký
	Rybářský háček	tlustý	tenký	tenký
	Místo rybolovu	rybník	rybník	řeka

*Pokud neuvažujeme jiné proměnné, můžeme informace v tabulce použít k testování toho, zda tloušťka háčku má vliv na počet ulovených ryb?*

Zakroužkuj odpověď:

a) Ano                      b) Ne

Napiš zdůvodnění své odpovědi:

##### Řešení úlohy

Správná je odpověď a).

*Zdůvodnění:* Jirka i Adam použili stejně dlouhý prut a lovili na stejném místě (v rybníku). Dvě proměnné se tedy v průběhu experimentu neměnily, měnila se pouze jedna proměnná, tj. tloušťka háčku.

## Příklady úloh pro pokročilou úroveň KOPR

### Kyvadlo (přeloženo z [13], s. 178, upraveno)

V úloze musí žák rozhodnout, zda proměnné veličiny byly provedenými pokusy otestovány, přičemž jsou kromě hodnot jednotlivých proměnných veličin (délka vlákna, hmotnost kuličky a úhel vychýlení) zadány také výsledky experimentu (počet kmitů vykonaných za 10 s). Jak bylo výše uvedeno, tato skutečnost činí úlohu zpravidla obtížnější. Pokud jsou v úloze zadány i výsledky experimentů, žáci mají tendenci zahrnovat je do svých úvah, což často vede k úsudkům o možných vztazích mezi proměnnými veličinami namísto úvah o jejich testovatelnosti v daném experimentálním uspořádání. Žáci mají také tendenci zaměřovat proměnnou, která experimentem nemůže být otestována za tu, která nemá na výsledek experimentu vliv.

### Zadání úlohy

Hanka si vytvořila kyvadlo tak, že zavěsila malou kuličku na vlákno, které pak připevnila k tyči. Kyvadlo může kývat v jedné svislé rovině (viz obr. 2).

Nyní chce zjistit, zda počet kmitů, které kyvadlo vykoná za 10 s, závisí, či nezávisí

- na délce vlákna,
- na hmotnosti kuličky,
- na velikosti úhlu  $\alpha$  při vychýlení kuličky z rovnovážné polohy (bod A v obr. 2).



Obr. 2

Provedla proto několik experimentů, aby zjistila, které z těchto tří faktorů ovlivňují počet kmitů vykonaných kyvadlem za 10 s. Podmínky, za kterých prováděla experimenty, jsou uvedeny v následující tabulce.

		Pokus 1	Pokus 2	Pokus 3
Proměnné veličiny	Délka vlákna	10 cm	10 cm	40 cm
	Hmotnost kuličky	20 g	30 g	30 g
	Úhel vychýlení kyvadla	15°	30°	15°
Počet kmitů vykonaných za 10 s		16	16	8

*Pokud neuvažujeme jiné proměnné, o které proměnné nebo proměnných můžeme na základě údajů uvedených v tabulce říci, že byly tímto způsobem otestovány?*

<i>Zakroužkuj odpověď:</i>	
a) Pouze délka vlákna	e) Obě proměnné uvedené v bodech $a$ a $c$
b) Pouze hmotnost kuličky	f) Obě proměnné uvedené v bodech $b$ a $c$
c) Pouze úhel vychýlení vlákna	g) Všechny proměnné uvedené v bodech $a$ , $b$ a $c$
d) Obě proměnné uvedené v bodech $a$ a $b$	h) Žádná proměnná nemůže být otestována na základě údajů uvedených v tabulce.
<i>Napiš zdůvodnění své odpovědi:</i>	

### **Řešení úlohy**

Správná odpověď je h), tj. žádná proměnná nemůže být otestována na základě údajů uvedených v tabulce.

*Zdůvodnění:* Neexistuje žádná dvojice pokusů, v nichž by se měnila pouze jedna proměnná. Z výsledku experimentů nelze proto ani usoudit, zda jednotlivé proměnné mají, či nemají vliv na proměnnou počet kmitů vykonaných za 10 s.

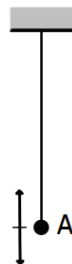
### **Pružina** (přeloženo z [13], s. 178, upraveno)

Podobně jako v předchozí úloze musí žák rozhodnout, zda proměnné veličiny (původní délka pružiny a velikost výchylky kuličky z rovnovážné polohy) byly provedenými pokusy otestovány. V tomto případě má navíc jedna ze dvou proměnných (původní délka pružiny) vliv na výsledek experimentu (počet kmitů vykonaných za 10 s) a druhá proměnná (velikost výchylky kuličky z rovnovážné polohy) nikoliv, čímž je tento případ oproti předchozímu poněkud komplikovanější.

## Zadání úlohy

Honza si vytvořil jednoduchý oscilátor tak, že zavěsil malou kuličku na pružné gumové vlákno (viz obr. 3). Nyní chce zjistit, zda počet kmitů ve svislém směru, které oscilátor vykoná za 10 s, závisí, či nezávisí

- na původní délce vlákna (tj. délce nezatíženého vlákna),
- na velikosti výchylky kuličky z rovnovážné polohy (bod *A* v obr. 3),
- na hmotnosti kuličky.



Obr. 3

Provedl proto několik experimentů, aby zjistil, které z těchto tří veličin ovlivňují počet kmitů vykonaných oscilátorem za 10 s. Podmínky, za kterých prováděl experimenty, jsou uvedeny v následující tabulce.

		Pokus 1	Pokus 2	Pokus 3
Proměnné veličiny	Původní délka vlákna	27 cm	12 cm	12 cm
	Velikost výchylky kuličky z rovnovážné polohy	4 cm	2 cm	4 cm
	Hmotnost kuličky	67 g	67 g	67 g
Počet kmitů vykonaných za 10 s		10	15	15

*Pokud neuvažujeme jiné proměnné, o které proměnné nebo proměnných můžeme na základě údajů uvedených v tabulce říci, že byly tímto způsobem otestovány?*

<i>Zakroužkuj odpověď:</i>	
a) Pouze původní délka vlákna	e) Obě proměnné uvedené v bodech <i>b</i> a <i>c</i>
b) Pouze velikost výchylky kuličky z rovnovážné polohy	f) Obě proměnné uvedené v bodech <i>a</i> a <i>c</i>
c) Pouze hmotnost kuličky	g) Všechny proměnné uvedené v bodech <i>a</i> , <i>b</i> a <i>c</i> .
d) Obě proměnné uvedené v bodech <i>a</i> a <i>b</i>	h) Žádná proměnná nemůže být otestována na základě údajů uvedených v tabulce.
<i>Napiš zdůvodnění své odpovědi:</i>	



## Řešení úlohy

Správná je odpověď d), tj. obě proměnné uvedené v bodech *a* a *b*.

*Zdůvodnění:* Původní délka vlákna mohla být otestována při pokusu 1 a 3 (mění se pouze původní délka pružiny, ostatní proměnné se v uvedených pokusech nemění). Velikost výchylky kuličky z rovnovážné polohy mohla být otestována při pokusu 2 a 3 (mění se pouze velikost výchylky kuličky z rovnovážné polohy, ostatní proměnné se nemění).

Počet kmitů vykonaných za 10 s není nezávisle proměnná a nesouvisí tedy s tím, zda byl, nebo nebyl testovací experiment proveden správně. Pokud máme k dispozici data z experimentu, můžeme vyslovit závěr, že původní délka pružiny má vliv na počet kmitů vykonaných za 10 s (viz pokusy 1 a 3), zatímco velikost výchylky z rovnovážné polohy vliv nemá (viz pokusy 2 a 3).


## Příklad úlohy zadané ve formě Concept Cartoons

Pro procvičování dovednosti KOPR u žáků na základní škole je možné využít i úloh zadaných ve formě Concept Cartoons (podrobněji je o metodě Concept Cartoons pojednáno např. ve [21]), pomocí nichž se žáci mohou snadněji zapojit do diskuze k předložené situaci. Pro základní úroveň dovednosti KOPR je možné využít například úlohu na obr. 4.


**Kontrola proměnných** **Brzdná dráha**


Tomáš si koupil auto a chce zjistit, jaká je jeho brzdná dráha. Rozhodl se, že vyzkouší různé povrchy vozovky za různého počasí a použije při tom staré a nové pneumatiky. Při každé jízdě jel Tomáš rychlostí 50 km/h a u předem určeného místa začal brzdit. Potom změnil vzdálenost, na které zastavil. Jízdy absolvoval vždy přibližně ve stejné kondici. Podmínky, za kterých Tomáš prováděl jednotlivé jízdy, jsou uvedeny v tabulce.


		Jízda 1	Jízda 2	Jízda 3
Podmínky	Povrch vozovky	beton	beton	asfalt
	Stav vozovky	suchý	mokrá	mokrá
	Kvalita pneumatik	staré	staré	nové




Pokud neuvažujeme jiné proměnné, můžeme informace v tabulce použít k testování toho, zda stav vozovky má vliv na délku brzdné dráhy?

**A**  Můžeme, protože u jízd 1 a 3 se mění zároveň všechny podmínky.  
Kamila

**B**  Můžeme, protože při jízdě 2 a 3 byl stejný stav vozovky a ostatní podmínky se měnily.  
Vítěk

**C**  Můžeme, protože při jízdě 1 a 2 byl stejný povrch vozovky a stejná kvalita pneumatik.  
Roman

**D**  Nemáte pravdu. Já si myslím, že ...  
Zuzka

Obr. 4 Příklad úlohy zadané ve formě Concept Cartoons

## Řešení úlohy

Pravdu má Roman (odpověď C). Abychom mohli testovat proměnnou stav vozovky, musí se měnit pouze tato proměnná, zbylé dvě proměnné (povrch vozovky, kvalita pneumatik) musí být při pokusech konstantní (v tomto případě je to splněno pro dvojici jízd 1 a 2).

## Závěr

V našem příspěvku jsme ukázali, jakými úlohami lze u žáků i studentů rozvíjet dovednost identifikace a kontroly proměnných, která je pro rozvoj vědeckého myšlení zásadní. Výzkumy nicméně opakovaně ukazují její nízkou úroveň, a to u žáků i studentů všech stupňů škol. Úlohy prezentované v tomto článku mohou dobře posloužit jako průprava pro plánování a navrhování kontrolovaných experimentů, které jsou základním předpokladem pro otevřené vědecké bádání. Výzkumy i zkušenosti učitelů ukazují, že významnější pokrok v rozvoji dovednosti KOPR je zaznamenáván zejména u kurzů založených na badatelské výuce, během níž jsou často dovednosti rozvíjející vědecké myšlení zdůrazňovány a také procvičovány.

## Literatura

- [1] Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. MŠMT, Praha, 2021. Dostupné na: <http://www.nuv.cz/t/rvp-pro-zakladni-vzdelavani>.
- [2] Přehled změn v RVP ZV. Dostupné na: <https://revize.edu.cz/prehled-redukci-v-rvp-zv>.
- [3] Vyjádření k redukcím v RVP ZV. Dostupné na: <https://revize.edu.cz/files/npi-vyjadreni-k-redukcim-v-rvp-zv.pdf>.
- [4] Strategie 2030+. Dostupné na: <https://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/strategie-2030>.
- [5] *Stuchlíková, I., Mareš, J.*: Rozvoj metakognitivních kompetencí žáků – otevřený úkol. *Pedagogika*, roč. 64 (2014), č. 3, s. 267–269. Dostupné na: <https://pages.pdf.cuni.cz/pedagogika/?p=4051>.
- [6] *Janoušková, S., Pyskatá Rathouská, L., Žák, V., Stratilová Urválková, E.*: The scientific thinking and reasoning framework and its applicability to manufacturing and services firms in natural sciences. *Research in Science & Technological Education*, roč. 39 (2021), č. 1, s. 1–22. Dostupné na: <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1928048>.

- [7] *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.
- [8] *Padilla, M. J.*: The science process skills. *Research matters*. Dostupné na: <https://narst.org/research-matters/science-process-skills>.
- [9] *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. Dostupné na: <https://ojs.cuni.cz/scied/article/view/94/1456>.
- [10] *American Association for the Advancement of Science. Project 2061: Science for all Americans*. AAAS, Washington, 1989. Dostupné na: <https://www.aaas.org/programs/project-2061>.
- [11] *Chen, Z., Klahr, D.*: All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, roč. 70 (1999), č. 5, s. 1098–1120. Dostupné na: <http://www.etc.cmu.edu/projects/sci-fri/wp-content/uploads/2012/02/Chen-Klahr-1999-All-other-things-being-equal-acquisition-and-transfer-of-the-control-of-variables-strategy.pdf>.
- [12] *Han J.*: Scientific Reasoning: Research, Development, and Assessment (Dizertační práce). The Ohio State University, Ohio, 2013. Dostupné na: [https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws\\_olink/r/1501/10?p10\\_etd\\_subid=3888&clear=10](https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_olink/r/1501/10?p10_etd_subid=3888&clear=10).
- [13] *Zhou, S. et al.*: Assessment of scientific reasoning: The effects of task context, data, and design on student reasoning in control of variable. *Thinking Skills and Creativity*, 2016, č. 19, s. 175–187. Dostupné na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4772877/>.
- [14] *Dvořáková, I.*: Fyzikální vzdělávání žáků a učitelů v projektu Heuréka (Dizertační práce). Univerzita Karlova, Praha, 2011. Dostupné na: <http://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorakova/Disertace.pdf>.
- [15] *Boudreaux, A. et al.*: Student understanding of control of variables: deciding whether or not a variable influences the behavior of a system. *American Journal of Physics*, roč. 76 (2008), č. 2, s. 163–170. Dostupné na: [https://www.researchgate.net/publication/252123674\\_Student\\_understanding\\_of\\_control\\_of\\_variables\\_Deciding\\_whether\\_or\\_not\\_a\\_variable\\_influences\\_the\\_behavior\\_of\\_a\\_system](https://www.researchgate.net/publication/252123674_Student_understanding_of_control_of_variables_Deciding_whether_or_not_a_variable_influences_the_behavior_of_a_system).
- [16] *Bao, L. et al.*: Learning of content knowledge and development of scientific reasoning ability: A cross culture comparison. *American Journal of Physics*, roč. 77 (2009), č. 12, s. 1118–1123. Dostupné

na: [https://www.researchgate.net/publication/1741716\\_Learning\\_of\\_Content\\_Knowledge\\_and\\_Development\\_of\\_Scientific\\_Reasoning\\_Ability\\_A\\_Cross\\_Culture\\_Comparison](https://www.researchgate.net/publication/1741716_Learning_of_Content_Knowledge_and_Development_of_Scientific_Reasoning_Ability_A_Cross_Culture_Comparison).

- [17] *Hejnová, E.*: Testování vědeckého myšlení. Matematika-fyzika-informatika, roč. 27 (2018), č. 5, s. 350–359. Dostupné na: [http://mfi.upol.cz/files/27/2705/mfi\\_2705\\_350\\_359.pdf](http://mfi.upol.cz/files/27/2705/mfi_2705_350_359.pdf).
- [18] *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. Dostupné na: <https://ojs.cuni.cz/scied/article/view/1041/539>.
- [19] *Hrouzková, T.*: Lawsonův test vědeckého myšlení. Bakalářská práce, Univerzita Palackého, Olomouc, 2020. Dostupné na: [http://muj.optol.cz/richterek/lib/exe/fetch.php?media=diplomky:bp\\_lawsonuv\\_test\\_final.pdf](http://muj.optol.cz/richterek/lib/exe/fetch.php?media=diplomky:bp_lawsonuv_test_final.pdf).
- [20] *Opitz, A., Heene, M., Fischer, F.*: Using differential item functioning to analyze the domain generality of a common scientific reasoning test. European Journal of Psychological Assessment, roč. 37 (2021), č. 4. Dostupné na: <https://econtent.hogrefe.com/doi/10.1027/1015-5759/a000662>.
- [21] *Hejnová, E.*: Realizace konstruktivistického přístupu ve výuce fyziky prostřednictvím úloh zadaných formou diskuze. Matematika-fyzika-informatika, roč. 25 (2016), č. 2, s. 102–115. Dostupné na: [http://mfi.upol.cz/files/25/2502/mfi\\_2502\\_102\\_115.pdf](http://mfi.upol.cz/files/25/2502/mfi_2502_102_115.pdf).