

Formulácia žiackych hypotéz vo vyučovaní fyziky na gymnáziu

Lucia Klinovská¹ – František Kundracík²

¹Department of Didactics in Mathematics, Physics and Informatics, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, Bratislava, Slovak Republic

²Department of Experimental Physics, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, Bratislava, Slovak Republic

e-mail: lucia.klinovska@fmph.uniba.sk, frantisek.kundracik@fmph.uniba.sk

The formulation of students' hypotheses in physics education at grammar school

Abstract

We consider the application and development of students' science process skills an integral part of physics education. In our survey we focused on the development of the science process skills of predicting and formulating hypotheses at grammar school. We describe the process of the preparation of specific activities aimed at the development of these skills. In the second part we introduce the activity *Friction force* which is aimed at the acquisition of students' hypotheses. In the conclusion we examine students' hypotheses and evaluate them with the *Hypotheses quality scale*.

Keywords: Science process skills; formulation hypotheses; physics education

Kľúčové slová: Spôsobilosti vedeckej práce; formulácia hypotéz; fyzikálne vzdelávanie

Subject-Affiliation in New CEEOL: Social Sciences – Education – School Education

DOI: 10.36007/eruedu.2020.1.044-052

1 Úvod

Naučiť žiakov premýšľať je jedným z najdôležitejších cieľov vzdelávania. Všetky predmety by sa mali podieľať na dosiahnutí tohto všeobecného cieľa. Jednou z možností ako na hodinách fyziky participovať na dosiahnutí tohto cieľa je aplikácia spôsobilostí vedeckej práce.

Spôsobilosti vedeckej práce sa do pozornosti dostali vďaka projektu SAPA

(Science – A Process Approach), tieto spôsobilosti sú definované ako súbor široko aplikovateľných schopností vhodných pre mnohé vedné disciplíny a oblasti, odrážajúce správanie vedcov. Z hľadiska využitia formálnych operácií program SAPA rozlišuje dva typy spôsobilostí vedeckej práce, základné a integrované. Medzi základné spôsobilosti vedeckej práce patrí: pozorovanie, usudzovanie, predpokladanie, klasifikovanie a meranie. Do kategórie integrovaných spôsobilostí vedeckej práce zaradujeme: interpretovanie dát, kontrolovanie premenných, formulovanie hypotéz, experimentovanie, konštruovanie tabuliek a grafov, opisovanie vzťahov medzi premennými a tvorba záverov a zovšeobecnení. Základné (jednoduchšie) spôsobilosti vedeckej práce poskytujú základ na osvojenie si integrovaných (náročnejších) spôsobilostí. Uvedená klasifikácia v Tab. 1 je prebraná od M. Padilla (1990).

Tabuľka 1 Klasifikácia spôsobilostí vedeckej práce (Padilla, 1990)

Základné spôsobilosti	Integrované spôsobilosti
Pozorovanie Usudzovanie Predpokladanie Klasifikovanie Meranie	Interpretovanie dát Kontrolovanie premenných Formulovanie hypotéz Experimentovanie Konštruovanie tabuliek a grafov Opisovanie vzťahov medzi premennými Tvorenie záverov a zovšeobecnení

Riešiť úlohy a situácie, ktoré si vyžadujú aplikáciu kompletného vedeckého postupu, zahŕňajúceho komplexný súbor spôsobilostí vedeckej práce je na základe výsledkov štúdie Padilla a kol. (1984) pre žiakov omnoho náročnejšie ako pri riešení úloh vyžadujúcich aplikáciu jednotlivých spôsobilostí, ktoré sú súčasťou vedeckého postupu. Z tohto dôvodu sa zameriavame na rozvoj vybraných spôsobilostí vedeckej práce- predpokladanie a formulovanie hypotéz.

2 Ciele a metódy práce

Jedným z bazálnych cieľov výchovno-vzdelávacieho procesu je rozvoj žiackych spôsobilostí vedeckej práce, medzi ktoré patrí aj predpokladanie a formulácia hypotéz, na základných (ŠPÚ, 2015a) a stredných školách (ŠPÚ, 2015 b). Hlavným cieľom predkladaného príspevku je formulácia kritérií na hodnotenie kvality žiackych hypotéz a následne pilotné hodnotenie kvality hypotéz žiakov vo vybranej problémovej situácii. Na dosiahnutie tohto cieľa sme si stanovili nasledovné čiastkové ciele:

- vymedziť spôsobilosť formulácie hypotéz, ako jedného z krokov vedeckého postupu,
- navrhnúť aktivity zamerané na rozvoj spôsobilosti formulácie hypotéz,
- zahrnúť navrhnuté aktivity do vyučovacieho procesu,

- navrhnúť nástroj na vyhodnotenie kvality žiackych hypotéz,
- vyhodnotiť žiacke hypotézy sformulované pri riešení vybranej aktivity pomocou navrhnutého nástroja.

Medzi metódami použitými na splnenie prvého čiastkového cieľa našej práce bolo štúdium domácej i zahraničnej literatúry a jej rešerš. Pri výbere aktivít, ktoré sme modifikovali do takej podoby, aby ponúkali rozvoj spôsobilosti formulácie hypotéz, sme analyzovali ich vhodnosť na osvojenie si vybranej spôsobilosti. Analýza štúdií zameraných na hodnotenie kvality hypotéz bola základom na vytvorenie nástroja na kvalitatívne a kvantitatívne vyhodnotenie žiackych hypotéz.

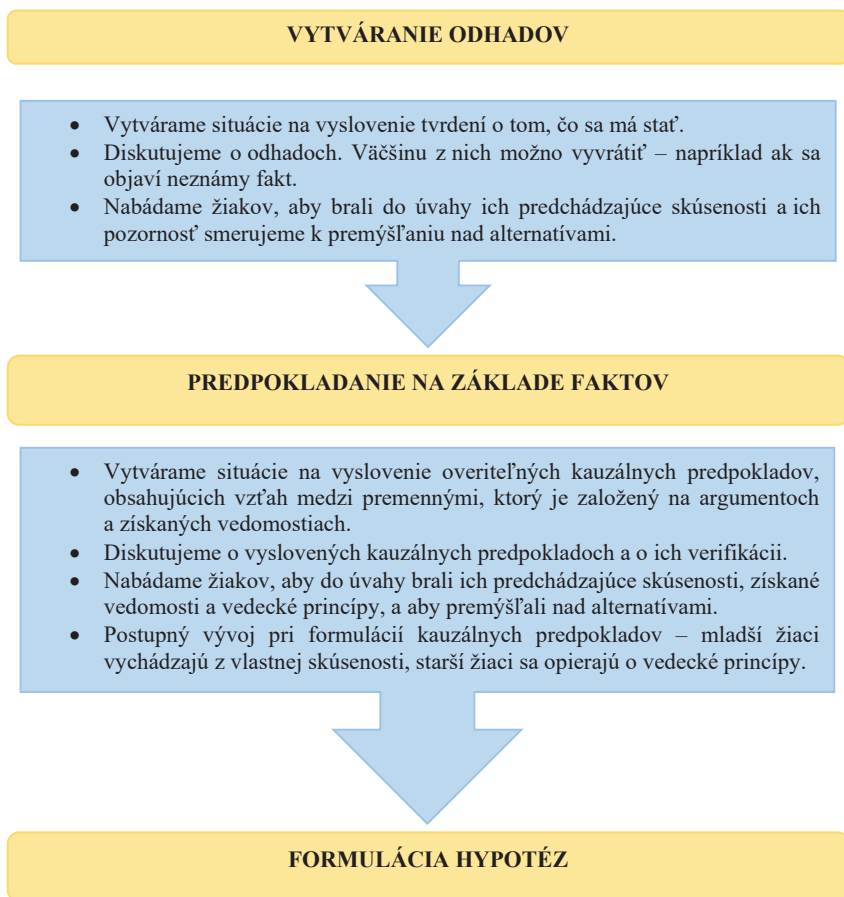
3 Predpokladanie a formulovanie hypotéz

Predpokladanie, jedna zo základných spôsobilostí vedeckej práce, je schopnosť vytvoriť zmysluplné tvrdenie o tom, čo sa má v blízkej budúcnosti stať, ktoré je založené na predchádzajúcich pozorovaniach a osobných skúsenostiach jednotlivca. Predpoklady, resp. odborné odhady sú nepotvrdené mienky, ktoré sú tým hodnotnejšie, čím premyslenejšie sa postupovalo k ich tvorbe (Held, 2011). Predpoklady odrážajú naše porozumenie daného problému, naše skúsenosti, premýšľanie a vyhodnocovanie faktov. Osvojenie si spôsobilosti predpokladať nie je jednoduché. Postupným tréningom sa žiaci učia brať do úvahy množstvo vplyvov, faktorov a zamýšľať sa nad alternatívami predpokladaného deja. Po realizácii experimentu, merania, či pokusu, ktorý ukáže výsledok predpokladanej situácie je správne a potrebné sa k stanovenej predikcii vrátiť a porovnať ju s realitou (Demkanin, 2016; Kireš, 2016).

Quinn a George (1975) definujú hypotézu ako overiteľné vedecké vysvetlenie empirického vzťahu medzi premennými v danej problémovej situácii. Demkanin a Velanová (2016) zdôrazňujú, že hypotéza je kauzálna predikcia, ktorá musí byť založená na argumentoch vychádzajúcich zo získaných vedomostí. Kauzalitu často vyjadrujeme matematickou formou, teda vzťahom medzi premennými. Žiakov je potrebné viesť k rozlišovaniu kauzality a vzťahovej závislosti. Uvedomovaním si kauzality pri jednotlivých fyzikálnych vzťahoch predídeme ich mylnej interpretácii. Pochopenie kauzálnych vzťahov môže viesť žiakov k prekonaniu mylnej predstavy o tom, že fyzika je len o vzorcoch.

Formulovanie hypotézy je schopnosť vytvoriť zmysluplné tvrdenie obsahujúce zdôvodňujúci vzťah medzi všetkými premennými. Po uskutočnení experimentu, teda získaní dát rozhodneme, či sme našu hypotézu prijali alebo nie. Ak hypotézu prijmeme, predpokladaný vzťah medzi premennými bol správny, a teda sme získali novú vedomosť. Negatívne výsledky sú rovnako dôležité ako tie pozitívne, pretože vymedzujú našu nevedomosť a tým vytýčia plodnú cestu pre tvorbu ďalších hypotéz a ďalšie skúmanie (Kerlinger, 1972).

Progres učenia formulácie hypotéz je schematický znázornený na Obr.1, ktorý bol vytvorený na základe opisov progresu jednotlivých spôsobilostí vedeckej práce v publikácii *Spôsobilosti vedeckej práce v prírodovednom vzdelávaní* (Lapitková a kol., 2015).



Obrázok 1 Progres učenia formulácie hypotéz

Osvojiť si spôsobilosť formulácie hypotéz si vyžaduje, aby sme z najnižšieho štádia vytvárania odhadov postúpili na úroveň predpokladania na základe faktov, a následne postúpili na najvyšší stupeň formulácie hypotéz. Ak chceme žiakov naučiť formulovať hypotézy dobrej kvality, musíme to robiť postupne. Keďže hypotéza obsahuje predikovateľný vzťah medzi premennými v danej problémovej situácii, ich formulácia si teda vyžaduje, aby žiaci mali osvojenú úroveň vytvárania predpokladov. Nižšia úroveň predpokladania si vyžaduje, aby sa žiaci vzdali tipovania, nepremysleného hádania a vytvárania odhadov, ktoré nie sú založené na predchádzajúcich skúsenostiach a získaných vedomostiach.

4 Osvojenie si formulácie hypotéz

Odpoveď na otázku: „*Ako rozvíjať formuláciu hypotéz vo vyučovaní fyziky?*“ je stále predmetom nášho skúmania. Ak však chceme žiakom pomôcť pri osvojovaní si vybraných spôsobilostí vedeckej práce, musíme do vyučovacieho procesu zaradiť také situácie, ktorých riešenie si vyžaduje aplikáciu týchto spôsobilostí.

Počas dvoch rokov zameraných na rozvoj spôsobilosti formulácie hypotéz žiakov gymnázia vo veku 14-16 rokov sme aplikovali opísanú stratégiu. Prvý rok sme do vyučovania fyziky zaradili špeciálne navrhnuté aktivity. Riešenie navrhnutých aktivít si vyžadovalo tvorbu predikcií alebo formuláciu hypotéz. Navrhli sme tri aktivity, na ktoré žiaci samostatne alebo v malých skupinách vytýčili hypotézy. Tieto aktivity boli do vyučovania fyziky zaradené na začiatku, v strede a na konci školského roka. Po každej zaradenej aktivite nasledovala diskusia o žiackych hypotézach, ktorej cieľom bolo vytvoriť hypotézu dobrej kvality, ktorá nielen predpokladá vzťah medzi premennými, ale ho aj zdôvodňuje.

Proces prípravy aktivít zameraných na rozvoj formulácie hypotéz začína hľadaním vhodnej aktivity. Hlavnou časťou prípravy aktivity je modifikovať ju do takej podoby, aby vyzývala žiakov formulovať zmysluplné tvrdenia obsahujúce overiteľný vzťah medzi premennými založený na argumentoch. V nasledujúcej kapitole uvádzame jednu z navrhnutých aktivít.

Druhý rok sme do vyučovacieho procesu zaradili žiacke plánovacie experimenty, pretože súčasťou plánovacej fázy experimentu je formulácia hypotéz na problém definovaný samotným žiakom. Počas školského roka žiaci pripravili a vykonali tri experimenty, ktorých súčasťou bola formulácia hypotéz a následne aj jej overenie.

5 Aktivita *Trečia sila*

Aktivitu *Trečia sila*, v ktorej úlohou žiakov je navrhnúť parametre ovplyvňujúce veľkosť trecej sily, sformulovať hypotézy obsahujúce a zdôvodňujúce vzťahy medzi jednotlivými premennými, vykonať experiment a na základe získaných dát rozhodnúť, či sformulované hypotézy prijmeme alebo nie, sme zaradili do prvého ročníka gymnázia. Navrhnutá aktivita je časovo náročná, preto je vhodné realizovať ju na laboratórnych cvičeniach (dve vyučovacie hodiny).

Laboratórne cvičenia sme so žiakmi odštartovali diskusiou o trecej sile, teda sile pôsobiacej proti smeru pohybu telesa. Napriek tomu, že o trení zvyčajne uvažujeme ako o nežiadúcom jave, považujeme za nevyhnutné so žiakmi diskutovať o trení ako o jave potrebnom. Po ukončení diskusie sme žiakom predstavili nasledujúcu problémovú situáciu: „*Predstavte si, že ste inžinieri vyvíjajúci nový motor. Aby bol motor úspešný na trhu, potrebujete maximalizovať jeho výkon, teda minimalizovať trenie. Aké opatrenia musíte spraviť? Od čoho a ako závisí veľkosť trecej sily?*“ Danú problémovú situáciu žiaci riešili v trojčlenných skupinách. K dispozícii mali dostatočné množstvo silomerov s vhodným rozsahom a súpravy, ktorých obsahom sú pomôcky určené priamo na meranie trecej sily. Počas aktivity žiaci pracovali samostatne, avšak často sme ich museli uisťovať, že ich hypotézy nebudú

hodnotené, teda sa nemusia obávať, že vytvoria hypotézu, ktorá nebude prijatá.

Na záver aktivity sme so žiakmi diskutovali o výsledkoch experimentu a o opatreniach, ktoré je potrebné urobiť, aby sme minimalizovali trenie v nežiadúcich situáciách. Pozornosť žiakov sme upriamili aj na to, že zistiť nezávislosť medzi veľkosťou styčnej plochy a veľkosťou trecej sily je rovnako dôležité ako napríklad zistiť závislosť medzi veľkosťou trecej sily a hmotnosťou telesa.

6 Úspešnosť formulácie žiackych hypotéz

Jednotlivé žiacke hypotézy sme vyhodnotili pomocou Škály kvality hypotéz, ktorá bola vytvorená na základe Škály kvality hypotéz Quinn a Goerge (1975). Každé hypotéze boli priradené body podľa kritérií uvedených v Tab.2.

Tabuľka 2 Škála kvality hypotéz

Body	Kritéria
0	bez vysvetlenia, ako napríklad nezmyselné vyhlásenia, otázky alebo opis pozorovania nevedecké vysvetlenia, ako napríklad „pretože mágia“ alebo „pretože osoba stlačila gombík“
1	častočne vedecké vysvetlenia, ako napríklad nekompletné použitie premenných, nevedecké vysvetlenia alebo analógia
2	vedecké vysvetlenia obsahujúce predpokladaný vzťah medzi všetkými premennými
3	precízne vedecké vysvetlenia obsahujúce zdôvodňujúci predpokladaný vzťah medzi všetkými premennými

Tab. 3 obsahuje nami vytvorené ukážky formulácií pre jednotlivé bodové skóre v danej problémovej situácii so zdôvodnením pridelených bodov.

Tabuľka 3 Ukážky formulácií pre jednotlivé bodové skóre

Body	Ukážky	Zdôvodnenie pridelených bodov
0	Keďže sa teleso s podložkou o seba trú, pôsobí medzi nimi tretia sila.	Formulácia obsahuje opis problémovej situácie.
1	Veľkosť trecej sily závisí od hmotnosti telesa.	Formulácia hovorí o závislosti premenných, ale neobsahuje predpokladaný vzťah.
2	Čím väčšia je hmotnosť telesa, tým väčšia je tretia sila.	Formulácia špecifikuje vzťah medzi premennými.
3	Čím väčšiu hmotnosť má teleso, tým naň pôsobí väčšia ťažová sila, ktorá ho tlačí do podložky, teda nerovnosti oboch materiálov k sebe viac prilnú a tým náročnejšie budeme môcť telesom hýbať, teda veľkosť trecej sily bude tým väčšia.	Formulácie nielen špecifikuje vzťah medzi premennými, ale predpokladaný vzťah aj zdôvodňuje.

V problémovej situácii *Trecia* sila každá zo žiackych skupín mala sformulovať hypotézy obsahujúce predikovateľný vzťah medzi trecou silou a hmotnosťou telesa, kvalitou povrchu a veľkosťou styčnej plochy. Kým niektoré skupiny žiakov zahrnuli všetky závislé premenné v jednej formulácii, iné vytvorili viac tvrdení, ale každá obsahovala len jednu závislú premennú. Každé z vytvorených formulácií sme priradili bodové skóre na základe Škály kvality hypotéz (Tab. 4). V treťom stĺpci tabuľky uvádzame zdôvodnenie pridelených bodov.

Tabuľka 4 Pridelenie bodového skóre žiackym formuláciám

Skupina	Hypotézy	Body	Zdôvodnenie pridelených bodov
1	Pohyb telesa závisí od povrchu telesa, jeho hmotnosti, povrchu podložky a polohy telesa.	1	Formulácia síce obsahuje všetky premenné ale nepredpokladá vzťah medzi nimi.
2	Čím hladší materiál bude na oboch predmetoch, tým bude trenie menšie. Čím väčšia je hmotnosť daného predmetu, tým je väčšie i trenie. Čím menšia je styčná plocha, tým je trenie menšie.	2 2 2	Formulácie obsahujú predikovateľný vzťah medzi premennými, ale nezdôvodňujú ho.
3	Čím väčšia hmotnosť, tým väčšie trenie. Čím drsnejší povrch, tým väčšie trenie. Čím väčší povrch, tým väčšie trenie.	2 2 2	Formulácie obsahujú predikovateľný vzťah medzi premennými, ale nezdôvodňujú ho.
4	Čím je teleso ťažšie, tým je trenie väčšie. Čím je povrch klzkejší, tým je trenie menšie. Skupina nevytvorila tvrdenie obsahujúce vzťah medzi trecou silou a veľkosťou styčnej plochy.	2 2 0	Formulácie obsahujú predikovateľný vzťah medzi premennými, ale nezdôvodňujú ho. Skupina nevytvorila hypotézu.
5	Čím je väčšia styčná plocha, tým je väčšie trenie. Trenie sa zväčšuje pri drsnejšom povrchu. Čím ťažšie teleso, tým väčšia trecia sila.	2 2 2	Formulácie obsahujú predikovateľný vzťah medzi premennými, ale nezdôvodňujú ho.

6	Čím drsnejší je povrch telesa, tým sa bude trenie zväčšovať.	2	Formulácie obsahujú predikovateľný vzťah medzi premennými, ale nezdôvodňujú ho.
	Čím ťažšie je teleso, tým sa trenie zväčšuje.	2	
	Čím menšia plocha, tým menšie trenie.	2	
7	Čím je teleso ťažšie, tým väčšie trenie.	2	Formulácie obsahujú predikovateľný vzťah medzi premennými, ale nezdôvodňujú ho.
	Čím je povrch telesa i podložky drsnejší, členitejší, tým je trenie väčšie.	2	
	Väčšia plocha, väčšie trenie.	2	
8	Čím drsnejšie povrchy, tým väčšie trenie. Povrch telies, ktoré sa o seba trú sú drsné, týmito nerovnosťami sa o seba odierajú a tým pádom brzdia.	3	Formulácia obsahuje predikovateľný vzťah medzi premennými, ktorý je zdôvodnený. Skupina nevytvorila hypotézy.
	Skupina nevytvorila tvrdenie obsahujúce vzťah medzi trecou silou a hmotnosťou telesa.	0	
	Skupina nevytvorila tvrdenie obsahujúce vzťah medzi trecou silou a veľkosťou styčnej plochy.	0	

V problémovej situácii *Trecia sila* 2 zo 14 skupín síce sformulovali tvrdenia obsahujúce všetky premenné, ale nepredpokladali vzťah medzi premennými, teda im bolo udelené skóre 1 bod. Tvrdenia obsahujúce nezdôvodnený predikovateľný vzťah medzi všetkými premennými sformulovalo 9 skupín, teda im boli udelené 2 body. Tri skupiny nevytvorili tvrdenia zahrňujúce všetky premenné, teda im bolo udelených aj 0 bodov. Avšak jedna z týchto skupín vytvorila tvrdenie obsahujúce predikovateľný vzťah medzi trecou silou a kvalitou povrchov, ktorý bol zdôvodnený, teda jej boli udelené 3 body.

7 Záver

Do vyučovania fyziky sme zaradili tri špeciálne navrhnuté aktivity na získanie žiackych hypotéz a tri žiacke plánovacie experimenty. V uvedenom príspevku sme pomocou Škály kvality hypotéz vyhodnotili žiacke formulácie v problémovej situácii *Trecia sila*, čím sme ukázali, že hypotézy je možné hodnotiť.

Použitá literatúra

Demkanin, P., & Velanová, M. (2016). Kľúčové tézy prírodovedného vzdelávania ako kritérium výberu obsahu pre prírodovedné kurikulum. In Ľ. Held (Ed.) *Východiská prípravy prírodovedného kurikula pre základnú školu 2020 II* (pp. 21 – 45). Slovakia, Trnava: Trnavská univerzita.

Held, Ľ. (2011). *Výskumne ladená koncepcia prírodovedného vzdelávania*. Slovakia, Bratislava: Slovenská akadémia vied.

Kerlinger, F. N. (1972). *Základy výzkumu chování. Pedagogický a psychologický výzkum*. Czech Republic, Praha: ACADEMIA.

Kireš, M., Ješková, Z., Gajanová, M., & Kimáková, K. (2016). *Bádateľské aktivity v prírodovednom vzdelávaní*. Slovakia, Bratislava: Štátny pedagogický ústav.

Klinovská, L. (2018). *Rozvoj žiackych spôsobilostí vedeckej práce na gymnáziu – master thesis*. Slovakia, Bratislava: FMFI UK.

Lapitková, V., Hodosyová, M., Vanyová, M., & Vnuková, P. (2015). *Spôsobilosti vedeckej práce v prírodovednom vzdelávaní*. Slovakia, Bratislava: Knižničné a edičné centrum FMFI UK.

Padilla, M. (1990). The Science Process Skills. Research Matter – to the science teacher, 9004. Retrived from: <https://www.narst.org/publications/research/skill.cfm>

Padilla, M., Okey, R. J., Garrard, K. (1984). The effects of instruction on integrated science process skill achievement.

Quinn, M. E., George, K. D. (1975). Teaching hypothesis formation, Science education, 59(3). 289- 296.

ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav) (2015a). Štátny vzdelávací program pre 2. stupeň základnej školy: fyzika. Citované 21. 01, 2020 z: http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/fyzika_nsv_2014-12-03.pdf

ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav) (2015b). Štátny vzdelávací program pre gymnázia: fyzika-gymnázium so štvorročným a päťročným vzdelávacím programom (úplné stredoškolské všeobecné vzdelávanie). Citované 21. 01, 2020 z: http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/fyzika_g_4_5_r.pdf

Jazyková korektúra: PaedDr. Jaroslav Vlnka, PhD.