

[Vzor: Pevná deska bakalářské práce – **není součástí elektronické verze**]

[Verze 2016 dostupná z <http://www.mff.cuni.cz/studium/bcmgr/prace>]

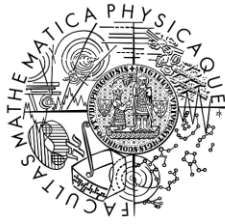
Univerzita Karlova

Matematicko-fyzikální fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Tereza Houserová



**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA**
Univerzita Karlova

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Tereza Houserová

**Fyzikální znalosti českých maturantů na gymnáziích –
analýza výsledků po tematických oblastech**

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Dana Mandíková, CSc.

Studijní program: Fyzika se zaměřením na vzdělávání (B0114A110001)

Studijní obor: FMUP (0114RA110001, 0114RA170004)

Praha rok 2024

[Vzor: Vevázaný list – kopie podepsaného „Zadání bakalářské práce“. **Toto zadání NENÍ součástí elektronické verze práce. NESKENOVAT.**]

Ráda bych poděkovala RNDr. Daně Mandíkové CSc. za trpělivost a skvělé vedení práce. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Petře Pschotnerové též za trpělivost se mnou a užitečné rady ohledně zpracování dat.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Praze dne 16.7. 2024

Tereza Houserová

Název práce: Fyzikální znalosti českých maturantů na gymnáziích – analýza výsledků po tematických oblastech

Autor: Tereza Houserová

Katedra / Ústav: Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Dana Mandíková, CSc.

Abstrakt: V bakalářské práci prezentuji výsledky zopakovaného testování fyzikálních znalostí českých maturantů na gymnáziích. K testování byly použity stejné testové sešity v papírové formě jako v roce 1995, kdy se ho čeští žáci posledních ročníků gymnázií účastnili naposledy v rámci šetření TIMSS. Snažili jsme se také zachovat původní vzorek škol. Z 90 původních gymnázií s testováním souhlasilo 72 a doplněno bylo dalších 10 náhradních škol. Celková průměrná úspěšnost žáků oproti roku 1995 významně klesla. Významně klesla i ve všech tematických oblastech. Nejvíce se žáci zhoršili v řešení úloh z tematických oblastí mechanika a teplo. V druhé části práce rozebírám úlohy, které měly malou průměrnou úspěšnost, anebo se v nich objevovaly některé typické chyby.

Klíčová slova: fyzikální znalosti, výzkum, gymnázium, tematické oblasti

Title: Physical knowledge of Czech gymnasium graduates - analysis of results by thematic areas

Author: Tereza Houserová

Department: Department of Physics Education

Supervisor: RNDr. Dana Mandíková, CSc.

Abstract: In this work I present results of repeated testing of physics knowledge of Czech gymnasium graduates. In 1995 Czech final-year students from 90 gymnasiums participated in the TIMSS physics test. We decided to repeat this test in 2023 and we used original test booklets from 1995 in paper form. From original 90 gymnasiums 72 agreed to participate in repeated test. Another 10 gymnasiums were chosen as replacement. The overall mean achievement of students has decreased significantly compared to 1995. The mean achievement of students also has significantly decreased in all five content areas. The biggest drop of mean achievement was in areas of mechanics and heat. The second part of my work is focusing on tasks with low mean achievement or tasks with typical student's misconceptions.

Keywords: physical knowledge, research, gymnasium, thematic areas

Obsah

Úvod	1
1. Základní informace o výzkumu TIMSS	2
2. Informace o opakovaném šetření 2023	4
2.1. Struktura testů, vyhodnocování odpovědí.....	4
2.2. Průběh testování 2023	5
2.3. Vzorek testovaných žáků a změny oproti roku 1995	5
2.4. Zpracování dat.....	7
3. Výsledky	9
3.1. Průměrné úspěšnosti žáků v jednotlivých tematických oblastech	9
3.2. Průměrné úspěšnosti žáků v jednotlivých tematických oblastech rozdělené podle pohlaví	9
3.3. Výsledky v úlohách v jednotlivých oblastech.....	11
3.3.1. Úlohy z tematické oblasti mechanika	12
3.3.2. Úlohy z tematické oblasti elektřina a magnetismus.....	17
3.3.3. Úlohy z tematické oblasti teplo.....	21
3.3.4. Úlohy z tematické oblasti vlnové jevy	24
3.3.5. Úlohy z tematické oblasti moderní fyzika	28
3.4. Nejlépe a nejhůře řešené úlohy v šetření 2023 a 1995.....	32
Závěr	34
Přílohy	38

Úvod

Mezinárodní srovnávací testy jsou užitečným nástrojem pro sledování vývoje znalostí a dovedností a umožňují také srovnání znalostí žáků napříč různými zeměmi. V roce 1995 se Česká republika poprvé zapojila do Třetího mezinárodního výzkumu matematického a přírodovědného vzdělávání. V rámci šetření proběhlo v ČR testování různých skupin žáků, mezi které patřili i žáci posledního ročníku střední školy, kteří se od té doby nezapojili do žádného z dalších kol testování v následujících letech. Rozhodli jsme se testování právě této skupiny žáků zopakovat v roce 2023. U žáků posledních ročníků gymnázií jsme testovali jejich fyzikální znalosti, a to za použití stejných testových sešitů jako v roce 1995. Výsledkem tohoto šetření jsou data, díky kterým můžeme srovnat znalosti žáků v letech 1995 a 2023. Dále díky těmto datům také můžeme porovnat znalosti žáků z fyziky z různých českých gymnázií. V ČR je sice možné skládat maturitní zkoušku z fyziky, ale ta nemá jednotné zadání a tím pádem ji nemůžeme použít k porovnání znalostí žáků z různých škol. Já se ve své bakalářské práci věnuji srovnání průměrných úspěšností žáků za roky 1995 a 2023 v úlohách rozdělených po tematických oblastech (mechanika, elektřina a magnetismus, teplo, vlnové jevy a moderní fyzika) a diskuzi problémových úloh z každé oblasti.

1. Základní informace o výzkumu TIMSS

Výzkum TIMSS je zkratkou pro Third International Mathematics and Science Study neboli Třetí mezinárodní výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání. Tento výzkum organizuje Mezinárodní asociace pro hodnocení výsledků ve vzdělávání (IEA), jejímž cílem je získat a následně zpracovat data, které by se dala využít k porovnání dovedností a znalostí žáků v matematice a přírodovědných předmětech napříč zeměmi, které se výzkumu účastní.

První a nejrozsáhlejší část výzkumu proběhla v roce 1995 a účastnilo se jí přes 40 zemí. Každá země, která se do výzkumu zapojila, měla povinnost otestovat své třináctileté žáky, což v ČR odpovídá 7. a 8. ročníku základní školy. Dále se do šetření mohli zapojit devítiletí žáci (v ČR odpovídá 3. a 4. ročníku základní školy) a žáci posledních ročníků středních škol (gymnází, odborných středních škol a učilišť). Výzkum se mimo již zmíněné zaměřoval na analýzu učebních osnov, učebnic a zahrnoval dotazníkové šetření na úrovni zemí, škol, učitelů a žáků.

Česká republika se výzkumu TIMSS v roce 1995 účastnila ve všech věkových kategoriích s tím, že na rozdíl od skupiny devítiletých žáků, využila u třináctiletých i možnost testovat dovednosti související s řešením experimentálních úloh. U žáků posledních ročníků středních škol u nás byly zadány všechny typy testů – test matematické a přírodovědné gramotnosti, test z matematiky pro žáky s rozšířenou výukou matematiky a test z fyziky pro žáky, kteří mají její výuku zařazenou do studia.

Výsledky devítiletých i třináctiletých žáků byly v roce 1995 nadprůměrné jak v matematice, tak v přírodních vědách. V přírodovědném testu pro třináctileté dosáhli lepšího výsledku jen žáci Singapurů a naši žáci se tak umístili na druhém místě z celkových 41 zúčastněných zemí. V části zaměřené na praktické dovednosti již tak úspěšní nebyli, zařadili se na sedmé místo z 19 zemí. Pro tuto práci jsou především podstatné výsledky žáků posledních ročníků středních škol. Testování matematické a přírodovědné gramotnosti se účastnilo 21 zemí a Česká republika skončila s podprůměrným výsledkem na 15. místě. Ve specializovaném testu

z matematiky, stejně jako ve specializovaném testu z fyziky dosáhli čeští gymnazisté podprůměrného výsledku, z 16 zúčastněných zemí byli v matematice třináctí a ve fyzice čtrnáctí.

Od roku 1995 probíhá šetření TIMSS každé čtyři roky a Česká republika se do něj v různé míře pravidelně zapojuje. Přehled realizovaných šetření výzkumu TIMSS a testovaných ročníků zachycuje tabulka 1. Šetření a věkové kategorie, jichž se Česká republika účastnila, jsou zvýrazněny tučně.

Tabulka 1: Časový přehled realizovaných šetření výzkumu TIMSS

Rok	Testované populace
1995	3. + 4. ročník¹ <i>praktické úlohy 4. ročník</i> 7. + 8. ročník² praktické úlohy 8. ročník SŠ
1999	8. ročník videostudie
2003	<i>4. ročník</i> <i>8. ročník</i>
2007	4. ročník 8. ročník
<i>2008</i>	<i>SŠ</i>
2011	4. ročník <i>8. ročník</i>
2015	4. ročník <i>8. ročník</i> <i>SŠ</i>
2019	4. ročník <i>8. ročník</i>
2023	4. ročník 8. ročník

¹ Po roce 1995 se testovaly již jen 4. ročníky.

² Po roce 1995 se testovaly již jen 8. ročníky.

Tyto informace byly zpracovány na základě zdrojů [1] a [2].

2. Informace o opakovaném šetření 2023

V roce 2023 jsme se rozhodli zopakovat testování fyzikálních znalostí studentů čtvrtých ročníků gymnázií realizované v rámci šetření TIMSS 1995. K testování byly použity stejné testy jako v roce 1995. Z analýzy gymnaziálních učebnic a RVP pro gymnázia, která testování předcházela, vyplynulo, že pokrývají učivo, které je potřeba k řešení úloh. Z testů byla vyřazena pouze jedna úloha³, která se týkala dřívějšího typu televizorů, který žáci již pravděpodobně neznají.

2.1. Struktura testů, vyhodnocování odpovědí

Úlohy tvořily čtyři sady (E, F, G, H), ty byly rozděleny do tří testových sešitů (2A, 2B a 2C). Všechny sešity obsahovaly sadu uzavřených úloh E1-10 a pak po jedné ze sad F, G a H⁴. Všichni žáci tedy neřešili ty samé úlohy. Otevřené úlohy byly vždy řazeny až za všechny uzavřené. Na začátku testu se nacházely otázky týkající se používání kalkulaček a toho, zda žáci navštěvují fyzikální seminář. Dále byly v úvodu testu uvedeny potřebné konstanty a vzorce k výpočtům. Žáci měli na vypracování testu časový limit 90 minut a dopředu věděli, že test nebude klasifikován.

Test obsahoval jak uzavřené otázky, kde žáci vybírali z několika množností a správná byla vždy jen jedna odpověď, tak otázky otevřené, kde žáci odpověď tvořili. Otevřené otázky vyhodnocovali vyškolení kóděři podle příložených kódovacích manuálů. Každá otevřená otázka měla k sobě přiřazený seznam kódů vystihujících charakter žákovy odpovědi. Ke kódování se používaly dvojčíslíkové kódy. První číslice vystihuje správnost odpovědi a druhá typ odpovědi. Díky tomu je možné identifikovat i některé rozšířené miskoncepce. U některých úloh se rozlišovaly úplně

³ Jednalo se o úlohu H18.

⁴ Testové sešity skupiny 2A obsahovaly úlohy E1-10 a F1-F17B, sešity skupiny 2B obsahovaly úlohy E1-10 a G1-G19 a sešity skupiny 2C obsahovaly úlohy E1-10, H1-H17, H19A a H19B.

správné, částečně správné a nesprávné odpovědi, jinde jen správné a nesprávné odpovědi. Ukázky otázek s kódovacími manuály jsou v kapitole 3.3.

2.2. Průběh testování 2023

Při opakovaném testování v roce 2023 jsme oslovili všech původních 90 českých gymnázií, která se v roce 1995 účastnila šetření TIMSS, a to v kategorii žáků posledních ročníků středních škol v oblasti fyzika. Se zopakováním testování souhlasilo 72 z nich. Těchto 72 škol jsme doplnili o 10 dalších, které se šetření v roce 1995 neúčastnily, ale snažili jsme se zachovat podobnou lokaci školy a velikost města, v kterém se původní školy nacházely. Ve všech 82 zapojených gymnáziích jsme měli v úmyslu testovat jednu třídu čtvrtého ročníku čtyřletého oboru. Samotné testování proběhlo v únoru a březnu roku 2023 s výjimkou jedné školy, která požádala o dřívější testování v lednu. Byli tři hlavní zadavatelé a zadávání probíhalo podle jednotných pokynů. Testové sešity v papírové podobě jsme přivezli do školy, před začátkem testu jsme seznámili žáky s pravidly testu a také se skutečností, že po započnutí vyplňování testových otázek již nebudeme odpovídat na žádné dotazy týkající se testů. Žáci měli na vyplnění testů 90 minut a po uběhnutí této lhůty jsme testové sešity od všech vybrali a vyplnili záznam z daného testování. Záznam obsahoval název školy, datum, počet testovaných žáků a případné zvláštní události, které nastaly v průběhu testu. Já osobně jsem takto otestovala 8 škol v jihočeském kraji, Plzni a Brně.

Po ukončení sběru dat jsme testy oštítkovali, aby byla jasná příslušnost žáka ke škole a třídě a okódovali otevřené odpovědi. Na kódování se podíleli čtyři vyškolení kóděři. Kvůli kontrole shody bylo 46 % testových sešitů kódováno ještě dalším kóděrem⁵. Data pak byla převedena do digitální podoby.

2.3. Vzorek testovaných žáků a změny oproti roku 1995

Jak jsem již psala výše, tak se v roce 1995 podrobili čeští žáci posledního ročníku čtyřletých gymnázií specializovanému testu z fyziky. Naším cílem bylo testování

⁵ Při tomto dvojím kódování byla shoda prvního kódu 99 % a druhého 97 %.

zopakovat na stejné skupině žáků. To se nám povedlo na 68 školách. Na ostatních gymnáziích došlo k následujícím změnám. Na čtyřech gymnáziích z pěti původních, která se testování účastnila v roce 1995, byl původně vyučovaný čtyřletý obor nahrazen osmiletým a na jednom gymnáziu oborem šestiletým. V zájmu zachování původních škol ve vzorku jsme tedy na těchto školách otestovali poslední ročníky výše zmíněných oborů. Z organizačních důvodů byla na třech gymnáziích místo jedné třídy maturantů čtyřletého oboru, testována třída maturantů oboru šestiletého. Na dvou školách byla otestována namíchaná třída ze žáků posledního ročníku čtyřletého a osmiletého gymnázia. Tři školy souhlasily pouze s testováním žáků navštěvujících volitelný fyzikální seminář. Tím pádem se opět jednalo o směs žáků čtyřletého a osmiletého oboru.

Na všech náhradních gymnáziích byli testováni pouze žáci posledního ročníku čtyřletého oboru.

Celkem jsme v roce 2023 otestovali 1804 žáků z 82 škol, seznam se nachází v Příloze 1. V roce 1995 řešilo čistě fyzikální testy 819 žáků⁶ z 90 gymnázií. Kromě toho dalších 268 žáků řešilo pouze 10 uzavřených fyzikálních otázek, ty byly součástí testového sešitu 4, který kromě nich obsahoval i otázky z matematické a přírodovědné gramotnosti a úlohy z matematiky. Rozložení těchto žáků podle pohlaví a typu řešeného testu je zachyceno v tabulce 2, která byla převzata z hrubopisu disertační práce Petry Pschotnerové.

⁶ Nižší počet žáků je dán tím, že v roce 1995 v rámci jedné třídy řešili žáci mimo testů z fyziky ještě testy z matematické a přírodovědné gramotnosti a testy z matematiky.

Tabulka 2: Struktura vzorku podle pohlaví a testového sešitu

Rok	Skupina	Test 2A	Test 2B	Test 2C	Test 4	Celkem
TIMSS 1995	Děvčata	166	157	166	172	661
	Chlapci	103	119	108	96	426
TIMSS 2023	Děvčata	353	337	346	-	1036
	Chlapci	240	257	232	-	729
	Neurčené ⁷	11	9	9	-	29

Z celkově otestovaných 1804 žáků v roce 2023 jsme dále vybrali tzv. korigovaný vzorek. Do tohoto vzorku nebyly zahrnuty odpovědi 202 žáků z 9 gymnázií. Tato gymnázia nesplnila podmínky testování. Na 8 z nich se jednalo o to, že nám školy umožnily testovat pouze třídy tvořené žáky navštěvující fyzikální seminář nebo skupiny tvořené žáky z více různých tříd. Jedna škola pak místo původního časového limitu 90 minut poskytla žákům na řešení testu pouze 45 minut. Tato škola byla vyřazena i z tzv. nekorigovaného vzorku, kde se kromě ní nachází všichni testovaní žáci za rok 2023.

Korigovaný vzorek jsme využili k porovnání průměrné úspěšnosti v obou šetřeních a já se již nadále budu v celé práci zabývat právě jím.

2.4. Zpracování dat

Všechna nasbíraná data byla převedena do digitální podoby, konkrétně byla přepsána do sešitů programu Excel. Pro všechny uzavřené otázky jsme zvolili následující reprezentaci odpovědí: 1 – správná odpověď, 0 – chybná, chybějící, nejednoznačná nebo neinterpretovatelná⁸ odpověď. U odpovědí na otevřené otázky jsme zaznamenali příslušné kódy z kódovacích manuálů, abychom neztratili informaci o jejich povaze a příslušných miskonceptech. Pro statistické zpracování se však hodilo i jednodušší schéma, ve kterém bylo každé odpovědi na otevřenou otázku přiřazeno číslo 2, pokud byla odpověď zcela správná, 1 pokud odpověď byla částečně správná

⁷ U jednoho zúčastněného gymnázia chybí v testech informace o pohlaví.

⁸ Žák například označil více než jednu odpověď na otázku.

a 0, pokud byla odpověď chybná⁹, chybějící nebo neinterpretovatelná. Pro účely mého statistického zpracování, kde jde jen o porovnání průměrných úspěšností různých skupin testovaných žáků, jsem volila třetí schéma, kde 1 reprezentuje zcela správnou odpověď a 0 všechny ostatní odpovědi a odpovědi chybějící.

Průměrnou úspěšnost v dané tematické oblasti jsme určili jako aritmetický průměr všech zcela správných odpovědí v dané oblasti. Otevřené i uzavřené úlohy byly kódovány ve schématu 1 - 0 popsaném výše. Stejnou metodou byly vyhodnocovány průměrné úspěšnosti i v testování TIMSS 1995.

Pro ověření statistické významnosti výsledků jsme použili t-test pro dva nezávislé vzorky s předpokladem shody rozptylů. Pro tento t-test jsme uvažovali standardní hladinu významnosti 5 % a nulovou hypotézu H_0 : „Průměrná úspěšnost dvou skupin žáků se neliší.“

Dále jsme ověřovali věcnou významnost výsledků pomocí Cohenova d . Jedná se o míru věcné významnosti, která pracuje s měřením rozdílů průměrů dvou skupin. Toto číslo obecně může nabývat hodnoty od $-\infty$ do $+\infty$, zpravidla však nabývá hodnoty v řádu jednotek. My budeme používat doporučené intervaly definované právě Cohenem, které nám pomohou rozhodnout o věcné významnosti výsledku.

- Cohenovo $d < (0,2-0,5)$ označujeme jako malé
- Cohenovo $d < (0,5-0,8)$ označujeme jako střední
- Cohenovo $d > 0,8$ označujeme jako velké

Zatímco statistická významnost mluví o tom, zda výsledek není dílem náhody způsobené například výběrem dat nebo experimentálními podmínkami, tak věcná významnost hovoří o tom, zda je výsledek užitečný a má smysl se o něj dále zajímat.

Tato kapitola byla zpracována dle zdrojů [6] a [7].

⁹ To, zda je odpověď správná, částečně správná nebo chybná opět určovalo rozdělení odpovědí v kódovacích manuálech.

3. Výsledky

Mým hlavním úkolem a cílem bakalářské práce bylo porovnat úspěšnosti žáků ve specializovaném testu z fyziky TIMSS podle jednotlivých tematických oblastí z roku 1995 a z roku 2023. Úspěšnosti žáků byly určeny za použití metod zmíněných v kapitole 2.4.

Celková průměrná úspěšnost ve fyzikálním testu při testování v roce 2023 byla 30,8 %, zatímco v roce 1995 byla 38,6 %. Zhoršení je statisticky významné. Celkové úspěšnosti byly převzaty ze zdroje [5].

3.1. Průměrné úspěšnosti žáků v jednotlivých tematických oblastech

V roce 2023 dosáhli žáci významně horších výsledků ve všech tematických oblastech, viz tabulka 3.

Tabulka 3: Srovnání průměrné úspěšnosti žáků podle tematických oblastí

Tematický celek	rok 1995	rok 2023	p-hodnota	Cohenovo d
Mechanika	44,8 %	32,3 %	<0,001	0,52
Elektrina a magnetismus	36,4 %	30,7 %	<0,001	0,30
Teplo	39,7 %	27,0 %	<0,001	0,46
Vlnové jevy	40,0 %	32,9 %	<0,001	0,30
Moderní fyzika	34,8 %	32,0 %	0,003	0,12

Jak nám v tabulce 3 ukazuje tzv. p-hodnota, tak všechny poklesy průměrných úspěšností jsou statisticky významné. K největšímu poklesu průměrné úspěšnosti oproti roku 1995 došlo v oblasti týkající se tepla, kde úspěšnost poklesla o 12,7 %. Nejméně se úspěšnost žáků snížila v oblasti moderní fyziky. Středně věcně významný pokles průměrné úspěšnosti pak vidíme u mechaniky.

3.2. Průměrné úspěšnosti žáků v jednotlivých tematických oblastech rozdělené podle pohlaví

Dále jsem se zaměřila na srovnání úspěšnosti v jednotlivých tematických oblastech podle pohlaví. Výsledky pro testování v roce 1995 ukazuje tabulka číslo 4.

Tabulka 4: Srovnání průměrné úspěšnosti žáků v roce 1995 podle pohlaví

Tematický celek	Dívky	Chlapci	p-hodnota	Cohenovo d
Mechanika	39,7 %	52,6 %	<0,001	0,46
Elektřina a magnetismus	33,4 %	43,1 %	<0,001	0,40
Teplo	36,9 %	44,1 %	<0,001	0,22
Vlnové jevy	33,9 %	49,6 %	<0,001	0,62
Moderní fyzika	29,9 %	42,5 %	<0,001	0,49

Je patrné, že chlapci dosáhli v roce 1995 vyšší průměrné úspěšnosti než dívky, a to ve všech tematických oblastech. P-hodnoty opět ukazují, že rozdíl v průměrných úspěšnostech dívek a chlapců je statisticky významný. Středně věcně významný rozdíl mezi průměrnou úspěšností dívek a chlapců vidíme u tematické oblasti zaměřené na vlnové jevy.

Srovnání průměrné úspěšnosti v tematických oblastech podle pohlaví pro testování v roce 2023 je uvedeno v tabulce 5.

Tabulka 5: Srovnání průměrné úspěšnosti žáků podle pohlaví v roce 2023

Tematický celek	Dívky	Chlapci	p-hodnota	Cohenovo d
Mechanika	28,2 %	36,8 %	<0,001	0,46
Elektřina a magnetismus	28,0 %	32,3 %	<0,001	0,26
Teplo	24,3 %	31,5 %	<0,001	0,32
Vlnové jevy	29,5 %	38,2 %	<0,001	0,40
Moderní fyzika	29,1 %	36,5 %	<0,001	0,34

Tabulka 5 ukazuje, že i při testování v roce 2023 dosahovali chlapci vyšší průměrné úspěšnosti ve všech tematických oblastech a tento rozdíl je pro všechny oblasti statisticky významný.

Následující tabulky 6 a 7 pak zachycují srovnání průměrné úspěšnosti dívek v testování z roku 1995 a 2023 a chlapců opět z obou testování.

Tabulka 6: Srovnání průměrné úspěšnosti dívek z roku 1995 a 2023

Tematický celek	Dívky 1995	Dívky 2023	p-hodnota	Cohenovo d
Mechanika	39,7 %	28,2 %	<0,001	0,52
Elektřina a magnetismus	33,4 %	28,0 %	<0,001	0,30
Teplo	36,9 %	24,3 %	<0,001	0,48
Vlnové jevy	33,9 %	29,5 %	<0,001	0,20
Moderní fyzika	29,9 %	29,1 %	0,78	0,01

Z tabulky 6 vidíme, že dívky si v roce 1995 vedly významně lépe ve všech tematických oblastech kromě moderní fyziky, kde byly mírně lepší, ale rozdíl není statisticky významný.

Tabulka 7: Srovnání průměrné úspěšnosti chlapců z roku 1995 a 2023

Tematický celek	Chlapci 1995	Chlapci 2023	p-hodnota	Cohenovo d
Mechanika	52,6 %	36,8 %	<0,001	0,65
Elektřina a magnetismus	43,1 %	32,3 %	<0,001	0,48
Teplo	44,1 %	31,5 %	<0,001	0,43
Vlnové jevy	49,6 %	38,2 %	<0,001	0,44
Moderní fyzika	42,5 %	36,5 %	0,003	0,19

Rozdíly ve výsledcích testování chlapců v roce 1995 a 2023 jsou statisticky významné ve všech tematických oblastech. Největší pokles úspěšnosti vidíme v oblasti zaměřené na mechaniku, kde je tento pokles i středně věcně významný.

3.3. Výsledky v úlohách v jednotlivých oblastech

V této části uvedu výsledky v jednotlivých úlohách v dané oblasti a zaměřím se pak zejména na problémové úlohy s nízkou úspěšností a na úlohy, ve kterých se objevovaly časté miskoncepce žáků. Pod pojmem miskoncepce zpravidla myslíme chybnou představu nebo chybné pochopení pojmu, které je mezi lidmi hojně rozšířeno. Typickou žákovskou fyzikální miskonsepce je následující příklad. Žák má dřevěný a kovový předmět o stejné (např. pokojové teplotě) a po dotyku má rozhodnout, jaká je teplota obou předmětů. Žák často odpoví, že ho kov studí, a tudíž

musí mít nižší teplotu než dřevěný předmět. Za pocitem chladu však stojí tepelná vodivost obou materiálů, a ne rozdílná teplota. K odstranění této miskoncepce může pomoci například, že si žák ověří svou domněnku o teplotě obou předmětů pomocí termokamery. Příklad miskoncepce byl zpracován podle zdroje [4].

3.3.1. Úlohy z tematické oblasti mechanika

Tematická oblast mechanika obsahovala celkem 17 úloh¹⁰. Jedenáct úloh bylo uzavřených a šest otevřených. Přehled úloh z mechaniky s jejich charakteristikou a stručným popisem je uveden v Příloze 2, v tabulce 1.

Následující tabulka 8 obsahuje průměrné úspěšnosti všech úloh tematické oblasti mechanika. Úlohy, kde je rozdíl celkové průměrné úspěšnosti za roky 1995 a 2023 statisticky významný, jsou vyznačeny tučně.

¹⁰ Seznam všech úloh v každé tematické oblasti se nachází v příloze.

Tabulka 8: Průměrná úspěšnost žáků v úlohách tematické oblasti mechanika

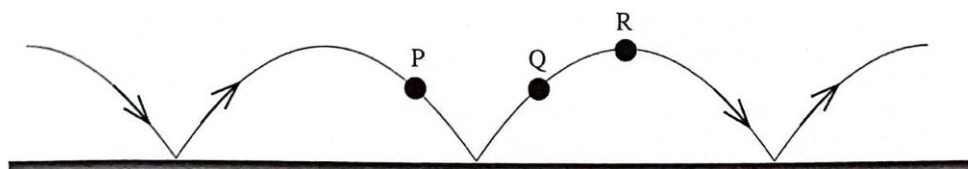
Úloha	Průměrná úspěšnost TIMSS 1995 [%]			Průměrná úspěšnost TIMSS 2023 [%]			p- hodnota
	Celkem	Dívky	Chlapci	Celkem	Dívky	Chlapci	
E03	62,6	51,9	79,3	58,6	49,5	71,9	0,033
E05	79,8	75,9	85,7	74,1	71,6	77,3	0,001
F02	13,4	7,2	23,3	15,1	10,4	22,4	0,525
F04	38,7	30,7	51,5	23,4	18,3	30,5	<0,001
F10	31,2	35,5	24,3	32,3	31,2	35,2	0,749
F17A	34,9	22,3	55,3	13,8	9,1	20,5	<0,001
F17B	7,8	4,8	12,7	3,5	2,2	5,7	0,008
G07	27,9	23,6	33,6	19,6	17,0	23,5	0,007
G08	33,0	31,2	35,3	16,1	13,1	20,8	<0,001
G09	5,4	6,4	4,2	11,3	10,2	12,8	0,006
G12	13,8	8,3	21,0	10,4	6,6	15,9	0,151
G15	4,3	0,6	9,2	1,9	0,0	4,4	0,037
G16	2,9	1,3	5,0	3,9	3,0	5,3	0,470
H01	41,2	40,4	42,6	41,4	43,1	40,1	0,963
H04	19,3	13,3	28,7	20,0	13,7	30,7	0,815
H11 ¹¹	-	-	-	28,4	32,3	23,8	-
H13	17,2	8,4	30,6	11,6	3,8	24,3	0,031

Žáci se v roce 2023 oproti roku 1995 zlepšili v šesti úlohách. Zhoršili se naopak v deseti. V obou šetřeních dopadla nejlépe za tematickou oblast mechanika uzavřená úloha E05, kde bylo třeba určit hloubku studny na základě doby pádu kamene.

¹¹ Úloha H11 nebyla do zpracování výsledků v roce 1995 zařazena.

Nejhůře v oblasti mechanika při testování v roce 2023 dopadla úloha G15. V této otevřené úloze šlo o to, že žáci měli zakreslit do obrázku směr zrychlení míčku odrážejícího se od podlahy v různých bodech jeho trajektorie při zanedbání odporu vzduchu. Úloha měla za cíl otestovat, zda žáci pochopili, co říká druhý Newtonův zákon ve tvaru $\vec{F} = m\vec{a}$. Tento zákon můžeme poněkud neformálně vystihnout heslem: „pokud síla, tak zrychlení a naopak“. Tím pádem, pokud má žák za úkol určit, jaký je směr zrychlení, tak musí v dané situaci najít působící sílu, či výslednici sil. Při zanedbání odporu vzduchu je jedinou silou působící na míček ve vyznačených bodech tíhová síla. Ta působí směrem svisle dolů a stejný směr má i zrychlení.

G15. Na obrázku je znázorněna trajektorie míče, který skáče po podlaze při zanedbatelném odporu vzduchu.



V obrázku znázorněte šipkami směr zrychlení míče v bodech P, Q a R.

P207

Kód Odpověď

Správná odpověď

10 Zrychlení je rovnoběžné s g , šipky směřují dolů v bodech P, Q, R.

Nesprávná odpověď

70 Zrychlení je rovnoběžné s g , směřuje dolů v bodě P, nahoru v bodě Q a v bodě R je nulové.

71 Zrychlení je rovnoběžné s g , směřuje dolů v P, nahoru v Q a nahoru nebo dolů v R.

72 Zrychlení má směr pohybu (alespoň v P a Q). Odpověď u R nerozhoduje.

73 Zrychlení má směr pohybu v P, směr opačný ke směru pohybu v Q. Odpověď u R nerozhoduje.

74 Zrychlení má směr kolmý ke směru pohybu (alespoň v P a Q).

79 Jiná nesprávná odpověď.

Odpověď chybí

90 Přeškrtnutá, vygumovaná, nečitelná nebo neinterpretovatelná odpověď.

99 Žádná odpověď.

Obrázek 1: Úloha G15 ([1])

Na obrázku 1 vidíme přesné zadání úlohy a pod ním i ukázkou kódovacího manuálu, podle kterého se vyhodnocovaly odpovědi žáků k této úloze. Rozložení odpovědí žáků v roce 2023 ukazuje tabulka 9.

Tabulka 9: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze G15

Kód	10	70	71	72	73	74	79	90	99
Absolutní četnost kódu	10	27	18	245	20	9	112	6	93
Relativní četnost kódu [%]	1,9	5,0	3,3	45,4	3,7	1,7	20,7	1,1	17,2

Z tabulky vidíme, že nejčastěji se mezi žákovskými odpověďmi objevovalo, že zrychlení má směr pohybu v bodech P a Q (viz kód 72). To odpovídá časté miskoncepti, že při jakémkoliv pohybu musí vždy působit síla v jeho směru. Dle mého názoru za tuto zakořeněnou miskoncepti může zkušenost žáků z reálného světa, kde odporové síly působí. Pokud chceme například zajistit, aby se bedna, kterou šoupeme po podlaze, pohybovala stálou rychlostí, tak na ni musíme působit silou, která je stejně velká jako výslednice sil odporových (třecí síla, odpor vzduchu) a má opačný směr.

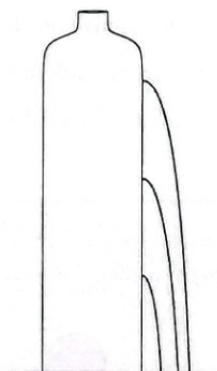
Z tabulky 9 dále vidíme, že pouze 1,9 % žáků dokázalo úlohu vyřešit správně. 17,2 % se ji pak vůbec nepokusilo zodpovědět.

V další neuvolněné úloze (F17B) s velmi nízkou průměrnou úspěšností (3,5 %) bylo třeba odhadnout chybu měření tíhového zrychlení, které bylo určováno v předchozí části úlohy na základě grafu závislosti výšky pádu na druhé mocnině doby pádu. Nízká úspěšnost zde byla dána tím, že 80,7 % žáků úlohu neřešilo.

Obdobně malá úspěšnost (3,9 %) pak byla ještě v úloze (G16), kde měli žáci nalézt a vysvětlit chyby v obrázku znázorňujícím vytékání vody z otvorů v boku láhve, které jsou v různé výšce.

Text úlohy s kódovacím manuálem je na obrázku 2, zastoupení jednotlivých odpovědí pak ukazuje tabulka 10.

G16. Na obrázku je znázorněna obyčejná litrová láhev z umělé hmoty naplněná vodou. V láhvi jsou tři otvory, ze kterých vytéká voda.



Vysvětlete, co je na obrázku špatně.

P201

Kód Odpověď

Správná odpověď

- 20 Odpověď obsahuje tvrzení, že tlak a/nebo vodorovná složka rychlosti vytékající vody se zvyšuje se zvyšující se hloubkou a vzdáleností dopadu praménků na podložku nejsou správně uvedeny.
29 Jiná správná odpověď.

Částečná odpověď

- 10 Odpověď jako u kódu 20, ale obsahuje tvrzení, že pramének z nejspodnějšího otvoru dosáhne nejdále. (To není správně, lze dokázat, že voda z prostředního otvoru dopadne nejdále od láhve).
11 Jako kód 20, ale nejsou zmíněny nesprávné vzdálenosti.
19 Jiné částečně správné odpovědi.

Nesprávná odpověď

- 70 Uvádí, že voda ze všech otvorů dopadne do stejné vzdálenosti od láhve.
71 Uvádí, že se voda ve vodorovném směru vůbec nebude pohybovat.
79 Jiná nesprávná odpověď.

Odpověď chybí

- 90 Přeškrtnutá, vygumovaná, nečitelná nebo neinterpretovatelná odpověď.
99 Žádná odpověď.

Obrázek 2: Úloha G16 ([1])

Tabulka 10: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze G16

Kód	20	29	10	11	19	70	71	79	90	99
Absolutní četnost kódu	21	0	187	59	28	24	10	122	13	76
Relativní četnost kódu [%]	3,9	0,0	34,6	10,9	5,2	4,4	1,9	22,6	2,4	14,1

3.3.2. Úlohy z tematické oblasti elektřina a magnetismus

Tematická oblast elektřina a magnetismus obsahovala v roce 1995 patnáct úloh a v roce 2023 šestnáct úloh. V roce 1995 nebyla do zpracování výsledků zařazena uzavřená úloha F06. Z ostatních úloh bylo šest úloh otevřených a devět uzavřených. Přehled úloh z elektřiny a magnetismu s jejich charakteristikou a stručným popisem je uveden v Příloze 2, v tabulce 2.

Následující tabulka 11 obsahuje průměrné úspěšnosti všech úloh tematické oblasti elektřina a magnetismus. Úlohy, kde je rozdíl celkové průměrné úspěšnosti za roky 1995 a 2023 statisticky významný jsou vyznačeny tučně.

Tabulka 11: Průměrná úspěšnost žáků v úlohách tematické oblasti elektřina a magnetismus

Úloha	Průměrná úspěšnost TIMSS 1995			Průměrná úspěšnost TIMSS 2023			p- hodnota
	Celkem	Dívky	Chlapci	Celkem	Dívky	Chlapci	
E04	85,8	80,8	93,7	82,5	80,4	85,3	0,020
E06	31,8	29,0	36,2	31,4	31,2	31,7	0,813
E09	31,8	30,1	57,3	33,0	32,5	34,3	0,540
F06	-	-	-	9,1	8,2	11,0	-
F08	46,8	40,4	8,7	34,0	33,1	35,7	<0,001
F14	7,1	6,0	4,9	3,9	3,2	5,2	0,051
F16	2,2	0,6	4,9	1,7	0,9	2,9	0,581
G01	25,4	20,4	41,2	25,0	19,7	31,0	0,910
G04	33,0	26,8	26,1	31,3	30,8	31,9	0,628
G17	26,1	26,1	5,0	22,8	20,0	27,0	0,295
G19	2,5	0,6	7,9	5,4	1,6	10,6	0,062
H06	28,5	27,1	15,7	31,5	33,9	27,7	0,379
H08	12,4	10,2	30,6	16,0	14,7	18,8	0,172
H10	16,8	8,4	29,6	22,1	14,1	34,7	0,075
H16	13,5	8,4	21,3	4,2	1,9	7,9	<0,001
H17	5,8	3,0	10,2	3,1	0,3	7,4	0,057

Žáci se oproti roku 1995 zlepšili v pěti úlohách. Zhoršili se naopak v deseti. V obou šetřeních dopadla nejlépe za tematickou oblast elektřina a magnetismus uzavřená úloha E04, kde bylo třeba identifikovat schéma popsaného elektrického obvodu.

Při testování v roce 2023 nejhůře dopadla neuvolněná otevřená úloha F16, která se týkala pohybu nabitě částice v homogenním magnetickém poli. Průměrná úspěšnost žáků v této úloze byla 1,7 %. Zajímavé je, že tuto úlohu se rozhodlo neřešit 63,9 % žáků.

Druhá nejhůře řešená úloha s celkovou průměrnou úspěšností 3,1 % byla úloha H17. Jednalo se opět o otevřenou úlohu, ve které měli žáci vypočítat odpor rezistoru, který je nutný přidat do obvodu, aby v něm mohla svítit žárovka s danými parametry. Text úlohy s kódovacím manuálem je na obrázku 3.

H17. 15 wattová žárovka potřebuje pro svou normální činnost proud 1,7 ampéru. Předpokládejte, že se má použít 12 voltová automobilová baterie. Aby žárovka normálně svítila, je nutno připojit k ní do série rezistor.

Jak velký odpor by měl mít rezistor? (Vnitřní odpor baterie zanedbejte.) Uvedte postup řešení.

P306

Kód	Odpověď
Správná odpověď	
20	$R = 1,9 \Omega$. Začíná výpočtem celkového odporu ($7,1 \Omega$) a/nebo odporu žárovky ($5,2 \Omega$).
21	$R = 1,9 \Omega$. Začíná s výpočtem napětí v žárovce.
29	$R = 1,9 \Omega$. Jiné postupy.
Částečná odpověď	
10	$R = 1,9 \Omega$. Není naznačen žádný postup.
11	Jako kód 20. Správné zdůvodnění, ale chyba ve výpočtu.
12	Jako kód 21. Správné zdůvodnění, ale chyba ve výpočtu.
19	Jiné částečně správné odpovědi. (Poznámka: Tento kód by měl být použit pouze tehdy, když student dospěl k nějakému numerickému řešení úlohy).
Nesprávná odpověď	
70	$R = 12 \text{ V} / 1,7 \text{ A} = 7,1 \Omega$. Výpočet celkového odporu.
71	Výpočet odporu žárovky ($5,2 \Omega$).
72	$R = I/U = 1,7/12 \text{ V} = 0,14 \Omega$. Přehozený vztah $R = U/I$.
79	Jiná nesprávná odpověď.
Odpověď chybí	
90	Přeškrtnutá, vygumovaná, nečitelná nebo neinterpretovatelná odpověď.
99	Žádná odpověď.

Obrázek 3: Úloha H17 ([1])

Rozložení odpovědí žáků na tuto otázku zachycuje tabulka 12.

Tabulka 12: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze H17

Kód	20	21	29	10	11	12	19	70	71	72	79	90	99
Absolutní četnost kódu	6	9	1	0	1	0	2	138	34	1	67	67	198
Relativní četnost kódu [%]	1,1	1,7	0,2	0,0	0,2	0,0	0,4	26,3	6,5	0,2	12,8	12,8	37,8

Z tabulky 12 vidíme, že 37,8 % žáků na úlohu neodpovídalo a 26,3 % žáků volilo odpověď, která se dala vystihnout kódem 70. Žáci tedy pravděpodobně postupovali tak, že znali nebo si na začátku testového sešitu našli vzoreček pro vztah mezi odporem, napětím a proudem a dosadili do něj hodnoty ze zadání bez hlubšího zamyšlení, k jaké části obvodu se dané hodnoty vztahují. Myslím, že této chybě by se dalo předejít, kdyby si žák například nakreslil schéma obvodu a doplnil do něj hodnoty uvedené v zadání.

Poslední úloha z oblasti elektřina a magnetismus, o které bych se ráda zmínila, je otevřená úloha G19. V této úloze měli žáci za úkol vysvětlit, proč hliníkový kroužek padající kolem tyčového magnetu zpomaluje.

Text úlohy s kódovacím manuálem je na obrázku 4, zastoupení jednotlivých odpovědí pak ukazuje tabulka 13.

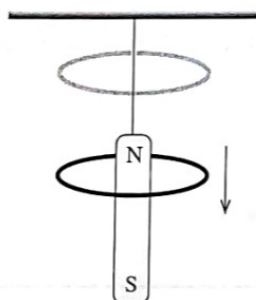
Tabulka 13: Četnost jednotlivých odpovědí na úlohu G19

Kód	20	21	29	10	19	70	79	90	99
Absolutní četnost kódu	13	16	0	12	9	321	34	13	122
Relativní četnost kódu [%]	2,4	3,0	0,0	2,2	1,7	59,4	6,3	2,4	22,6

Vidíme, že 59,4 % žáků odpovědělo, že za zpomalování kroužku může magnetická síla magnetu. Ke správnému vyřešení této úlohy si musejí žáci uvědomit, že všechny kovy nevykazují feromagnetické vlastnosti. V hliníkovém kroužku, který je vodivý,

se pohybem v magnetickém poli začne indukovat elektrický proud. Proud teče takovým směrem, aby jeho magnetické pole kompenzovalo změnu magnetického toku, který způsobil indukování proudu v kroužku. Nejde zde tedy o přitahování nebo odpuzování magnetu a kroužku, ale o interakci dvou magnetických polí. Vysvětlení řešení bylo zpracováno dle zdroje [3].

- G19. Silný tyčový magnet je zavěšen na provázku tak, že jeho severní pól směřuje vzhůru. Lehký hliníkový kroužek, který byl původně přidržen nad magnetem, padá dolů k zemi tak, jak ukazuje obrázek.



Vysvětlete, proč kroužek padá k zemi déle v přítomnosti magnetu než bez něj.

P204

Odpověď může obsahovat následující body:

- Změna magnetického toku během pádu.
- Indukce, tj. indukovaný proud (nebo indukované napětí).
- Síla působící na kroužek ve směru opačném ke směru pohybu.
- Zmenšení zrychlení a tudíž delší doba pádu.

Kód Odpověď

Správná odpověď

- 20 Odpověď uvádí b a c a dodává a a/nebo d.
 21 Uvádí pouze b a c.
 29 Jiné přijatelné odpovědi jako vysvětlení používající zachování energie.

Částečná odpověď

- 10 Uvádí indukci (b) nebo Lenzův zákon, který je nesprávný nebo neúplný nebo bez dalšího zdůvodnění.
 19 Jiné částečně správné odpovědi.

Nesprávná odpověď

- 70 Odpovědi uvádějící tvrzení, že změna doby pádu je způsobena magnetickou silou magnetu. Není zmíněna indukce.
 79 Jiné nepřijatelné odpovědi.

Odpověď chybí

- 90 Přeskrtnutá, vygumovaná, nečitelná nebo neinterpretovatelná odpověď.
 99 Žádná odpověď.

Obrázek 4: Úloha G19 ([1])

3.3.3. Úlohy z tematické oblasti teplo

V tematické oblasti věnované teplu bylo devět úloh. Tři z těchto úloh byly otevřené, šest pak uzavřených. Přehled úloh z oblasti teplo s jejich charakteristikou a stručným popisem je uveden v Příloze 2, v tabulce 3.

Následující tabulka 14 obsahuje průměrné úspěšnosti všech úloh tematické oblasti teplo. Úlohy, kde je rozdíl celkové průměrné úspěšnosti za roky 1995 a 2023 statisticky významný jsou vyznačeny tučně.

Tabulka 14: Průměrná úspěšnost žáků v úlohách tematické oblasti teplo

Úloha	Průměrná úspěšnost TIMSS 1995			Průměrná úspěšnost TIMSS 2023			p- hodnota
	Celkem	Dívky	Chlapci	Celkem	Dívky	Chlapci	
E08	46,3	44,4	49,3	25,0	23,1	28,2	<0,001
F05	79,6	80,7	77,7	59,1	53,6	69,5	<0,001
F12	14,9	7,3	27,2	8,6	5,7	13,3	0,006
G02	41,3	34,4	50,4	40,9	35,1	49,6	0,917
G03	27,5	27,4	27,7	27,0	26,6	27,4	0,880
G11	4,3	3,2	5,9	4,6	3,0	7,1	0,855
H02	60,2	58,4	63,0	49,8	48,2	53,0	0,005
H07	25,5	15,7	40,7	19,5	16,0	24,3	0,047
H14	9,1	4,2	16,7	9,0	5,4	14,9	0,942

Žáci se oproti roku 1995 zlepšili v jedné úloze. Zhoršili se naopak v osmi. V obou šetřeních dopadla nejlépe za tematickou oblast teplo uzavřená úloha F05, kde bylo třeba určit děj, kterým je na Zemi přenášena energie ze Slunce.

Úlohou s nejnižší celkovou průměrnou úspěšností v tematické oblasti teplo za rok 2023 je úloha G11. V této otevřené úloze měli žáci za úkol určit, co se stane s hladinou vody poté, co roztaje všechen led, který byl do vody vložen. Tato úloha naráží na pochopení a aplikaci Archimédova zákona.

Text úlohy s kódovacím manuálem je na obrázku 5, zastoupení jednotlivých odpovědí pak ukazuje tabulka 15.

G11. Hladina vody v malém akváriu dosahuje ke značce A. Potom, co do vody vložíme větší kus ledu, který bude ve vodě plovat, hladina vody vystoupí k nové značce B.

Co se bude dít s hladinou vody, když led bude tát? Vysvětlete, jak jste ke své odpovědi dospěli.

P410

Kód Odpověď

Správná odpověď

20 Hladina ve stejné výši. V odpovědi je uveden fakt, že objem (nebo hmotnost) vody vytlačené ledem jsou rovny objemu (hmotnosti) vody z roztátého ledu (Archimédův zákon).

29 Jiné přijatelné odpovědi.

Částečná odpověď

10 Hladina vody ve stejné výši. Neúplné nebo nesprávné vysvětlení.

11 Hladina ve stejné výši. Žádné vysvětlení.

19 Jiná částečně správná odpověď.

Nesprávná odpověď

70 Hladina se zvedne, bez vysvětlení nebo s vysvětlením.

71 Hladina klesne. Voda má menší objem (větší hustotu) „molekuly jsou blíže k sobě“ než v ledu NEBO led má větší objem (menší hustotu) „molekuly jsou více vzdáleny“ než ve vodě.

72 Hladina klesne. Protože led obsahuje vzduch.

73 Hladina klesne. Jak led taje, hmotnost klesá (nebo mizí).

74 Hladina klesne. S jiným vysvětlením nebo bez vysvětlení.

79 Jiné nepřijatelné odpovědi.

Odpověď chybí

90 Přeškrtnutá, vygumovaná, nečitelná nebo neinterpretovatelná odpověď.

99 Žádná odpověď.

Obrázek 5: Úloha G11 ([1])

Tabulka 15: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze G19

Kód	20	29	10	11	19	70	71	72	73	74	79	90	99
Absolutní četnost kódu	24	1	83	24	1	118	142	1	9	50	16	10	61
Relativní četnost kódu [%]	4,4	0,2	15,4	4,4	0,2	21,9	26,3	0,2	1,7	9,3	3,0	1,9	11,3

Z tabulky 15 vidíme, že žáci nejčastěji odpovídali ve stylu, který vystihuje kód 71. Dále zde uvádím dvě odpovědi, na které jsem narazila při kódování této úlohy.

Autentická chybná odpověď: „Vlivem jedné z anomálií vody, kdy její objem se snižující teplotou zvětší. Led v akváriu dočasně hladinu zvýší až k bodu B, avšak během procesu tání se hladina sníží na úroveň, kdy by se zvýšila pouze dolitím vody o stejné teplotě a množství.“ (odpovídá kódu 71)

Autentická správná odpověď: „Zůstane u značky B. Led bude mít stejnou hmotnost jako voda, která poté roztaje.“ (odpovídá kódu 20)

Jak vidíme, tak v první odpovědi si žák neuvědomuje, že vodu vytlačuje jen ponořená část ledu plavajícího na hladině. Hladina vody opravdu zůstane po roztátí ledu na značce B. Pokud vyjdeme z Archimédova zákona, tak dostaneme rovnost: $F_g = F_{vz}$, kde F_g je tíhová síla působící na led a F_{vz} je vztlaková síla, která na led působí. Po dosazení dostáváme vztah pro hmotnost ledu: $m = \rho_v V_p$, kde ρ_v je hustota vody a V_p je objem ponořené části ledu. Hmotnost ledu po roztátí musí být stejná jako před ním, takže i objem ponořené části ledu se musí rovnat objemu vody, která vznikne z celého ledu po jeho roztátí.

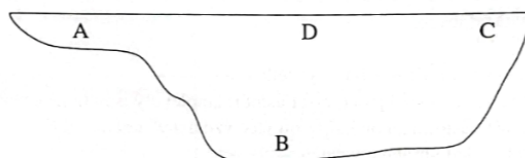
Nízkou úspěšnost (8,6 %) měla i neuvolněná úloha F12, ve které bylo třeba využít kalorimetrickou rovnici k výpočtu výsledné teploty soustavy tvořené hliníkovou nádobou a vodou, kterou do ní nalijeme. Pětina žáků sice nějak napsala vztah pro přijaté a odevzdané teplo, ale výpočet už dále neprovedla nebo byl chybný. Téměř třetina žáků úlohu vůbec neřešila.

Další úloha, kterou bych chtěla zmínit, je úloha H14. Jedná se o otevřenou úlohu, kde je na obrázku zaznačených několik míst v jezeře a žáci mají rozhodnout, ve kterém místě je v zimě při mrazu nejteplejší voda. Text úlohy s kódovacím manuálem je na obrázku 6, zastoupení jednotlivých odpovědí pak ukazuje tabulka 16.

Tabulka 16: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze H14

Kód	20	29	10	11	19	70	71	72	73	76	79	90	99
Absolutní četnost kódu	44	3	20	120	32	46	20	9	74	36	71	2	47
Relativní četnost kódu [%]	8,4	0,6	3,8	22,9	6,1	8,8	3,8	1,7	14,1	6,9	13,5	0,4	9,0

H14. Na obrázku je znázorněn svislý řez horským jezerem. V zimě klesá teplota pod bod mrazu a zůstává pod bodem mrazu 3 měsíce.



Všechna voda v jezeře nezmrzne. Která část jezera (A, B, C nebo D) zůstane nejteplejší? Vysvětlete.

P110

Kód Odpověď

Správná odpověď

20 B. Odpověď uvádí skutečnost, že voda má největší hustotu (nebo že je nejtěžší) při 4 °C.

29 Jiné přijatelné odpovědi.

Částečná odpověď

10 B. Uvádí, že voda v B má 4 °C a nezmiňuje se o hustotě.

11 B. Uvádí, že led bude tuto část vody izolovat a/nebo, že voda je špatný vodič tepla.

19 Jiné částečně správné odpovědi.

Nesprávné odpověď

70 B. Bez vysvětlení.

71 B. Nesprávné vysvětlení poukazující na teplo ze země (blíže k zemskému středu).

72 B. Uvádí tvrzení, že teplá voda je těžší než studená.

73 A/B/C bez nebo s vysvětlením.

76 Pouze opakuje informaci uvedenou v zadání úlohy.

79 Jiné neakceptovatelné odpovědi.

Odpověď chybí

90 Přeskrtnutá, vygumovaná, nečitelná nebo neinterpretovatelná odpověď.

99 Žádná odpověď.

Obrázek 6: Úloha H14 ([1])

Úloha měla celkovou úspěšnost 9,0 %. V této úloze jsme se potýkali s problémem my opravovatelé. Část českých žáků totiž v odpovědích používala termín „anomálie vody“. Tento typ odpovědi přímo nevystihuje žádný z kódů v kódovacím manuálu. Anomálie vody sice souvisí s její hustotou, nicméně nedá se z ní poznat, zda žák pojmu rozumí a ví, co je jím myšleno anebo jen slepě odpovídá souslovím, které si pamatuje z poznámek. Nakonec jsme se rozhodli, že tento typ odpovědi budeme kódovat jako částečně správnou.

3.3.4. Úlohy z tematické oblasti vlnové jevy

Tematická oblast zaměřující se na vlnové jevy obsahovala jedenáct úloh. Pět z těchto úloh bylo otevřených a šest uzavřených. Přehled úloh z oblasti vlnové jevy s jejich charakteristikou a stručným popisem je uveden v Příloze 2, v tabulce 4.

Následující tabulka 17 obsahuje průměrné úspěšnosti všech úloh tematické oblasti vlnové jevy. Úlohy, kde je rozdíl celkové průměrné úspěšnosti za roky 1995 a 2023 statisticky významný jsou vyznačeny tučně.

Tabulka 17: Průměrná úspěšnost žáků v úlohách tematické oblasti vlnové jevy

Úloha	Průměrná úspěšnost TIMSS 1995			Průměrná úspěšnost TIMSS 2023			p- hodnota
	Celkem	Dívky	Chlapci	Celkem	Dívky	Chlapci	
E01	73,7	72,0	76,3	75,7	75,9	74,9	0,249
E10	29,5	19,5	45,1	20,7	14,4	30,4	<0,001
F01	37,9	38,6	36,9	37,2	38,5	36,2	0,837
F11	38,8	29,1	54,4	33,3	27,8	42,4	0,121
F13	50,6	45,1	59,2	29,7	26,5	35,7	<0,001
G05	37,0	29,9	46,2	29,1	26,9	32,7	0,022
G13	4,0	2,5	5,9	9,3	5,9	14,2	0,007
H09	19,0	7,2	37,0	20,2	15,0	28,7	0,674
H12	12,8	5,4	24,1	10,1	5,4	17,8	0,255
H19A	7,7	1,8	16,7	4,0	0,6	9,4	0,028
H19B	37,6	24,2	58,5	22,1	15,3	32,7	<0,001

Z tabulky 17 vidíme, že se žáci oproti roku 1995 zlepšili ve třech úlohách. Zhoršili se naopak v osmi. V obou šetřeních dopadla nejlépe za tematickou oblast vlnové jevy uzavřená úloha E01, v níž se srovnávaly vlastnosti dvou hudebních tónů zobrazených na osciloskopu.

V oblasti týkající se vlnových jevů mě překvapilo, že úloha s nejnižší úspěšností za rok 2023 je úloha H19A. Jedná se totiž o otevřenou úlohu, kde měli žáci navrhnout experiment pro měření rychlosti zvuku.

Text úlohy s kódovacím manuálem je na obrázku 7, zastoupení jednotlivých odpovědí pak ukazuje tabulka 18.

H19.

- (a) Stručně nastiňte pokus, který by mohla Zuzana provést ve škole, v němž by využila ozvěny od stěny školní budovy pro změření rychlosti zvuku. Uveďte potřeby, které by k tomu měla mít, a měření a výpočty, které by měla provést.
- (b) V Zuzanině třídě provedly čtyři skupiny studentů pokus, který jste popsali. Každá skupina obdržela jinou odpověď. Uveďte jeden důvod, proč k tomu mohlo dojít.

P403

H19A

Kód Odpověď

Správná odpověď

20 Odpověď zmiňuje všechny tři body:

i) Potřebné pomůcky.

ii) Popis měření vzdálenosti a času.

iii) Výpočet: $\text{Rychlost} = \text{vzdálenost} / \text{čas}$ (včetně zahrnutí vzdálenosti od zdroje ke zdi 2-krát).

29 Jiné přijatelné metody jako užití interferenčních jevů.

Částečná odpověď

10 Zmiňuje pouze dva z uvedených bodů, opomíjí i.

11 Zmiňuje pouze dva z uvedených bodů, opomíjí ii.

12 Zmiňuje pouze dva z uvedených bodů, opomíjí iii.

13 Zmiňuje všechny tři body, ale dopouští se chyby v iii, např. opomine zahrnout vzdálenost zdroj-zeď dvakrát (nebo má chybu ve vzorci)

19 Jiné částečně správné odpovědi.

Nesprávná odpověď

70 Dva z bodů nejsou přijatelně popsány.

79 Jiné nepřijatelné odpovědi.

Odpověď chybí

90 Přeskrtnutá, vygumovaná, nečitelná nebo neinterpretovatelná odpověď.

99 Žádná odpověď.

Obrázek 7: Úloha H19A ([1])

Osobně jsem čekala, že tento typ úkolu bude žákům vyhovovat, protože mohou zapojit svoji kreativitu a nejedná se pouze o aplikování fyzikální vlastnosti nebo počítání se vzorečky. Ukázalo se ale, že žáci pravděpodobně nejsou zvyklí s takovým zadáním pracovat.

Tabulka 18: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze H19A

Kód	20	29	10	11	12	13	19	70	79	90	99
Absolutní četnost kódu	21	0	6	6	13	15	2	26	123	34	278
Relativní četnost kódu [%]	4,0	0,0	1,1	1,1	2,5	2,9	0,4	5,0	23,5	6,5	53,1

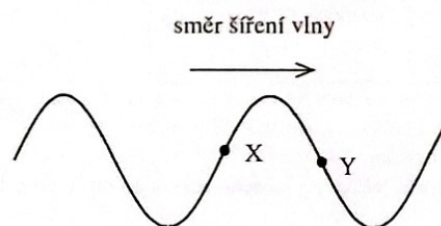
Zarazilo mě, že na úlohu se vůbec nepokusilo odpovědět 53,1 % žáků. Průměrná úspěšnost odpovědí na tuto úlohu je 4,0 %. Při kódování jsem narazila na jednu žakovskou odpověď, ve které stálo: „Nejsem učitel fyziky, tudíž nejsem schopen

vymyslet pokus, takže asi smůla.“ Na základě této odpovědi se domnívám, že žák v hodinách fyziky buďto nezažil moc pokusů, které by si mohl realizovat sám, nebo nepochopil, že trénování řešení fyzikálních problémů ve škole mu může následně pomoci řešit i jiné úkoly, které nemusejí mít s fyzikou nic společného.

Nízkou úspěšnost (9,3 %) měla i neuvolněná otevřená úloha G13, v níž bylo potřeba popsat, jak se mění z pohledu stojícího pozorovatele frekvence zvuku houkajícího auta, které ho stálou rychlostí míjí. Polovina žáků se domnívala, že frekvence se průběžně mění, čím více se auto blíží, tím více se zvyšuje a při vzdalování se postupně snižuje.

Jen desetina žáků dokázala správně zakreslit v úloze H12 směr pohybu dvou bodů na vlně šířící se provazem. Text úlohy a kódovacím manuálem je na obrázku 8. Četnost odpovědí zachycuje tabulka 19.

H12. Obrázek ukazuje vlnu, která se šíří po provaze směrem doprava.



V bodě X a v bodě Y vyznačte šipkou směr pohybu těchto dvou bodů v okamžiku zachyceném na obrázku.

Kód Odpověď

Správná odpověď

10 Šipky směrem dolů v bodě X a směrem nahoru v bodě Y.

Nesprávná odpověď

70 Šipky směrem nahoru v X, dolů v Y.

71 Šipky směrem doprava v bodech X i Y.

72 Šipky ve směru pohybu provazu v bodech X i Y.

79 Jiná nesprávná odpověď.

Odpověď chybí

90 Přeskrtnutá, vygumovaná, nečitelná nebo neinterpretovatelná odpověď.

99 Žádná odpověď.

Obrázek 8: Úloha H12 ([1])

Tabulka 19: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze H12

Kód	10	70	71	72	79	90	99
Absolutní četnost kódu	53	82	18	227	91	0	53
Relativní četnost kódu [%]	10,1	15,6	3,4	43,3	17,4	0,0	10,1

Z tabulky 19 vidíme, že přes 40 % žáků zakreslilo šipky tečně k provazu ve směru jeho pohybu.

3.3.5. Úlohy z tematické oblasti moderní fyzika

V tematické oblasti věnované moderní fyzice v roce 1995 žáci řešili 14 úloh, v roce 2023 byla vyřazena otevřená úloha H18 a zůstalo tedy 13 úloh. Důvod vyřazení je popsán v úvodu kapitoly 2. 5. Z těchto 13 úloh byly čtyři otevřené a devět pak uzavřených. Přehled úloh z oblasti moderní fyziky s jejich charakteristikou a stručným popisem je uveden v Příloze 2, v tabulce 5.

Následující tabulka 20 obsahuje průměrné úspěšnosti všech úloh tematické oblasti moderní fyzika. Úlohy, kde je rozdíl celkové průměrné úspěšnosti za roky 1995 a 2023 statisticky významný jsou vyznačeny tučně.

Tabulka 20: Průměrná úspěšnost žáků v úlohách tematické oblasti moderní fyzika

Úloha	Průměrná úspěšnost TIMSS 1995			Průměrná úspěšnost TIMSS 2023			p- hodnota
	Celkem	Dívky	Chlapci	Celkem	Dívky	Chlapci	
E02	39,9	32,5	51,4	49,8	45,0	57,2	<0,001
E07	39,3	33,1	48,8	43,1	41,8	45,9	0,047
F03	32,3	24,7	44,7	29,4	26,8	32,4	0,387
F07	72,9	71,7	74,8	52,8	50,2	55,7	<0,001
F09	24,9	24,1	26,2	26,6	25,9	28,6	0,610
F15	8,2	1,8	18,4	3,3	1,6	6,2	0,003
G06	39,9	32,5	49,6	37,4	27,9	50,0	0,497
G10	26,8	21,7	33,6	19,8	20,0	19,9	0,023
G14	13,8	8,3	21,0	5,4	3,6	8,0	<0,001
G18	1,8	1,3	2,5	3,0	1,0	5,8	0,326
H03	42,0	36,1	50,9	27,1	24,0	32,7	<0,001
H05	55,1	47,6	66,7	42,2	38,7	48,5	<0,001
H15	26,3	19,3	37,0	16,2	11,8	23,8	0,001
H18	12,4	7,2	20,4	-	-	-	-

Z tabulky 20 vidíme, že se žáci oproti roku 1995 zlepšili ve čtyřech úlohách. Zhoršili se naopak v devíti. V obou šetřeních dopadla nejlépe za tematickou oblast postihující moderní fyziku uzavřená úloha F07, která se týkala určení příčiny menší kinetické energie vyslaného elektronu v porovnání s kinetickou energií dopadajícího fotonu při fotoelektrickém jevu.

V části zabývající se moderní fyzikou nejhůře dopadla otevřená úloha G18. V této úloze měli žáci vysvětlit, proč většina alfa částic, které dopadají na tenkou fólii zlata, projde skrz fólii.

Text úlohy s kódovacím manuálem je na obrázku 9, zastoupení jednotlivých odpovědí pak ukazuje tabulka 21.

G18. Svazek částic alfa je nasměrován na velmi tenkou fólii ze zlata.

Vysvětlete, proč většina alfa částic prochází fólií.

Kód Odpověď

Správná odpověď

20 Uvádí, že průměr atomu zlata (nebo vzdálenost mezi jádry) je obrovský ve srovnání s průměrem jádra a alfa částice. (Srážky s elektrony dráhu alfa částice významně neovlivní).

29 Jiné správné odpovědi.

Částečná odpověď

10 Zmiňuje obecně volný prostor uvnitř atomu zlata, ale neuvádí nebo velmi neúplně srovnává jednotlivé velikosti.

19 Jiné částečně správné odpovědi.

Nesprávná odpověď

70 Uvádí pouze skutečnost, že alfa částice mají velkou (kinetickou) energii (velkou rychlost).

71 Uvádí, že je mnoho volného prostoru mezi atomy.

72 Kombinace kódů 70 a 71.

73 Poukazuje na vlnovou povahu (vlnovou délku) alfa částic.

74 Poukazuje na krystalovou strukturu zlata.

79 Jiná nesprávná odpověď.

Odpověď chybí

90 Přeškrtnutá, vygumovaná, nečitelná nebo neinterpretovatelná odpověď.

99 Žádná odpověď.

Obrázek 9: Úloha G18 ([1])

Tabulka 21: Četnost jednotlivých odpovědí na úlohu G18

Kód	20	29	10	19	70	71	72	73	74	79	90	99
Absolutní četnost kódu	16	0	13	12	8	20	1	5	2	176	44	243
Relativní četnost kódu [%]	3,0	0,0	2,4	2,2	1,5	3,7	0,2	0,9	0,4	32,6	8,1	45,0

Úspěšnost úlohy G18 byla 3,0 %. Na tuto úlohu se nepokusilo odpovědět 45 % žáků. Nicméně při opravování jsme narazili na jednu moc pěknou žákovskou analogii. Dotyčný žák srovnával nálet alfa částice na fólii zlata s míčem vykopnutým do lesa. Malou alfa částici zde představoval míč a větší jádra zlata byla reprezentována stromy. Žák dále uváděl, že existuje pravděpodobnost, že míčem (alfa částicí) trefí strom (jádro zlata) a míč se odrazí zpět, ale ta pravděpodobnost je mnohem menší než pravděpodobnost situace, kdy se trefí míčem do prostoru mezi stromy (prostor elektronového obalu zlata) a míč proletí dál.

Další úlohou s velmi nízkou úspěšností (3,3 %) byla neuvolněná otevřená úloha F15, v níž měli žáci na základě uvedených hodnot výstupní práce pro fotoelektrický jev určit kov, který bude při dopadu světla o zadané vlnové délce uvolňovat elektrony a své řešení vysvětlit. Polovina žáků úlohu vůbec neřešila, třetina odpovědí spadala pod „Jiné nepřijatelné.“.

Žáci si nedokázali příliš poradit ani s otevřenou úlohou G14, úspěšnost zde byla jen 5,4 %. Znění úlohy s kódovacím manuálem je na obrázku 10. Tabulka 22 pak zachycuje četnosti odpovědí.

G14. Nakreslete obrázek, který ukazuje trajektorie alfa částic, elektronů a paprsků gama procházejících mezi dvěma kovovými deskami, mezi nimiž je vysoké napětí a jsou umístěny ve vakuu.

P308

Kód Odpověď

Správná odpověď

10 Alfa částice jsou odchylovány směrem k záporně nabitě desce, elektrony směrem ke kladně nabitě desce a paprsky gama nejsou vůbec vychylovány.

11 Alfa částice a elektrony jsou vychylovány v opačných směrech, paprsky gama nejsou vychylovány. Náboje desek nejsou uvedeny nebo nejsou zakresleny desky.

Nesprávná odpověď

70 Částice alfa a elektrony jsou prohozeny. Gamma paprsky jsou správně.

71 Gamma paprsky jsou vychýleny nebo nejsou uvedeny vůbec. Zbytek je správně.

72 Elektrony jsou vychýleny nesprávně nebo nejsou uvedeny vůbec, zbytek správně.

73 Alfa částice jsou vychýleny nesprávně nebo nejsou uvedeny, zbytek správně.

79 Jiné nesprávné odpovědi.

Odpověď chybí

90 Přeškrtnutá, vygumovaná, nečitelná nebo neinterpretovatelná odpověď.

99 Žádná odpověď.

Obrázek 10: Úloha G14 ([1])

Tabulka 22: Četnost jednotlivých odpovědí na úlohu G14

Kód	10	11	70	71	72	73	79	90	99
Absolutní četnost kódu	24	5	2	3	2	6	156	66	276
Relativní četnost kódu [%]	4,4	0,9	0,4	0,6	0,4	1,1	28,9	12,2	51,1

Nízká úspěšnost je daná i vysokou neřešeností úlohy, přes 50 %. Téměř 30 % odpovědí pak spadalo do kategorie „Jiné nepřijatelné.“.

3.4. Nejlépe a nejhůře řešené úlohy v šetření 2023 a 1995

Následující tabulka ukazuje, kolik úloh žáci vyřešili s celkovou průměrnou úspěšností více než 50 % a 75 % a s průměrnou úspěšností menší než 25 % a 10 % za obě šetření. Z tohoto srovnání jsou vyřazeny úlohy F06, H11 a H18, protože nebyly součástí testů alespoň v jednom šetření.

Tabulka 23: Počty úloh s celkovou průměrnou úspěšností větší než 50 %, 75 % a menší než 25 %, 10 %

Celková průměrná úspěšnost	Počet úloh v roce 1995	Počet úloh v roce 2023	Počet úloh v roce 1995 i 2023
>75 %	3	2	1
>50 %	9	6	6
<25 %	26	36	25
<10 %	14	16	13

Úloha s největší průměrnou úspěšností v obou testováních byla již zmiňovaná uzavřená úloha E04 z oblasti elektřina a magnetismus, kde bylo třeba identifikovat schéma popsaného elektrického obvodu. Tato úloha měla celkovou průměrnou úspěšnost 85,8 % v roce 1995 a v roce 2023 to bylo 82,5 %. Další v pořadí byla uzavřená úloha E05 z mechaniky (určení hloubky studny na základě doby pádu kamene) s celkovou průměrnou úspěšností 79,8 % v roce 1995 a 74,1 % v roce 2023. Třetí nejúspěšnější byla uzavřená úloha E01 z oblasti vlnění (srovnání vlastností dvou hudebních tónů zobrazených na osciloskopu) s celkovou průměrnou úspěšností 73,7 % v roce 1995 a 75,7 % v roce 2023.

Úloha s nejmenší celkovou průměrnou úspěšností v obou testováních byla otevřená úloha F16. Jedná se o úlohu z tematické oblasti elektřina a magnetismus, kde měli žáci za úkol dokázat, že doba oběhu nabitě částice po kružnici v homogenním magnetickém poli kolmo ke směru indukčních čar nezávisí na její rychlosti. Tato úloha měla celkovou průměrnou úspěšnost v roce 1995 2,2 % a v roce 2023 1,7 %. Druhá a třetí úloha s nejmenší celkovou průměrnou úspěšností byly po řadě úlohy G18 s celkovou průměrnou úspěšností v roce 1995 1,8 % a v roce 2023 3,0 % a G15 s celkovou průměrnou úspěšností v roce 1995 4,3 % a v roce 2023 1,9 %. Obě tyto úlohy byly otevřené. Úloha G18 spadá do tematické oblasti zaměřené na moderní

fyziku a žáci v ní měli za úkol vysvětlit, proč většina alfa částic ze svazku těchto částic nasměrovaného na tenkou folii zlata prochází skrz tuto folii.¹² V úloze G15, spadající do tematické oblasti mechanika, měli žáci za úkol znázornit směr zrychlení v různých bodech trajektorie skákajícího míče po podlaze (bez odporu vzduchu).¹³

Žáci řešící testy v roce 2023 se významně zlepšili oproti žákům, kteří řešili testy v roce 1995, ve třech úlohách. Významně se zhoršili ve 30 úlohách. První úloha s největším rozdílem v průměrné úspěšnosti je uzavřená úloha E08 (zhoršení v roce 2023 o 21,3 %). Tato úloha spadá do tematické oblasti teplo a žáci v ní měli za úkol odhadnout počet molekul ve vzduchu v místnosti. Druhá úloha s největším rozdílem v průměrné úspěšnosti je otevřená úloha F17A (zhoršení v roce 2023 o 21,2 %). Tato úloha spadá do tematické oblasti mechanika a žáci v ní měli za úkol vypočítat hodnotu tíhového zrychlení za použití hodnot uvedených v grafu závislosti výšky pádu předmětu na druhé mocnině času. Třetí úloha s největším rozdílem v průměrné úspěšnosti je otevřená úloha F13 (zhoršení v roce 2023 o 20,8 %). Tato úloha spadá do tematické oblasti vlnové jevy a žáci v ní měli za úkol vypočítat vlnové délky vln v mělké vodě na základě známé vlnové délky vln v hluboké vodě a známých hodnot rychlosti pohybu vln na vodní hladině v mělké a v hluboké vodě. Úlohy, ve kterých se žáci nejvíce zlepšili, jsou úlohy: E02 (zlepšení v roce 2023 o 9,8 %), G09 (zlepšení v roce 2023 o 5,9 %) a H10 (zlepšení v roce 2023 o 5,3 %). Všechny tyto úlohy jsou uzavřené s výběrem odpovědi. Úloha E02 spadá do tematické oblasti moderní fyzika a žáci v ní měli za úkol určit poločas rozpadu thoria, je-li udána jeho počáteční hmotnost, doba, po kterou se thorium rozpadalo, a hmotnost nezměněného thoria. Úloha G09 spadá do tematické oblasti mechanika a žáci v ní měli za úkol určit správný obrázek znázorňující skutečné síly působící na chlapce stojícího u stěny otáčejícího se válce. Poslední zmíněná úloha H10 spadá do tematické oblasti elektřina a magnetismus a žáci v ní měli za úkol identifikovat správný náčrt vektorového součtu elektrických sil působících na jednu ze tří malých nabitých kuliček rozmístěných v rovině.

¹² Zadání úlohy G18 i s kódovacím manuálem se nachází v kapitole 3.3.5.

¹³ Zadání úlohy G15 i s kódovacím manuálem se nachází v kapitole 3.3.1.

Za malou průměrnou úspěšností stojí v řadě otevřených úloh zejména velké procento vynechaných odpovědí. Při testování v roce 2023 jich bylo 46,1 %, v roce 1995 to bylo 31,6 %.

Závěr

V práci jsem prezentovala výsledky opakovaného fyzikálního testu TIMSS řešeného žáky posledních ročníků českých gymnázií v roce 2023. Pracovala jsem s korigovaným vzorkem, který se skládal z odpovědí 1602 žáků ze 72 gymnázií. K tomu jsem pro srovnání měla odpovědi z původního testování z roku 1995, kde se do testování zapojilo 90 gymnázií. Fyzikální test tehdy řešilo 819 žáků a 269 žáků řešilo pouze 10 uzavřených otázek v testovém sešitě zaměřeném na přírodovědnou a matematickou gramotnost a úlohy z matematiky.

Celková průměrná úspěšnost žáků v roce 2023 se oproti roku 1995 významně zhoršila. Žáci také řešili úlohy významně hůře ve všech pěti tematických oblastech (mechanika, elektřina a magnetismus, teplo, vlnové jevy a moderní fyzika). Největší propad průměrné úspěšnosti zaznamenala tematická oblast zaměřená na teplo a na mechaniku. Při srovnání odpovědí podle pohlaví se chlapci oproti roku 1995 významně zhoršili ve všech tematických oblastech, dívky se pak významně zhoršily ve všech tematických oblastech kromě moderní fyziky, kde sice stále dosáhli mírně vyšší průměrné úspěšnosti v roce 1995, rozdíl však není statisticky významný. Za významný pokles průměrné úspěšnosti v otevřených úlohách může i velký podíl nezodpovězených úloh. Pouze jedna úloha měla průměrnou úspěšnost více než 75 % v obou šetřeních, 13 úloh mělo pak průměrnou úspěšnost menší než 10 % v obou šetřeních.

Seznam použité literatury

- [1] Jana Palečková, Vladislav Tomášek, Eva Straková (1999). *Třetí mezinárodní výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání test z matematiky a fyziky pro středoškoláky*. Ústav pro informace ve vzdělávání. Praha.
- [2] Česká školní inspekce. *Zapojení České republiky do šetření TIMSS* (online). (cit. 2023-11-03). Dostupné z: [https://www.csicr.cz/cz/Mezinarodni-setreni/TIMSS/Archiv-\(1\)](https://www.csicr.cz/cz/Mezinarodni-setreni/TIMSS/Archiv-(1))
- [3] *Sbírka fyzikálních pokusů* (online). (cit. 2024-06-29). Dostupné z: <https://fyzikalnipokusy.cz/986/levitujici-krouzek---demonstrace-lenzova-zakona>
- [4] Kolektiv autorů KDF MFF UK. *Typické žákovské představy ve výuce fyziky* (online). (cit. 2024-06-29). Dostupné z: https://kdf.mff.cuni.cz/~kekule/typicke_predstavy_zaku.pdf
- [5] Petra Pschotnerová, Dana Mandíková a Martin Chvál. *Results of Czech gymnasium students in the TIMSS Advanced 1995 specialized physics test repeated in 2023*. *Scientia in education* – přijato k publikaci.
- [6] Petr Soukup (2013). *Věcná významnost výsledků a její možnosti měření*. Fakulta sociálních věd, Univerzita Karlova v Praze.
- [7] Jacob Cohen (1988). *Statistical power analysis for the behavioral science* (2nd ed.) (online). Dostupné z: <https://www.utstat.toronto.edu/~brunner/oldclass/378f16/readings/CohenPower.pdf>

Seznam tabulek

Tabulka 1: Časový přehled realizovaných šetření výzkumu TIMSS.....	3
Tabulka 2: Struktura vzorku podle pohlaví a testového sešitu	7
Tabulka 3: Srovnání průměrné úspěšnosti žáků podle tematických oblastí	9
Tabulka 4: Srovnání průměrné úspěšnosti žáků v roce 1995 podle pohlaví.....	10
Tabulka 5: Srovnání průměrné úspěšnosti žáků podle pohlaví v roce 2023	10
Tabulka 6: Srovnání průměrné úspěšnosti dívek z roku 1995 a 2023	11
Tabulka 7: Srovnání průměrné úspěšnosti chlapců z roku 1995 a 2023.....	11
Tabulka 8: Průměrná úspěšnost žáků v úlohách tematické oblasti mechanika.....	13
Tabulka 9: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze G15.....	15
Tabulka 10: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze G16.....	16
Tabulka 11: Průměrná úspěšnost žáků v úlohách tematické oblasti elektřina a magnetismus.....	17
Tabulka 12: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze H17	19
Tabulka 13: Četnost jednotlivých odpovědí na úlohu G19.....	19
Tabulka 14: Průměrná úspěšnost žáků v úlohách tematické oblasti teplo	21
Tabulka 15: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze G19.....	22
Tabulka 16: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze H14.....	23
Tabulka 17: Průměrná úspěšnost žáků v úlohách tematické oblasti vlnové jevy	25
Tabulka 18: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze H19A.....	26

Tabulka 19: Četnost jednotlivých odpovědí v úloze H12.....	28
Tabulka 20: Průměrná úspěšnost žáků v úlohách tematické oblasti moderní fyzika.	29
Tabulka 21: Četnost jednotlivých odpovědí na úlohu G18.....	30
Tabulka 22: Četnost jednotlivých odpovědí na úlohu G14.....	31
Tabulka 23: Počty úloh s celkovou průměrnou úspěšností větší než 50 %, 75 % a menší než 25 %, 10 %	32

Přílohy

Příloha 1: Seznam škol zapojených do testování 2023

Seznam škol zapojených do testování 2023	
Gymnázium, Kremnická 98, Kutná Hora	Wichterlovo gymnázium, Čs. Exilu 669, Ostrava-Poruba
Gymnázium Kralovická 668 Brandýs n/L.- St. Boleslav	Gymnázium, Mánesova 907, Otrokovice
Gymnázium Křenová 304/36 Brno	Gymnázium, Dašická 1083, Pardubice
Gymnázium Slovanské nám. 1804/7 Brno- Královo Pole	Gymnázium Luďka Pika, Opavská 21, Plzeň
Soukromé gymnázium Mojžírovo nám. 67/10 Brno	Gymnázium, Mikulášské náměstí 808/23, Plzeň
Gymnázium Matyáše Lercha Žižkova 980/55 Brno-střed	Gymnázium Jiřího z Poděbrad, Studentská 166, Poděbrady
Gymnázium tř. kpt. Jaroše 1829/14 Brno	Gymnázium, nábřeží Svobody 306, Polička
Gymnázium Masarykova 248 Čáslav	Akademické gymnázium, Štěpánská 22, Praha 1
Gymnázium Vítězná 616 Český Brod	Gymnázium, Voděradská 2/900, Praha 10
Gymnázium Komenského náměstí 4 Děčín	Gymnázium na Pražačce, Nad Ohradou 2825/23, Praha 3 - Žižkov
Gymnázium Pulická 779 Dobruška	Gymnázium, Písnická 760/11, Praha 4
Gymnázium J. A. Komenského 328/2 Havířov - Město	Gymnázium, Zborovská 621/45, Praha 5 - Smíchov
Havlíčkovo gymnázium, Štáflova 2063, Havlíčkův Brod	Gymnázium, Nad alejí 1952/5, Praha 6
Gymnázium Jiráskova 617 Hořovice	Gymnázium, Nad štolou 1/1510, Praha 7
Gymnázium Zborovská 6 Hranice	Gymnázium, Pernerova 25, Praha 8 - Karlín
Gymnázium Mostecká 3000 Chomutov	Gymnázium, Litoměřická 726/17, Praha 9 - Prosek
Gymnázium J. Ressela Olbrachtova 291 Chrudim	Gymnázium, Špitálská 2/700, Praha 9 - Vysočany
Gymnázium J. Blahoslava Lány 859/2 Ivančice	Gymnázium Jakuba Škody, Komenského 29, Přerov
Gymnázium J. Komenského 281 Jeseník	Gymnázium, Legionářů 402, Příbram
Gymnázium Jana Masaryka 1 Jihlava	Gymnázium, Koryčanské paseky 1725, Rožnov pod Radhoštěm
Gymnázium 5. května 620 Kadaň	Masarykovo klasické gymnázium, Tábořská 1685, Říčany u Prahy
Dvořákovo gymnázium Dvořákovo náměstí 800 Kralupy nad Vltavou	Gymnázium, Máchova 174, Strakonice
Gymnázium Masarykovo náměstí 8 Kroměříž	Purkyňovo gymnázium, Masarykova 379, Strážnice
Klvaňovo gymnázium, třída Komenského 549/23, Kyjov	Gymnázium, Školní 305, Tanvald

Gymnázium, nám. Jana Marka Marků 113, Lanškroun	Gymnázium, Československých dobrovolců 530/11, Teplice
Gymnázium F. X. Šaldy, Partyzánská 530/3, Liberec	Gymnázium, Na Hrádku 20, Tišnov
Gymnázium, Studentská 640, Litvínov	Gymnázium, Jiráskovo náměstí 325, Trutnov
Gymnázium, Komenského 273/7, Mikulov	Gymnázium, Na sadech 308, Třeboň
Gymnázium, Masarykova 183, Milevsko	Gymnázium, Komenského 713, Třinec
Gymnázium, Palackého 211, Mladá Boleslav	Gymnázium, Velehradská třída 218, Uherské Hradiště
Gymnázium, Dr. Šmerala 26, Moravská Ostrava	Gymnázium JAK a JŠ s právem SJZ, Komenského 169, Uherský Brod
Gymnázium, Svitavská 16, Moravská Třebová	Gymnázium, T. G. Masaryka 106, Ústí nad Orlicí
Gymnázium, Komenského 77, Nový Bydžov	Gymnázium, Severní 968, Vlašim
Slovanské gymnázium, tř. Jiřího z Poděbrad 13, Olomouc	Masarykovo gymnázium, Tyršova 1069, Vsetín
Gymnázium, Tomkova 45, Olomouc - Hejčín	Gymnázium, Komenského 16/5, Vyškov
Gymnázium, Fr. Hajdy 1429/34, Ostrava - Hrabůvka	Gymnázium, Lesní čtvrť III 1364, Zlín
Gymnázium, Neumannova 1693/2, Žďár nad Sázavou	

Příloha 2: Seznamy úloh rozdělených po tematických oblastech

Tabulka 1: Seznam úloh z tematického okruhu Mechanika

ÚLOHA	TYP	OBSAH	OPERACE	POPIS ÚLOHY
E03	výběr	dynamika pohybu	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	zjistit velikost síly napínající v určitém místě vlákno se zavěšenými předměty
E05	výběr	čas, prostor a pohyb	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	zjistit hloubku studny na základě doby padání kamene
F02	výběr	dynamika pohybu	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	určit velikost síly udané jedním ze dvou spojených siloměrů na základě akce a reakce
F04	výběr	dynamika pohybu	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	stanovení rychlosti letadla v nejvyšším bodě jeho kružnicové trajektorie ve svislé rovině
F10	výběr	čas, prostor a pohyb	interpretace dat	přiřazení správného grafu závislosti rychlosti na čase vystihujícího pohyb míče padajícího ve vzduchu
F17A	dlouhá	čas, prostor a pohyb	interpretace získaných dat	výpočet hodnoty tíhového zrychlení za použití hodnot uvedených v grafu závislosti výšky pádu předmětu na druhé mocnině času
F17B	dlouhá	čas, prostor a pohyb	interpretace získaných dat	odhad chyby měření tíhového zrychlení v předchozím příkladu
G07	výběr	dynamika pohybu	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	porovnání velikosti kinetické energie přeměněné na energii deformace a teplo v případě dvou různých srážek aut

G08	výběr	druhy sil	interpretace dat	určení správného grafu popisujícího závislost celkové mechanické energie kmitajícího předmětu (a pružiny, na které kmitá) na délce pružiny
G09	výběr	dynamika pohybu	používání vědeckých principů při vysvětlování	určení správného obrázku znázorňujícího skutečné síly působící na chlapce stojícího u stěny otáčejícího se válce
G12	krátká	dynamika pohybu	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	výpočet hmotnosti nákladního vagónu, který se srazí s jiným vagónem, za použití zákona zachování hybnosti
G15	krátká	dynamika pohybu	složitější informace	znázornění směru zrychlení v různých bodech trajektorie míče skákajícího po podlaze (bez odporu vzduchu)
G16	krátká	chování kapalin	používání vědeckých principů při vysvětlování	nalezení a vysvětlení chyby na obrázku znázorňujícím vodu vytékající různými otvory v boku stojící lahve
H01	výběr	dynamika pohybu	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	identifikace jediného nesprávného tvrzení týkajícího se dvou různých kvádrů klouzajících po dvou různých nakloněných rovinách
H04	výběr	dynamika pohybu	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	určení síly napínající drát spojující dvě kuličky padající po uvolnění z klidové polohy volným pádem

H11	výběr	čas, prostor a pohyb	interpretace dat	určení správného grafu popisujícího závislost zrychlení během skoku osoby na trampolíně na čase
H13	krátká	dynamika pohybu	interpretace dat	vysvětlení grafu závislosti dráhy, kterou urazí na desce stolu kvádr urychlovaný působením stálé síly za určitý čas, na velikosti této síly

Tabulka 2: Seznam úloh z tematického okruhu Elektřina a magnetismus

ÚLOHA	TYP	OBSAH	OPERACE	POPIS ÚLOHY
E04	výběr	elektřina	jednoduché operace	identifikace schématu elektrického obvodu odpovídajícího uvedeným informacím
E06	výběr	elektřina	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	určení správného rozmístění tří nabitých částic tak, aby na jednu určitou z nich nepůsobila žádná výsledná síla
E09	výběr	elektřina	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	určení vlivu sepnutí spínače ve větvi složitěho elektrického obvodu na proud a napětí v určitých místech obvodu
F06	výběr	magnetismus	složitější informace	určení směru působení magnetické síly na vodič, kterým prochází elektrický proud, umístěný do magnetického pole
F08	výběr	elektřina	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	určení dvou žárovek s nejmenším příkonem z devíti žárovek ve složitěm stejnosměrném elektrickém obvodu

F14	krátká	elektřina	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	výpočet intenzity elektrického pole mezi dvěma vodorovnými opačně nabitými deskami, kde je udržována v klidu kulička s udaným nábojem a hmotností
F16	dlouhá	magnetismus	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	důkaz toho, že doba oběhu nabitě částice po kružnici v homogenním magnetickém poli kolmo ke směru indukčních čar nezávisí na její rychlosti
G01	výběr	magnetismus	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	určení vlivu rychlosti, kterou vletí elektrony do homogenního magnetického pole kolmo k indukčním čarám, na působící magnetickou sílu a poloměr kružnicové trajektorie elektronů
G04	výběr	magnetismus	interpretace dat	určení grafu správně popisujícího časovou závislost indukce magnetického pole popsaného pomocí časové závislosti proudu indukovaného v cívce
G17	krátká	magnetismus	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	určení směru síly, kterou působí jeden ze dvou rovnoběžných vodičů, kterými prochází stejným směrem elektrický proud, na druhý vodič

G19	dlouhá	magnetismus	používání vědeckých principů při vysvětlování	vysvětlení příčiny různé dlouhé doby pádu hliníkového kroužku buď samotného, nebo podél svisle umístěného tyčového magnetu se středem kroužku v jeho ose
H06	výběr	magnetismus	složitější informace	určení polohy kruhové smyčky otáčející se v homogenním magnetickém poli v okamžiku, kdy v ní bude indukováno největší elektromotorické napětí
H08	výběr	elektřina	složitější informace	identifikace správné trajektorie elektronu, který vlétl do homogenního elektrického pole rychlostí kolmou k jeho intenzitě
H10	výběr	elektřina	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	identifikace správného nákresu vektorového součtu elektrických sil působících na jednu ze tří malých nabitých kuliček rozmístěných v rovině
H16	krátká	magnetismus	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	vyjádření rychlosti elektronu pomocí indukce homogenního magnetického pole a intenzity homogenního elektrického pole, kterým beze změny směru a rychlosti pohybu prolétá

H17	dlouhá	elektrina	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	výpočet velikosti odporu rezistoru, který je nutno zapojit do obvodu se žárovkou, aby při daných hodnotách proudu a napětí normálně svítila
-----	--------	-----------	---	---

Tabulka 3: Seznam úloh z tematického okruhu Teplo

ÚLOHA	TYP	OBSAH	OPERACE	POPIS ÚLOHY
E08	výběr	fyzikální změny	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	výběr nejlepšího odhadu počtu molekul ve vzduchu v místnosti
F05	výběr	druhy, zdroje a přeměny energie	jednoduché informace	určení děje, kterým je na zemi přenášena energie ze slunce
F12	krátká	teplo a teplota	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	výpočet výsledné teploty soustavy skládající se z hliníkové nádoby a vody, která je do ní nalita
G02	výběr	vysvětlení fyzikálních změn	používání vědeckých principů při vysvětlování	zdůvodnění uvolňování velkého množství páry při varu malého množství vody
G03	výběr	kinetická teorie	složitější informace	určení veličiny, která má stejnou hodnotu pro dva různé plyny o stejné teplotě ve dvou nádobách
G11	krátká	fyzikální změny	používání vědeckých principů při vysvětlování	uvedení předpokladu, co se stane s hladinou vody v nádobě, do které byl vložen kus ledu, po jeho roztátí a jeho vysvětlení
H02	výběr	vysvětlení fyzikálních změn	složitější informace	určení jediného správného ze čtyř tvrzení týkajících se vypařování kapalin

H07	výběr	fyzikální změny	interpretace dat	určení grafu, který nejlépe ukazuje správný tvar závislosti tlaku plynu dané hmotnosti zahřívaného při stálém objemu na teplotě
H14	krátká	teplo a teplota	složitější informace	určení nejteplejší části horského jezera, v němž v zimě nezamrzne všechna voda, a vysvětlení příslušného jevu

Tabulka 4: Seznam úloh z tematického okruhu Vlnové jevy

ÚLOHA	TYP	OBSAH	OPERACE	POPIS ÚLOHY
E01	výběr	zvuk	složitější informace	výběr správného tvrzení srovnávajícího vlastnosti dvou hudebních tónů zobrazených na obrazovce oscilátoru
E10	výběr	světlo	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	určení přibližné doby průchodu světla čočkou brýlí v její optické ose
F01	výběr	světlo	složitější informace	identifikace jediného správného tvrzení vysvětlujícího původ Fraunhoferových čar
F11	výběr	vlnění	jednoduché informace	určení správného pořadí typů záření podle vlnové délky
F13	krátká	vlnění	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	výpočet vlnové délky vln v mělké vodě na základě známé vlnové délky vln v hluboké vodě a známých hodnot rychlosti pohybu vln na vodní hladině v mělké a v hluboké vodě

G05	výběr	světlo	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	určení správného směru, ve kterém by postupoval světelný paprsek po opuštění skleněného půlválce, do kterého vstupuje v rovině kolmé k ose „původního“ válce, přičemž na výstupu osu protíná
G13	krátká	zvuk	používání vědeckých principů při vysvětlování	popis změny frekvence zvuku, který vydává auto s houkající sirénou blížící se stálou rychlostí vůči pozorovateli, kterého pak míjí
H09	výběr	světlo	složitější informace	určení největší rychlosti modrého světla v jedné ze tří rovnoběžných vrstev z různého materiálu tvořících jeden blok na základě nákresu průchodu světelného paprsku blokem
H12	krátká	vlnění	používání vědeckých principů při vysvětlování	ve dvou bodech vlny, která se šíří provazem a která je znázorněna na obrázku včetně směru svého šíření, vyznačit šipkou směr pohybu těchto dvou bodů
H19A	dlouhá	zvuk	návrh výzkumu	stručný popis pokusu sloužícího ke změření rychlosti zvuku s využitím ozvěny od stěny budovy, seznam potřeb pro měření a přehled nezbytných výpočtů
H19B	dlouhá	zvuk	návrh výzkumu	uvedení možného důvodu rozdílných výsledků pokusu u čtyř různých skupin studentů

Tabulka 5: Seznam úloh z tematického okruhu Moderní fyzika

ÚLOHA	TYP	OBSAH	OPERACE	POPIS ÚLOHY
E02	výběr	nukleární chemie	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	určení poločasu rozpadu thoria, je-li udána jeho počáteční hmotnost, doba, po kterou se thorium rozpadalo, a hmotnost nezměněného thoria
E07	výběr	nukleární chemie	interpretace dat	určení grafu, který nejlépe ukazuje, jak se počet impulsů odečtených na počítadle geigerova počítače mění s počtem radioaktivních destiček v jeho blízkosti
F03	výběr	nukleární chemie	návrh výzkumu	na základě nákresu uspořádání rutherfordova rozptylového pokusu určit, která část experimentálního zařízení musí být pohyblivá
F07	výběr	kvantová teorie a elementární částice	složitější informace	určení příčiny menší kinetické energie vyslaného elektronu v porovnání s kinetickou energií dopadajícího fotonu při fotoelektrickém jevu
F09	výběr	nukleární chemie	jednoduché informace	určení typu jaderné reakce, která je příčinnou zvětšení protonového čísla atomu o jednu při stálém nukleonovém čísle

F15	dlouhá	kvantová teorie a elementární částice	používání vědeckých principů při vysvětlování	na základě uvedených výstupních prací pro fotoelektrický jev určit kov, který bude při dopadu světla o zadané vlnové délce uvolňovat elektron, vysvětlení
G06	výběr	vesmír vně sluneční soustavy	složitější informace	určení děje, kterým se ve většině hvězd uvolňuje energie
G10	výběr	kvantová teorie a elementární částice	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	určení minimálního napětí mezi elektrodami rentgenové trubice, která bude vysílat rentgenové záření s danou vlnovou délkou
G14	krátká	nukleární chemie	složitější informace	nakreslení trajektorie alfa částic, elektronů a paprsků gama mezi dvěma kovovými deskami ve vakuu, mezi nimiž je vysoké napětí
G18	dlouhá	elementární částice	používání vědeckých principů při vysvětlování	vysvětlení, proč většina alfa částic ze svazku těchto částic nasměrovaného na tenkou folii zlata prochází skrz tuto folii
H03	výběr	kvantová teorie a elementární částice	interpretace dat	identifikace grafu závislosti maximální kinetické energie uvolněných elektronů na frekvenci dopadajícího záření při fotoelektrickém jevu příslušejícího takovému kovu, jehož výstupní práce je menší než výstupní práce kovu, pro který je vyhotoven referenční graf v zadání úlohy

H05	výběr	teorie relativity	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	určení délky kosmické lodi prolétající kolem pozorovatele určitou rychlostí blízkou rychlosti světla při známé délce lodi v klidu před startem
H15	krátká	kvantová teorie a elementární částice	používání vědeckých principů při kvantitativním řešení problémů	výpočet vlnové délky odpovídající elektronu pohybujícího se určitou rychlostí
H18	dlouhá	elementární částice	používání vědeckých principů při vysvětlování	napsání krátkého vysvětlení na obhajobu tvrzení, že televizor je urychlovač částic

Seznamy úloh po tematických oblastech byly převzaty ze zdroje [1].

[Vzor: Pevná zadní deska bakalářské práce – **není součástí elektronické verze.**]



