

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Jana Palečková

Třetí mezinárodní výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání: výsledky žáků posledních ročníků středních škol a učilišť

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 44 (1999), No. 3, 249--256

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/140850>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1999

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

vyučování

TŘETÍ MEZINÁRODNÍ VÝZKUM
MATEMATICKÉHO A PŘÍRODO-
VĚDNÉHO VZDĚLÁVÁNÍ: VÝSLEDKY
ŽÁKŮ POSLEDNÍCH ROČNÍKŮ
STŘEDNÍCH ŠKOL A UČILISŤ

Jana Palečková, Praha

Výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání známý pod zkratkou TIMSS¹⁾ proběhl v roce 1995 ve 43 zemích na celém světě. Jak již byli čtenáři PMFA informováni²⁾, výzkumu se zúčastnila i Česká republika, která využila možnost testovat všechny tři mezinárodní

¹⁾ Third International Mathematics and Science Study — Třetí mezinárodní výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání. Hlavním záměrem výzkumu bylo zmapovat podmínky, úroveň a výsledky matematického a přírodovědného vzdělávání v různých školských systémech na celém světě. Výzkum využíval žakovské testy a žakovské, učitelské a ředitelské dotazníky, jeho nedílnou součástí byl i detailní popis vzdělávacích systémů jednotlivých zemí a analýza osnov a učebnic matematiky a přírodovědných předmětů.

²⁾ STRAKOVÁ, J.: *Výsledky našich žáků 8. ročníku základních škol ve Třetím mezinárodním výzkumu matematického a přírodovědného vzdělávání*. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie 42 (1997), č. 5.

PALEČKOVÁ, J.: *Třetí mezinárodní výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání — celkové výsledky v kategorii devítiletých žáků*. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie 44 (1999), č. 1.

definované populace žáků³⁾. Výsledky a hlavní zjištění týkající se žáků 3. a 4. tříd základní školy (populace 1) a žáků 7. a 8. tříd základní školy (populace 2) včetně základních informací o výzkumu byly již na stránkách tohoto časopisu prezentovány. Nyní bychom rádi čtenáře seznámili s dalšími poznatky týkajícími se třetí testované skupiny žáků (populace 3), která byla mezinárodně definována jako reprezentativní vzorek žáků nacházejících se v posledních ročnících všech typů středoškolského studia.

Pro testování této nejstarší skupiny žáků měly všechny země možnost využít tři různé typy testů. Prvním z nich je test matematické a přírodovědné gramotnosti (základní znalosti, dovednosti a porozumění v matematice a v přírodovědných předmětech), který byl zadáván žákům ve 21 zemích. V České republice byl zadáván reprezentativnímu vzorku všech žáků nacházejících se v posledním ročníku všech typů středoškolského studia: gymnazistům, žákům středních odborných škol, učňům v posledních ročnících učebních oborů všech délek. Z testování byli z technických důvodů vyloučeni žáci speciál-

³⁾ Výzkum byl zaměřen na tři věkové kategorie žáků: na devítileté žáky, na třináctileté žáky a na studenty a učně v posledních ročnících všech typů středních škol. Všechny zúčastněné země byly povinny provést šetření ve věkové kategorii třináctiletých, k šetření ve zbylých dvou věkových skupinách se mohly země rozhodnout v souladu se svými možnostmi a potřebami. Česká republika provedla výzkum ve všech uvedených kategoriích, zúčastnilo se ho celkem 17 000 žáků, 950 učitelů a 500 ředitelů z 500 škol náhodně vybraných z celé České republiky.

RNDr. JANA PALEČKOVÁ (1959), Ústav pro informace ve vzdělávání, Senovážné nám. 26, 111 21 Praha 1.

Tab. 1. Rozložení úloh v testu matematické a přírodovědné gramotnosti.

Celkem	Podíl položek v testu (v %)	Celkový počet položek	Počet položek s volbou odpovědi	Počet položek s otevřenou krátkou odpovědí	Počet položek s otevřenou dlouhou odpovědí
Matematika	58	44	34	8	2
Přírodovědné předměty	42	32	18	9	5
Celkem	100	76	52	17	7

Tab. 2.

Země	Průměrný výsledek	Průměrný věk	TCI (%)
<i>Nizozemí</i>	559	18,5	78
Švédsko	555	18,9	71
<i>Island</i>	541	21,2	55
<i>Norsko</i>	536	19,5	84
Švýcarsko	531	19,8	82
<i>Dánsko</i>	528	19,1	58
<i>Kanada</i>	526	18,6	70
Nový Zéland	525	17,6	70
<i>Austrálie</i>	525	17,7	68
<i>Rakousko</i>	519	19,1	76
<i>Slovinsko</i>	514	18,8	88
<i>Francie</i>	505	19,5	84
<i>Německo</i>	496	17,5	75
Maďarsko	477	17,5	65
Česká republika	476	17,8	78
Rusko	476	16,9	48
<i>Itálie</i>	475	18,7	52
<i>USA</i>	471	18,1	63
Litva	465	18,1	43
Kypr	447	17,7	48
<i>Jihoafrická republika</i>	352	20,1	49

ních škol, konzervatoří a středních zdravotních škol. Vzhledem k tomu, že část žáků odchází do pracovního procesu hned po ukončení ZŠ a část středoškolské studium nedokončí, reprezentoval testovaný

vzorek žáků zhruba 80 % příslušníků dané věkové skupiny (16–19 let). Šetření proběhlo na 90 gymnáziích a 60 středních odborných školách a učilištích a zúčastnilo se ho celkem 1900 žáků.

V 18 zemích byly kromě toho zadávány dva typy specializovaných testů z matematiky nebo fyziky, určené žákům absolvujícím náročnější výuku matematiky nebo fyziky. V České republice byly zadávány všechny tři typy testů, přičemž jako skupina žáků s náročnější výukou matematiky a fyziky byli vybráni v souladu s mezinárodními požadavky žáci posledního ročníku gymnázií. Testování proběhlo na 90 gymnáziích náhodně vybraných z celé České republiky a zúčastnilo se ho více než 1600 žáků.

Výsledky testu matematické a přírodovědné gramotnosti

Pro výzkum matematické a přírodovědné gramotnosti byly testové úlohy vybírány tak, aby zahrnovaly otázky, které mohou vyvstat v běžném životě, a aby ověřily, do jaké míry umějí žáci aplikovat nabyté vědomosti. Test obsahoval celkem 76 testových položek z matematiky a přírodovědných předmětů. Při řešení většiny položek vybírali žáci jedinou správnou odpověď ze čtyř nebo pěti nabízených možností, šlo tedy o tzv. položky s volbou odpovědi. U necelé třetiny položek však měli žáci za úkol zformulovat vlastní odpověď, šlo o tzv. položky s otevřenou odpovědí. Odpověď může být v tomto případě dvojího typu, krátká nebo dlouhá. Krátká odpověď bývá velmi stručná, často jde o doplnění jednoho nebo více slov. Naproti tomu dlouhá odpověď by měla obsahovat např. podrobný výpočet a jeho zdůvodnění, podrobné vysvětlení přírodovědného jevu apod. Rozložení úloh v testu je obsaženo v tabulce 1.

V tabulce 2 je uveden celkový průměrný výsledek (Raschův skór, mezinárodní průměr 500 a směrodatná odchylka

100), kterého dosáhli žáci zúčastněných zemí v tomto testu, průměrný věk žáků v jednotlivých zemích a index TCI, který dává představu o tom, jaké procento žáků dané věkové kategorie v zemi tvořilo testovanou populaci. V České republice nebylo tedy do testování zahrnuto 22 % 16–19letých mladých lidí, přičemž 7 % tvořili žáci speciálních škol, konzervatoří a středních zdravotních škol a 15 % tvořili žáci, kteří ukončili studium hned po absolvování základní školy nebo opustili středoškolská studia před jejich dokončením. Průměrný věk žáků v České republice je nižší v důsledku osmileté školní docházky. Země, které nesplnily všechna uvedená kritéria pro výběr vzorku, jsou v tabulce uvedeny kurzívou.

Z tabulky vyplývá, že naši žáci nedosáhli v testu matematické a přírodovědné gramotnosti příliš dobrých výsledků. Mezi 21 zúčastněnými zeměmi se zařadili až na 15. místo, přičemž statisticky významně horších výsledků dosáhli pouze žáci z Jihoafrické republiky. Statisticky významně lepších výsledků než naši žáci dosáhli přitom žáci z 10 zúčastněných zemí.

Test matematické a přírodovědné gramotnosti bylo možné podle obsahu jednotlivých úloh rozlišit na dvě části: matematickou a přírodovědnou. V matematice se svými výsledky zařadili naši žáci mezi 21 zúčastněnými zeměmi na 18. místo, statisticky významně horších výsledků dosáhli pouze žáci z Jihoafrické republiky. V přírodovědné části testu se naši žáci zařadili na 14. místo, statisticky významně horších výsledků dosáhli kromě jihoafrických žáků i žáci z Kypru.

Na první pohled nás může zarazit rozdíl mezi výbornými výsledky našich žáků první a druhé populace a mnohem hor-

Obr. 1. Úloha 1 — matematická gramotnost.

Ze zásilky 3 000 žárovek bylo 1 000 namátkou vybráno ke kontrole. Je-li z tohoto vzorku 5 žárovek vadných, kolik vadných žárovek můžeme očekávat v celé zásilce?				
A. 15	B. 60	C. 150	D. 300	E. 600

Tab. 3. Úspěšnost českých žáků (v %) při řešení úlohy 1.

8. ročník		Střední škola				
Dívky	Chlapci	Dívky	Chlapci	Gymnázia	SOŠ	SOU
69,6	82,0	62,5	63,2	75,7	77,2	52,0

šími výsledky žáků populace třetí⁴). Je proto zajímavé se blíže podívat zejména na rozdíly mezi žáky 8. ročníku a žáky posledních ročníků středoškolského studia. Protože byly některé úlohy testu pro obě populace totožné, lze na jejich základě provést i porovnání celkových výsledků žáků obou populací pro ty země, které realizovaly testování obou populací. Česká republika se v tomto srovnání přesunula z prvního místa jak v matematice, tak v přírodovědných předmětech v populaci 2 do oblasti mezinárodního průměru v populaci 3, přičemž od zařazení do podprůměru nás zachránila pouze vysoká hodnota standardní výběrové chyby.

Na obrázku 1 uvádíme alespoň jednu úlohu z matematické části testu gramotnosti, která byla zařazena do testu pro obě populace, spolu s výsledky žáků 8. tříd i žáků v posledních ročnících gymnázií, středních odborných škol a učilišť v tabulce 3.

⁴) Populace 1.–4. ročník: v matematické části testu se naši žáci zařadili na 5. místo, v přírodovědné části testu na 4. místo mezi 26 zeměmi.

Populace 2.–8. ročník: v matematické části testu se naši žáci zařadili na 6. místo, v přírodovědné části testu na 2. místo mezi 40 zeměmi.

Výsledky specializovaných testů z matematiky a z fyziky

Testy pro žáky s rozšířenou výukou matematiky a fyziky byly v porovnání s testem gramotnosti poměrně obtížné. Přesná definice testované podskupiny žáků posledních ročníků byla ponechána na rozhodnutí jednotlivých zemí, kterým bylo doporučeno, aby do vzorku zahrnuly zhruba 20 % všech žáků nacházejících se v posledních ročnících středoškolského studia. Česká republika testovala reprezentativní vzorek žáků gymnázií, tedy škol, kde se vyučuje matematika a fyzika v největší šíři. Tento přístup přinesl i určité nevýhody, neboť tak byli testováni též humanitně orientovaní žáci. Podobný přístup zvolily i některé jiné země, například Rakousko a Švýcarsko.

V tabulce 4 uvádíme rozložení úloh ve specializovaném testu z matematiky, v tabulce 5 ve specializovaném testu z fyziky. Z tabulek je zřejmé, že v testu z matematiky měly největší zastoupení úlohy z geometrie, úlohy na čísla a rovnice a úlohy z diferenciálního počtu, v testu z fyziky bylo nejvíce úloh z mechaniky, elektřiny a magnetismu a z moderní fyziky (fyzika částic, kvantová fyzika, astrofyzika a teorie relativity).

Tab. 4. Rozložení úloh v matematickém testu.

Tematické celky	Podíl položek v testu (v %)	Celkový počet položek	Počet položek s volbou odpovědi	Počet položek s otevřenou krátkou odpovědí	Počet položek s otevřenou dlouhou odpovědí
Čísla a rovnice	26	17	13	2	2
Diferenciální počet	23	15	12	2	1
Geometrie	35	23	15	4	4
Pravděpodobnost a statistika	11	7	5	2	0
Ověřování správnosti a strukturování	5	3	2	0	1
Celkem	100	65	47	10	8

Tab. 5. Rozložení úloh ve fyzikálním testu.

Tematické celky	Podíl položek v testu (v %)	Celkový počet položek	Počet položek s volbou odpovědi	Počet položek s otevřenou krátkou odpovědí	Počet položek s otevřenou dlouhou odpovědí
Mechanika	25	16	11	4	1
Elektrina a magnetismus	25	16	10	3	3
Teplo	14	9	6	3	0
Vlnění	15	10	6	3	1
Moderní fyzika	22	14	9	2	3
Celkem	100	65	42	15	8

Za zmínku jistě stojí, že žáci směli při řešení úloh používat kalkulačky a že součástí testového sešitu byly v případě matematiky nejdůležitější matematické vzorce a v případě fyziky nejdůležitější fyzikální vzorce a konstanty.

V tomto článku uvedeme stejně jako u testu gramotnosti pouze celkové výsledky žáků v obou specializovaných testech. V příslušných tabulkách je uveden průměrný výsledek žáků jednotlivých zemí, průměrný věk testovaných žáků a index charakterizující, jaká část popu-

lace byla do testování zahrnuta. Jde o indexy MTCI, resp. PTCI pro matematiku, resp. fyziku, které jsou analogické indexu TCI a které charakterizují, jaké procento žáků dané země bylo podrobeno matematickému, resp. fyzikálnímu testování.

V následující tabulce 6 jsou uvedeny výsledky žáků v matematickém testu (Raschův skór, mezinárodní průměr 500 a směrodatná odchylka 100).

Je zřejmé, že v České republice bylo testováno menší procento populace než ve

Tab. 6. Průměrný výsledek žáků posledních ročníků středoškolského studia s náročnější výukou matematiky v matematickém testu.

Země	Průměrný výsledek	Průměrný věk	MTCI (%)
Francie	557	18,2	20
Rusko	542	16,9	2
Švýcarsko	533	19,5	14
<i>Austrálie</i>	<i>525</i>	<i>17,8</i>	<i>16</i>
<i>Dánsko</i>	<i>522</i>	<i>19,2</i>	<i>21</i>
Kypr	518	17,7	9
Litva	516	17,9	3
Řecko	513	17,7	10
Švédsko	512	18,9	16
Kanada	509	18,5	16
<i>Slovinsko</i>	<i>475</i>	<i>18,9</i>	<i>75</i>
<i>Itálie</i>	<i>474</i>	<i>19,1</i>	<i>14</i>
Česká republika	469	18,1	11
Německo	465	19,2	26
<i>USA</i>	<i>442</i>	<i>18,0</i>	<i>14</i>
<i>Rakousko</i>	<i>436</i>	<i>19,1</i>	<i>33</i>

Obr. 2. Úloha 2 — matematický test.

Na obrázku je graf funkce $y = f(x)$.
 S_1 je obsah oblasti ohraničené osou x , přímkou $x = a$ a grafem funkce $y = f(x)$;
 S_2 je obsah oblasti ohraničené osou x , přímkou $x = b$ a grafem funkce $y = f(x)$,
kde $a < b$ a $0 < S_2 < S_1$. Hodnota integrálu $\int_a^b f(x) dx$ je

A. $S_1 + S_2$ B. $S_1 - S_2$ C. $S_2 - S_1$ D. $|S_1 - S_2|$ E. $\frac{1}{2}(S_1 + S_2)$

Úspěšnost: – mezinárodní průměr: 35 %
– Česká republika: 25 % (chlapci: 32 %, dívky: 19 %)

většině zúčastněných zemí (vyjma Rusko, Kypr, Litvu a Řecko). Dalo by se očekávat, že se výsledky zmenšením velikosti výběrové skupiny v mezinárodním

srovnání spíše zlepší. V případě českých gymnazistů však tato výhoda zřejmě nehrála roli. Česká republika se na základě jejich výsledků v matematickém

Tab. 7. Průměrný výsledek žáků posledních ročníků středoškolského studia s náročnější výukou fyziky ve fyzikálním testu.

Země	Průměrný výsledek	Průměrný věk	MTCI (%)
Norsko	581	19,0	8
Švédsko	573	18,9	16
Rusko	545	16,9	2
<i>Dánsko</i>	<i>534</i>	<i>19,1</i>	<i>3</i>
<i>Slovinsko</i>	<i>523</i>	<i>18,8</i>	<i>39</i>
Německo	522	19,1	8
<i>Austrálie</i>	<i>518</i>	<i>17,7</i>	<i>13</i>
Kypr	494	17,7	9
Lotyšsko	488	18,0	3
Švýcarsko	488	19,5	14
Řecko	486	17,7	10
Kanada	485	18,6	14
Francie	466	18,2	20
Česká republika	451	18,1	11
<i>Rakousko</i>	<i>435</i>	<i>19,1</i>	<i>33</i>
<i>USA</i>	<i>423</i>	<i>18,0</i>	<i>14</i>

testu ocitla na 13. místě ze 16 zúčastněných zemí, přičemž žádnou z nich statisticky významně nepředstihla. Oproti tomu výsledky žáků 10 zemí byly statisticky významně lepší než výsledky našich žáků.

Na obrázku 2 je příklad poměrně obtížné úlohy z matematického testu spolu s výsledky našich žáků a hodnotou mezinárodního průměru.

V tabulce 7 jsou uvedeny výsledky žáků ve fyzikálním testu (Raschův skóre, mezinárodní průměr 500 a směrodatná odchylka 100).

Na základě výsledků gymnazistů ve specializovaném testu z fyziky se Česká republika ocitla na 14. místě mezi 16 zúčastněnými zeměmi. Statisticky významně však předstihla pouze Spojené státy, přičemž žáci z 11 zemí dosáhli statisticky významně lepších výsledků než naši žáci.

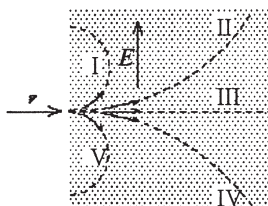
Na obrázku 3 je příklad úlohy z fyzikálního testu spolu s výsledky našich žáků a hodnotou mezinárodního průměru.

I když je výzkum ve věkové skupině studentů posledních ročníků středoškolského studia zatížen jistou chybou způsobenou odlišnou definicí a velikostí populace testované v jednotlivých zemích, jeho vypovídací hodnota je nesporná. Pro Českou republiku přinesl mnoho velmi závažných zjištění.

V oblasti matematické a přírodovědné gramotnosti je velmi závažný rozdíl mezi výsledky čtrnáctiletých žáků a žáků středních škol. Za povšimnutí v této souvislosti stojí, že podobný propad, i když poněkud méně dramatický, byl zaznamenán rovněž v Maďarsku, které má podobný vzdělávací systém jako Česká republika a prochází v posledních letech velmi podobným vývojem. Hledání příčin

Obr. 3. Úloha 3 — fyzikální test.

Elektron vletl do homogenního elektrického pole o intenzitě E rychlostí v , jak je znázorněno na obrázku. Rychlost v je kolmá k intenzitě elektrického pole E .



Která z přerušovaných čar (I, II, III, IV nebo V) nejlépe znázorňuje trajektorii elektronu v elektrickém poli?

- A. I. B. II. C. III. D. IV. E. V.

Úspěšnost: – mezinárodní průměr: 32 %
 – Česká republika: 12 % (chlapci: 16 %, dívky: 9 %)

zjištěného jevu bude jistě obsahem dalších rozborů, nejpravděpodobněji je však budeme muset hledat v našem vzdělávacím systému s velkým podílem učňovského školství, které klade malý důraz na všeobecnou složku vzdělávání. Špatný výsledek našich studentů mohl být do jisté míry způsoben i charakterem testu, který kladl větší důraz na aplikace než na znalost.

V obou specializovaných testech je důležitým a do jisté míry překvapivým poznatkem nízký výsledek celé naší gymnaziální populace v oblasti matematiky a fyziky. Gymnazisté maturující z uvedených předmětů jsou sice schopni svým vrstevníkům z jiných zemí konkurovat, ale jejich procentuální zastoupení v populaci je příliš nízké.

Pravděpodobně nejdůležitějším zjištěním celého výzkumu je skutečnost, že v České republice existují obrovské rozdíly ve znalostech různých skupin studentů. Ve srovnání se zúčastněnými zeměmi byly zjištěny jedny z nejvyšších rozdílů mezi chlapci a děvčaty, mezi výsledky

gymnazistů a učňů, mezi dětmi rodičů s vysokoškolským a základním vzděláním, mezi studenty, kteří plánují po ukončení střední školy další studium a kteří nikoliv. Na gymnáziích byly dále shledány obrovské rozdíly mezi těmi, kdo maturují z matematiky nebo z fyziky, a těmi, kdo z žádného z těchto předmětů nematurují⁵⁾.

Poznatků, které byly získány z této části výzkumu (a nejen pouze z této části), je nepřehledné množství a zaslouží samozřejmě další analýzu. Věříme, že informace získané prostřednictvím výzkumu TIMSS budou co nejdříve využity i tvůrci naší školské politiky jako jeden z podkladů pro vytváření základů moderního a kvalitního školství.

⁵⁾ Podrobnější informaci o této části výzkumu i další zajímavé výsledky a jejich rozborů lze nalézt v publikaci: STRAKOVÁ, J., TOMÁŠEK, V., PALEČKOVÁ, J.: *Třetí mezinárodní výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání. Souhrnné výsledky žáků posledních ročníků středních škol*. VÚP, Praha 1998.