

Přírodovědná gramotnost českých žáků – výsledky výzkumu PISA 2006

JANA PALEČKOVÁ – DANA MANDÍKOVÁ

Ústav pro informace ve vzdělávání, Praha

Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha

1. Výzkum PISA

PISA (*Programme for International Student Assessment*) je mezinárodním výzkumem čtenářské, matematické a přírodovědné gramotnosti patnáctiletých žáků. Pořádá ho Organizace pro hospodářskou spolupráci (OECD). Výzkum PISA je zaměřen především na zjištění praktických znalostí a dovedností žáků a jejich schopnost použít je v běžném životě. Gramotnost, kterou výzkum zkoumá, je chápána jako soubor vědomostí a dovedností nezbytných pro život.

Výzkum probíhá ve tříletých fázích, v každé z nich je jedné ze tří sledovaných oblastí věnována zvýšená pozornost. V roce 2000 výzkum zjišťoval především čtenářskou gramotnost, v roce 2003 matematickou gramotnost a v roce 2006 přírodovědnou gramotnost. V roce 2006 se výzkum zaměřil také na zjišťování vztahu žáků k přírodním vědám, jejich postoju k možnému uplatnění v přírodovědných oborech a k tomu, co jim škola v této oblasti studia nabízí.

Informace se získávají formou písemného testování žáků a dotazníkovým šetřením mezi žáky a řediteli škol.

Do výzkumu se v roce 2006 zapojilo 57 zemí (z toho 30 členských zemí OECD). V České republice se ho zúčastnilo 9016 žáků z 9. ročníků základních škol, 1. ročníků středních škol a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií z celkem 245 škol.

2. Pojetí přírodovědné gramotnosti ve výzkumu PISA

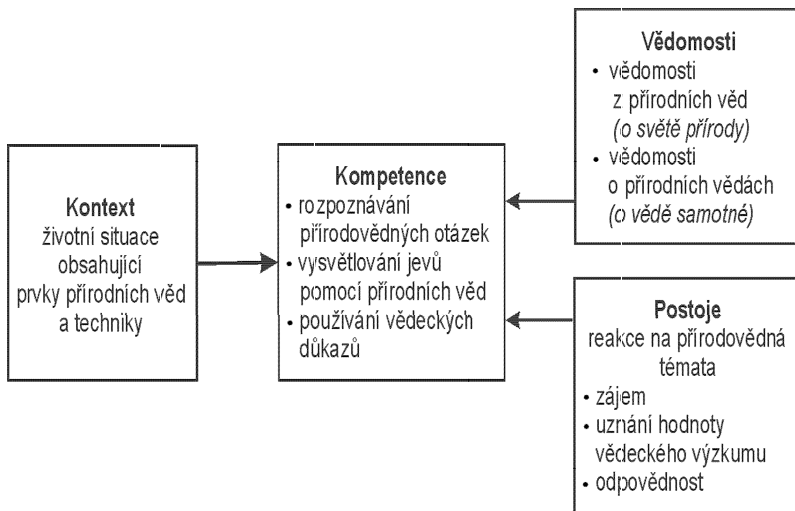
Přírodovědná gramotnost je pro potřeby výzkumu vymezena následujícím způsobem:

Přírodovědná gramotnost je schopnost využívat přírodovědné vědomosti, klást otázky a z daných skutečností vyvozovat závěry, které vedou k porozumění světu přírody a pomáhají v rozhodování o něm a o změnách působených lidskou činností.

Čtyři hlavní složky přírodovědné gramotnosti jsou:

- základní přírodovědné vědomosti, kterých by žáci měli nabýt,
- kompetence, které by si žáci měli osvojit a naučit se je používat,
- kontext, ve kterém se žáci s přírodovědnými problémy setkávají,
- postoje žáků k přírodním vědám.

Vztah jednotlivých složek znázorňuje následující schéma:



Přírodovědné vědomosti zahrnují jednak *vědomosti z přírodních věd* (vědomosti o světě přírody), jednak *vědomosti o přírodních vědách* samotných.

Testované vědomosti z **přírodních věd** byly vybírány z následujících oblastí:

- *neživé systémy* (struktura a vlastnosti hmoty, chemické změny, pohyb a síla, energie a její přeměny, vzájemné působení energie a hmoty);

- *živé systémy* (buňky, člověk, populace, ekosystémy, biosféra);
- *systémy Země a vesmíru* (struktura systémů Země, energie a změny v systémech Země, historie Země, Země ve vesmíru);
- *technické systémy* (role techniky, vztah mezi vědou a technikou, důležité principy).

Pro vědomosti o přírodních vědách byly definovány dvě následující kategorie:

- *vědecký výzkum* (vědecké postupy, experiment, měření, práce s daty);
- *vědecká vysvětlení* (ověření hypotéz, závěry, důkazy, vysvětlení).

Přírodovědné kompetence byly vymezeny následujícím způsobem:

- *rozpoznávání přírodovědných otázek* (žák umí: rozpoznávat otázky, které je v dané situaci možné zodpovědět pomocí přírodních věd, nebo určit klíčová slova, která lze použít pro vyhledání přírodovědných informací o daném tématu; rozpoznávat podstatné rysy vědeckého výzkumu – co se má porovnávat, které proměnné je třeba měnit a které zachovat konstantní, jaké dodatečné informace jsou zapotřebí, jakým způsobem se mají sebrat potřebná data);
- *vysvětlování jevů pomocí přírodních věd* (žák umí: aplikovat příslušné vědomosti z přírodních věd – popsat či interpretovat jevy a předpovídat změny, rozpoznávat, které popisy, vysvětlení nebo předpovědi odpovídají dané situaci);
- *používání vědeckých důkazů* (žák umí: chápat, že vědecká zjištění jsou druhem důkazů, z nichž lze odvodit určité závěry, získávat vědecké informace, argumentovat a vyvozovat závěry na základě vědeckých důkazů, vybrat vhodný závěr z několika možností a určit předpoklady, o něž se daný závěr opírá).

3. Prezentace výsledků

Ve výzkumu PISA jsou výsledky jednotlivých zemí prezentovány dvěma různými způsoby:

- pomocí skóreů (počtu bodů) na škálách výsledků, které vyjadřují úspěšnost žáků při řešení testových úloh;
- pomocí šesti úrovní způsobilosti, na nichž se žáci mohou nacházet.

3.1 Škály výsledků

Výzkum uvádí jednak průměrný výsledek žáků na jedné celkové přírodovědné škále, jednak jejich výsledky v různých dílčích oblastech, pro

kteře jsou vytvořeny dílčí škály. Dílčích škál bylo vytvořeno celkem sedm. Tři pro jednotlivé kompetence, tři pro vědomosti z přírodních věd (neživé systémy, živé systémy, systémy Země a vesmíru) a jedna společná pro vědomosti o přírodních vědách.

3.2 Úrovně způsobilosti

Rozdělení žáků podle úrovně způsobilosti poskytuje informaci o tom, s jakým úspěchem si žáci osvojili přírodovědné kompetence a vědomosti. Podle toho, jakého skóru žák v testu dosáhl, je mu přiřazena jedna ze šesti úrovně způsobilosti. Žáci na první úrovni způsobilosti dosahují nejnižších výsledků a ovládají pouze nejjednodušší kompetence, šestá úroveň odpovídá nejlepším výsledkům a nejsložitějším kompetencím. V rámci výzkumu PISA byla za základní stanovena druhá úroveň. Žáci, kteří této úrovni nedosáhnou, mohou mít problémy v dalším studiu a s uplatněním na trhu práce. (Podrobné vymezení toho, co by měli žáci na jednotlivých úrovních umět, lze nalézt v [1], s. 22).

4. Celkové výsledky

Celkové výsledky v testu přírodovědné gramotnosti v roce 2006 uvádí tabulka 1. Čeští žáci dosáhli nadprůměrného výsledku. Statisticky významně lepších bylo jen 9 zemí. Česká republika patří ale k zemím, kde byl nadprůměrný rozdíl mezi dobrými a slabými žáky. Hodnota rozdílu mezi výsledky pěti procent nejlepších a pěti procent nejslabších žáků u nás činila 322 bodů. Přitom např. ve Finsku, které dosáhlo nejlepšího výsledku, byl tento rozdíl jen 281 bodů. Možnou příčinou tohoto malého rozdílu může být i fakt, že ve Finsku se slabším žákům a jejich individuálním potřebám věnuje pozornost již od samého počátku jejich vzdělávání.

Význam podbarvení a symbolů v tabulkách 1 – 3.

Průměrný výsledek země

	je statisticky významně lepší než mezinárodní průměr		je statisticky významně lepší než výsledek ČR
	neliší se od mezinárodního průměru		statisticky významně se neliší od výsledku ČR
	je statisticky významně nižší než mezinárodní průměr		je statisticky významně horší než výsledek ČR

Tabulka 1: Výsledky PISA 2006 – přírodovědná gramotnost

Země	Průměr		Země	Průměr	
Finsko	563	▲	Slovensko	488	▼
Hongkong	542	▲	Španělsko	488	▼
Kanada	534	▲	Litva	488	▼
Tchaj-wan	532	▲	Norsko	487	▼
Estonsko	531	▲	Lucembursko	486	▼
Japonsko	531	▲	Rusko	479	▼
Nový Zéland	530	▲	Itálie	475	▼
Austrálie	527	▲	Portugalsko	474	▼
Nizozemí	525	▲	Řecko	473	▼
Lichtenštejnsko	522	●	Izrael	454	▼
Korejská rep.	522	●	Chile	438	▼
Slovensko	519	●	Srbsko	436	▼
Německo	516	●	Bulharsko	434	▼
Velká Británie	515	●	Uruguay	428	▼
Česká republika	513		Turecko	424	▼
Švýcarsko	512	●	Jordánsko	422	▼
Macao	511	●	Thajsko	421	▼
Rakousko	511	●	Rumunsko	418	▼
Belgie	510	●	Černá Hora	412	▼
Irsko	508	●	Mexiko	410	▼
Maďarsko	504	▼	Indonésie	393	▼
Švédsko	503	▼	Argentina	391	▼
Polsko	498	▼	Brazílie	390	▼
Dánsko	496	▼	Kolumbie	388	▼
Francie	495	▼	Tunisko	386	▼
Chorvatsko	493	▼	Azerbájdžán	382	▼
Island	491	▼	Katar	349	▼
Lotyšsko	490	▼	Kyrgyzstán	322	▼
USA	489	▼			

Výsledky českých žáků byly v oblasti přírodovědné gramotnosti nadprůměrné i v předchozích šetřeních tohoto výzkumu v roce 2000 a 2003. V tabulkách 2 a 3 uvádíme pro celkovou představu i výsledky z těchto let. V tabulce 3 jsou uvedeny výsledky prvních 32 zemí ze 41 zúčastněných.

Tabulka 2: Výsledky PISA 2000 – přírodovědná gramotnost

Země	Průměr	
Korea	552	▲
Japonsko	550	▲
Finsko	538	▲
Velká Británie	532	▲
Kanada	529	▲
Nový Zéland	528	▲
Austrálie	528	▲
Rakousko	519	●
Irsko	513	●
Švédsko	512	●
Česká republika	511	
Francie	500	●
Norsko	500	●
USA	499	●
Maďarsko	496	▼
Island	496	▼

Země	Průměr	
Belgie	496	▼
Švýcarsko	496	▼
Španělsko	491	▼
Německo	487	▼
Polsko	483	▼
Dánsko	481	▼
Itálie	478	▼
Lichtenštejnsko	476	▼
Řecko	461	▼
Rusko	460	▼
Lotyšsko	460	▼
Portugalsko	459	▼
Lucembursko	443	▼
Mexiko	422	▼
Brazílie	375	▼

Tabulka 3: Výsledky PISA 2003 – přírodovědná gramotnost

Země	Průměr	
Finsko	548	▲
Japonsko	548	▲
Hongkong	539	●
Korea	538	●
Lichtenštejnsko	525	●
Austrálie	525	●
Macao	525	●
Nizozemí	524	●
Česká republika	523	
Nový Zéland	521	●
Kanada	519	●
Švýcarsko	513	●
Francie	511	▼
Belgie	509	▼
Švédsko	506	▼
Irsko	505	▼

Země	Průměr	
Maďarsko	503	▼
Německo	502	▼
Polsko	498	▼
Slovensko	495	▼
Island	495	▼
USA	491	▼
Rakousko	491	▼
Rusko	489	▼
Lotyšsko	489	▼
Španělsko	487	▼
Itálie	486	▼
Norsko	484	▼
Lucembursko	483	▼
Řecko	481	▼
Dánsko	475	▼
Portugalsko	468	▼

5. Úrovně způsobilosti

Procentuální zastoupení českých žáků na jednotlivých úrovních způsobilosti je uvedeno v tabulce 4. Současné uvádíme toto zastoupení pro Finsko, které dosáhlo nejlepších výsledků, a průměr zemí OECD.

Tabulka 4: Procentuální zastoupení žáků na jednotlivých úrovních způsobilosti v oblasti přírodních věd

	úroveň						
	pod 1	1	2	3	4	5	6
ČR	3	12	23	28	22	10	2
Finsko	1	4	14	29	32	17	4
Průměr OECD	5	14	24	27	20	8	1

Na dvou nejvyšších úrovních způsobilosti se nachází 12 % českých žáků, což je o 3 % více než průměr zemí OECD. Pod druhou úroveň způsobilosti, která byla stanovena jako základní, je 15 % českých žáků, průměr zemí OECD je 19 %. Ve Finsku je takových žáků ale pouze 5 %. Rozdíly v zastoupení českých dívek a chlapců na jednotlivých úrovních způsobilosti byly minimální.

6. Výsledky na dílčích škálách

Srovnáním výsledků žáků na dílčích škálách s jejich celkovým výsledkem v přírodovědném testu lze určit, ve kterých dílčích oblastech jsou žáci více nebo méně úspěšní.

6.1 Kompetenční škály

Čeští žáci jsou více úspěšní na škále vysvětlování jevů pomocí přírodních věd (aplikace vědomostí) a méně úspěšní na škále rozpoznávání přírodovědných otázek (rozpoznávání otázek, které lze vědecky zodpovědět). Obdobně jsou na tom i žáci Maďarska, Slovenska, Estonska, Polska a Litvy. Výsledky českých a slovenských žáků jsou navíc výrazně horší i na škále používání vědeckých důkazů (interpretace a používání vědeckého dokazování). V tabulce 5 je uvedeno, nakolik je výsledek žáků příslušné země na konkrétní dílčí škále lepší nebo horší než celkový výsledek v přírodovědném testu.

Na celkové přírodovědné škále téměř neexistují významnější rozdíly ve výsledcích českých chlapců a dívek, na dílčích škálách je situace ale jiná.

České dívky mají výrazně lepší výsledky než chlapci na kompetenční škále rozpoznávání přírodovědných otázek. Naopak čeští chlapci jsou lepší než dívky ve vysvětlování jevů pomocí přírodních věd, přičemž tento rozdíl patří mezi zúčastněnými zeměmi k největším. Na škále používání vědeckých důkazů se výsledky českých chlapců a dívek neliší. Obdobná situace je ve většině zemí OECD.

Tabulka 5: Rozdíly ve výsledcích na kompetenčních škálách

	Celkový průměr přírodní vědy	Kompetence		
		Rozpoznávání přírodovědných otázek	Vysvětlování jevů pomocí přírodních věd	Používání vědeckých důkazů
Česká republika	513	−12	15	−12
Maďarsko	504	−21	14	−7
Slovensko	488	−13	13	−11
Estonsko	531	−16	9	0
Polsko	498	−15	8	−4
Litva	488	−12	7	−1
Finsko	563	−8	3	4

6.2 Vědomostní škály

Výsledky českých žáků na škále vědomosti o přírodních vědách (vědecké postupy) jsou výrazně horší než jejich výsledky na škále vědomosti z přírodních věd (znalost obsahu).

Rozdíl mezi výsledky na obou škálách je v České republice největší ze zemí OECD. Druhý a třetí největší rozdíl byl shledán v Maďarsku a na Slovensku.

Výsledky žáků v oblasti vědomosti z přírodních věd byly sledovány na třech škálách. Maďarsko a Česká republika jsou dvě země OECD s nejlepším relativním výsledkem na škále neživé systémy (fyzika, chemie). Spolu se Slovenskem, Švédskem, Slovinskem a Rumunskem tvoří skupinu šesti evropských zemí, jejichž žáci dosáhli na této škále výrazně lepších výsledků než na celkové přírodovědné škále.

V tabulce 6 je uvedeno, nakolik je výsledek žáků příslušné země na konkrétní dílčí vědomostní škále lepší nebo horší než celkový výsledek v přírodovědném testu.

Tabulka 6: Rozdíly ve výsledcích na vědomostních škálách

	Celkový průměr přírodní vědy	Vědomosti o při- rodních vědách	Vědomosti z přírodních věd		
			Neživé systémy	Živé systémy	Země a vesmír
Česká republika	513	−14	21	12	13
Maďarsko	504	−12	29	5	9
Slovensko	488	−10	15	11	15
Švédsko	503	−5	14	8	−5
Slovinsko	519	−9	12	−2	15
Rumunsko	418	−6	10	8	−12
Finsko	563	−6	−4	11	−9

Na škále neživé systémy měli chlapci ve všech zemích OECD výrazně lepší výsledky než dívky. Česká republika však spolu s Rakouskem, Maďarskem a Slovenskem patří k zemím s největším rozdílem ve výsledcích chlapců a dívek. Na škále živé systémy nebylo v zúčastněných zemích pozorováno mnoho významnějších rozdílů mezi chlapci a dívkami. Mezi země bez výrazných rozdílů patří i Česká republika. Největší rozdíl mezi chlapci a dívkami ze všech zúčastněných zemí na škále systémy Země a vesmíru byl zjištěn v České republice. Jde o oblast, kde jsou lepší výsledky chlapců obecným trendem.

7. Rozdíly ve výsledcích žáků různých typů škol

Česká republika patří k zemím, kde jsou velké rozdíly ve výsledcích žáků různých škol. Nejlepších výsledků dosáhli stejně jako v předchozích šetřeních žáci gymnázií, nejhůře si vedli žáci nematuritního středoškolského studia a speciálních škol.

V tabulce 7 je uveden jednak průměrný výsledek žáků v přírodovědném testu podle typu školy a také procentuální zastoupení žáků těchto typů škol na jednotlivých úrovních způsobilosti.

Všichni žáci víceletých a čtyřletých gymnázií se nacházejí nad první úrovní způsobilosti, ve středním odborném studiu s maturitou je nad touto úrovní 96 % žáků. Je znepokojující, že druhé úrovně způsobilosti, která je považována za základní, nedosahuje pětina žáků základních škol, třetina žáků ve středním odborném studiu bez maturity a dvě třetiny žáků škol speciálních.

Tabulka 7: Výsledky podle typů škol

	Průměr	úroveň						
		pod 1	1	2	3	4	5	6
Základní škola	488	4	15	30	30	17	4	1
Víceleté gymnázium	628	–	–	1	13	38	36	11
Čtyřleté gymnázium	613	–	–	4	15	40	34	6
SOŠ, SOU s maturitou	542	–	3	18	37	30	10	1
SOŠ, SOU bez maturity	443	6	26	40	23	5	–	–
Speciální škola	375	31	37	23	8	2	–	–
ČR	513	3	12	23	28	22	10	2

Značné rozdíly mezi žáky různých typů škol se objevují rovněž na třech dílčích kompetenčních škálách (viz tabulka 8).

Tabulka 8: Rozdíly ve výsledcích na kompetenčních škálách

	Celkový průměr přírodní vědy	Kompetence		
		Rozpoznávání přírodních otázek	Vysvětlování jevů pomocí přírodních věd	Používání vědeckých důkazů
Základní škola	488	–9	15	–17
Víceleté gymnázium	628	–18	11	2
Čtyřleté gymnázium	613	–11	3	4
SOŠ, SOU s maturitou	542	–12	12	–4
SOŠ, SOU bez maturity	443	–13	24	–25
ČR	513	–12	15	–12

Nejvyrovnanější výsledky na jednotlivých kompetenčních škálách mají žáci čtyřletých gymnázií, největší rozdíly pozorujeme u žáků středního odborného studia bez maturity a do značné míry též u žáků základních

škol. U žáků dvou posledních jmenovaných typů škol je přitom zřejmé, že osvojování dovednosti vysvětlování jevů pomocí přírodních věd probíhá zejména na úkor dovednosti používání vědeckých důkazů.

8. Dotazníkové šetření

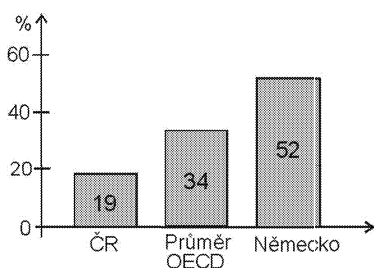
Každé šetření výzkumu PISA doprovází také dotazníkové šetření mezi testovanými žáky a řediteli testovaných škol. Jeho cílem je zjistit faktory, které mohou ovlivňovat výsledky vzdělávání. Školní dotazníky zjišťují základní údaje o škole, o rozdělení odpovědností a pravomocí, o kritériích pro přijímání a hodnocení žáků, o pedagogickém sboru, o používaných výchovných a vyučovacích metodách, o materiálních a výchovných problémech.

Žákovské dotazníky obsahují otázky týkající se základních demografických charakteristik žáků, jejich domácího zázemí, podmínek a průběhu výuky, vztahu žáků ke škole a k testovaným předmětům.

Jako příklad uvádíme dále odpovědi žáků na několik otázek týkajících se průběhu výuky a zejména experimentálních činností.

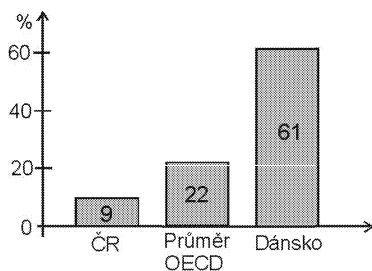
Žáci odpovídali na otázku „Jak často se v hodinách přírodovědných předmětů setkáváš s následujícími situacemi?“. V grafech je uvedeno procento žáků, kteří volili možnosti „ve všech hodinách“ nebo „ve většině hodin“. Uveden je údaj pro Českou republiku, pro zemi s nejvyšším procentem těchto odpovědí a průměr zemí OECD.

Graf 1: Učitel žákům předvádí demonstrační pokusy (ve všech nebo většině hodin)



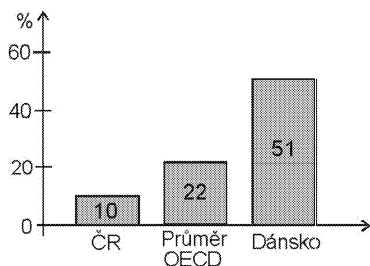
(Odpověď „nikdy nebo téměř nikdy“ zvolilo 36 % českých žáků.)

Graf 2: Žáci provádějí praktické pokusy v laboratoři (ve všech nebo většině hodin)



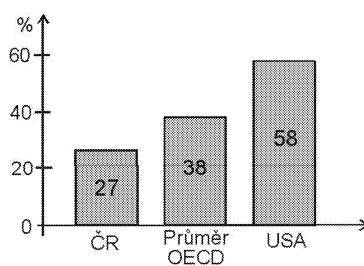
(Odpověď „nikdy nebo téměř nikdy“ zvolilo 42 % českých žáků.)

Graf 3: Od žáků se vyžaduje, aby navrhli, jak by se přírodovědné otázky daly zkoumat v laboratoři (ve všech nebo většině hodin)



(Odpověď „nikdy nebo téměř nikdy“ zvolilo 58 % českých žáků.)

Graf 4: Učitel využívá přírodních věd k tomu, aby žákům pomohl porozumět světu mimo školu (ve všech nebo většině hodin)



(Odpověď „nikdy nebo téměř nikdy“ zvolilo 26 % českých žáků.)

9. Postoje žáků

Postoje žáků tvoří jednu ze složek přírodovědné gramotnosti. V rámci výzkumu PISA 2006 byly zkoumány jednak prostřednictvím otázek v žákovském dotazníku, tak také pomocí otázek, které byly součástí testových úloh a zjišťovaly postoje žáků přímo v kontextu úlohy.

Výzkum PISA mimo jiné zjišťoval, jaké mají žáci představy o svém budoucím studiu a povolání, jaký je vůbec jejich zájem o přírodní vědy či jaký je jejich vztah k problematice životního prostředí.

Následující tabulka 9 ukazuje, jaké procento českých žáků by se chtělo věnovat studiu přírodních věd a pracovat v této oblasti.

Tabulka 9: Zájem o studium a práci v oblasti přírodních věd

	Chtěl/a bych studovat přírodní vědy po skončení střední školy	Chtěl/a bych pracovat v oblasti přírodních věd
Celkem ČR	17 %	25 %
Dívky ČR	19 %	29 %
Chlapci ČR	15 %	22 %
OECD	31 %	37 %

V zemích OECD chce v průměru 31 % žáků po skončení střední školy studovat některý z přírodovědných oborů a 37 % jich chce pracovat v oblasti přírodních věd. V České republice je takových žáků pouze 17 % a 25 %. Podobný výsledek byl také v Maďarsku, Polsku a na Slovensku. Ve většině zemí chtějí dívky a chlapci ve stejné míře buď po střední škole studovat přírodní vědy, nebo v oblasti přírodních věd pracovat. Je zajímavé, že Česká republika je jedinou zemí, kde se chce v budoucnu přírodním vědám věnovat více dívek než chlapců.

10. Závěr

Čeští žáci dosahují ve výzkumu PISA v oblasti přírodních věd dlouhodobě nadprůměrné výsledky. Jak ukázal výzkum PISA 2006, který se přírodními vědami zabýval hlouběji, silnou stránkou českých žáků jsou především faktické znalosti. Problémy jim pak dělá např. vytváření hypotéz, využívání různých výzkumných metod, experimentování, získávání a interpretace dat, posuzování výsledků výzkumu, formulování a dokazování závěrů. Výsledky českých žáků v oblasti vědomostí z přírodních věd byly výrazně lepší než výsledky v oblasti vědomostí o přírodních vědách. Výborní byli čeští žáci zejména v oblasti fyziky a chemie (škála neživé systémy). Co se týče zkoumaných kompetencí, byli čeští žáci úspěšnější při aplikaci vědomostí (škála vysvětlování jevů pomocí přírodních věd) než při rozpoznávání otázek, které lze vědecky zkoumat (škála rozpoznávání přírodovědných otázek) a při interpretaci a používání vědeckého dokazování (škála používání vědeckých důkazů). Podobně na tom jsou i žáci Maďarska a Slovenska. Dá se říci, že tyto tři země mají podobnou tradici přírodovědného vzdělávání, které klade větší důraz na shromažďování a reprodukci teoretických znalostí než na podstatu vědeckého zkoumání a uvažování. V České republice byla skutečnost, že se žáci o přírodovědných jevech a jejich vysvětlení učí, místo aby je sami objevovali, dokumentována již v rámci videostudie realizované v roce 1999 jako součást výzkumu TIMSS [5], [6].

Česká republika patří k zemím, kde jsou velké rozdíly mezi nejlepšími a nejslabšími žáky. Značné jsou také rozdíly ve výsledcích žáků různých typů škol. Rozdíly mezi různými typy škol v České republice jsou velkou měrou způsobeny tím, že se na nich shromažďují žáci s podobným socioekonomickým zázemím. Na výběr školy (zejména při přechodu ze základních škol na víceletá gymnázia nebo do jazykových a jinak specializovaných tříd) má pak silný vliv rodinné zázemí žáků.

Další informace o výsledcích výzkumu PISA 2006 lze nalézt v publikaci [1], podrobné výsledky pak v publikacích [3] a [4], které jsou ke stažení na mezinárodních webových stránkách projektu PISA.

Literatura

- [1] *PALEČKOVÁ, J. a kol.*: Hlavní zjištění výzkumu PISA 2006. Poradí si žáci s přírodními vědami? ÚIV, Praha 2007.
- [2] *FRÝZKOVÁ, M., PALEČKOVÁ, J.*: Přírodovědné úlohy výzkumu PISA. ÚIV, Praha 2007.
- [3] PISA 2006. Science competencies for tomorrow's world. Volume 1: Analysis. OECD 2007.
- [4] PISA 2006. Volume 2: Data. OECD 2007.
- [5] *MANDÍKOVÁ, D.*: Výuka přírodních věd v různých zemích – výsledky videostudie TIMSS 1999. MFI 17, č. 5 (s. 281 – 295) a 6 (s. 343 – 351), Prométheus, Praha 2008.
- [6] ROTH, K. J. et al. Teaching Science in Five Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study. Washington (DC): U.S. Department of Education, NCES 2006. 198 s.
- [7] *STRAKOVÁ, J. a kol.*: Vědomosti a dovednosti pro život. Čtenářská, matematická a přírodovědná gramotnost patnáctiletých žáků. Praha, ÚIV, 2002.
- [8] *PALEČKOVÁ, J., TOMÁŠEK, V.*: Učení pro zítřek. Praha, ÚIV, 2005.

Další informace a materiály k výzkumu PISA lze nalézt na adresách:

Mezinárodní stránky: <http://www.pisa.oecd.org>

Národní stránky: <http://www.uiv.cz/rubrika/67>

Příloha 1: Ukázka přírodovědné úlohy

Pro představu o charakteru přírodovědných úloh používaných ve výzkumu uvádíme ukázkou jednu z uvolněných úloh. Další úlohy naleznete např. v publikaci [2].

SKLENÍKOVÝ EFEKT

Přečti si text a odpověz na otázky, které jsou za ním uvedeny.

Skleníkový efekt: skutečnost nebo výmysl?

Živé věci potřebují k přežití energii. Energie, která udržuje život na Zemi, přichází ze Slunce, které je velmi žhavé, a tak vyzařuje energii do vesmíru. Nepatrná část této energie se dostává na Zemi.

Zemská atmosféra působí jako ochranná pokrývka povrchu naší planety a zabraňuje změnám teploty, které by existovaly ve světě bez vzduchu.

Většina vyzařené energie přicházející ze Slunce prochází zemskou atmosférou. Země něco z této energie pohltí a něco se od zemského povrchu odrazí zpět. Část této odražené energie pohltí atmosféra.

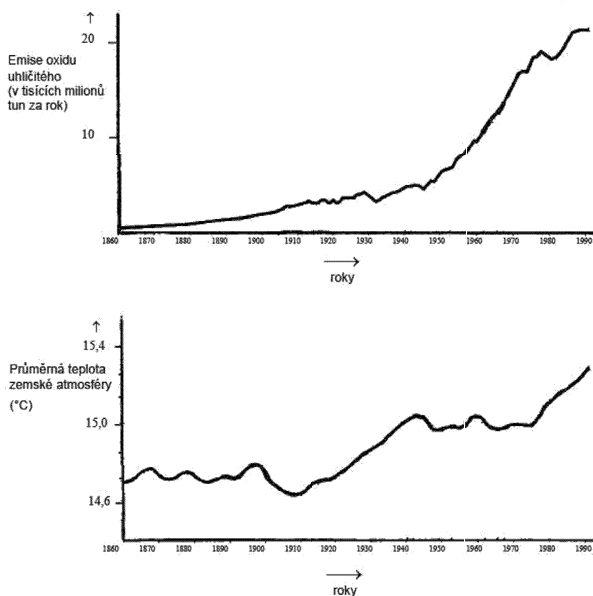
V důsledku toho je průměrná teplota nad zemským povrchem vyšší, než by byla, kdyby nebylo atmosféry. Zemská atmosféra má stejný účinek jako skleník, odtud tedy pochází termín *skleníkový efekt*.

Říká se, že skleníkový efekt v průběhu dvacátého století zesílil.

Faktem je, že průměrná teplota zemské atmosféry vzrostla. V novinách a časopisech se často tvrdí, že hlavní příčinou vzrůstu teploty ve dvacátém století jsou rostoucí emise oxidu uhličitého.

Žáka Ondru začal zajímat možný vztah mezi průměrnou teplotou zemské atmosféry a emisemi oxidu uhličitého na Zemi.

V knihovně našel následující dva grafy.



Ondra z těchto dvou grafů usoudil, že je jisté, že vzrůst průměrné teploty zemské atmosféry je způsobený vzrůstem emisí oxidu uhličitého.

Otázka 1: SKLENÍKOVÝ EFEKT

Co v těchto grafech podporuje Ondrův závěr?

.....

.....

Otázka 2: SKLENÍKOVÝ EFEKT

Žákyně Jana nesouhlasí s Ondrovým závěrem. Porovnává oba grafy a říká, že některé části grafů jeho závěr nepodporují.

Uveď příklad části grafů, která nepodporuje Ondrův závěr. Vysvětli svou odpověď.

.....

.....

Otázka 3: SKLENÍKOVÝ EFEKT

Ondra trvá na svém závěru, že růst průměrné teploty zemské atmosféry je způsoben vzrůstem emisí oxidu uhličitého. Ale Jana si myslí, že jeho závěr je ukvapený. Říká: „Než uděláš tento závěr, musíš si být jistý, že ostatní faktory, které by mohly ovlivnit skleníkový efekt, se nemění.“

Jmenuj jeden z faktorů, které má Jana na mysli.

.....

.....

Jak na zákony pohybu?

TOMÁŠ NEČAS

Přírodovědecká fakulta MU, Brno

Privést studenty k porozumění silovému působení mezi tělesa a Newtonovým zákonům pohybu je bezesporu jedním z nejdůležitějších cílů při výuce mechaniky nejen na střední škole. Při použití standardní gymnaziální učebnice [1] a tradičních úloh, které najdeme ve sbírkách, se může zdát, že nejde o nic obtížného. Porozuměli však studenti Newtonovým zákonům doopravdy? Umí je správně použít při vysvětlení jednoduchých reálných dějů? Při testování se zjišťuje, že odpovědi na vyslovené otázky jsou často záporné. Mohou za to zejména špatné intuitivní představy žáků (viz [3], [4], [5]) a nevhodný, někdy dokonce nesprávný, výklad této látky. V článku představím vlastní pokus jak toto téma zvládnout lépe.

Pokus probíhal v rámci testování návrhu alternativní učebnice mechaniky [2], kterou jsme vytvořili v Brně na přírodovědecké fakultě Masary-

kovy univerzity. Testování učebnice probíhalo od počátku školního roku 2007/2008 ve všeobecné gymnaziální třídě s dotací dvě hodiny fyziky týdně. Každý student dostal zapůjčený jeden výtisk učebnice, podle které byla výuka vedena.

Není cílem zde popisovat způsob výkladu pohybových zákonů, demonstračních experimentů a příkladů použitých v hodinách. Pro základní představu dobře poslouží příslušná kapitola „Zákony pohybu“ v návrhu učebnice, který je dostupný na internetu [2].

V článku představím dva způsoby, kterými jsem zjišťoval, zda studenti pohybovým zákonům porozuměli a zda je umějí použít při vysvětlení jednoduchých reálných dějů.

Domácí projekt

Studenti dostali toto zadání domácího projektu:

„Vymyslete si vlastní příklad nějaké reálné situace, kterou je možné vysvětlit pomocí pohybových zákonů a rozboru působících sil. Váš projekt musí obsahovat: 1) Popis zvoleného problému či situace, popřípadě komentář, kde se s ní můžeme setkat. 2) Rozbor působících sil a použití pohybových zákonů, fyzikální vysvětlení. 3) Jakýkoliv výpočet založený na parametrech, které si najdete na internetu, v tabulkách, knize nebo je odhadnete.“

Cílem projektu pochopitelně není jen použití pohybových zákonů, ale také vytváření představy o významu fyziky v přírodě a technice nebo obecná schopnost řešit problém a prezentovat jej.

Zadání byla věnována celá jedna vyučovací hodina, ve které jsem předvedl vzorový projekt „Spirála smrti“ (vystavený na [2]), vytvořený za tímto účelem, a vyjmenoval nejrůznější situace, které by se daly zpracovat. Studenti mohli také použít jako inspiraci nebo vzor řešené i neřešené úlohy z učebnice [2] a samozřejmě využít možnosti konzultací. Po odevzdání jsem každý projekt obdivoval a slovně ohodnotil, upozornil na největší omyly a chyby a doplnil otázku, na kterou by měl student ještě odpovědět, nebo co by mohl doplnit.

Celkově byl tento pokus úspěšný a splnil očekávání, i když byl časově náročný. Vzhledem k tomu jsme se všemi studenty neprošli tradiční úlohy a nemohli jsme ani prezentovat třídě všechny povedené projekty. Přibližně polovina studentů vymyslela vlastní příklad, ostatní použili některé z mnou uváděných témat. Někteří vymysleli téma, které neodpovídalo zadání a nekonzultovali ho, takže jejich projekt svůj účel vůbec nesplnil – v dané situ-

aci se silové a pohybové zákony vůbec nepoužily. Naopak několik nejlepších projektů bylo natolik zajímavých, že i já jsem se poučil. Potvrdilo se, že někteří studenti dokáží vymyslet zajímavější příklady, než můžeme někdy vidět ve sbírkách úloh nebo fyzikální olympiádě. Pro představu uvedu stručně obsah nejlepších projektů:

Mezní rychlost koule: Projekt obsahuje kvalitativní rozbor pádu tělesa při uvážení odporu vzduchu podle Newtonova vztahu a výpočet mezní rychlosti pro kulové těleso v závislosti na jeho poloměru. Získaný vztah je prezentován formou grafu závislosti mezní rychlosti na poloměru pro koule o různé hustotě.

Zákon zachování hybnosti s kulometem: Projekt obsahuje přesné údaje o rychlosti a hmotnosti různých projektilů podle typu zbraně a pomocí zákona zachování hybnosti počítá rychlost, kterou po zásahu získá člověk o hmotnosti 80 kg. Dochází k závěru, že to, co vidíme v akčních filmech, je nesmysl.

Odpor vzduchu F1: Projekt obsahuje přesné údaje o odporových koeficientech vozu Formule 1 a osobního auta. Poté porovnává odporovou sílu při různých rychlostech. Zajímavým zjištěním je, že vůz F1 má odporový koeficient mnohem větší než osobní auto, což autor také správně vysvětluje. F1 totiž pomocí přitlaku způsobeného prouděním podstatně zvětšuje tlakovou sílu mezi silnicí a autem a tím i maximální přípustnou statickou třecí sílu, která určuje dosažitelné zrychlení auta.

Test

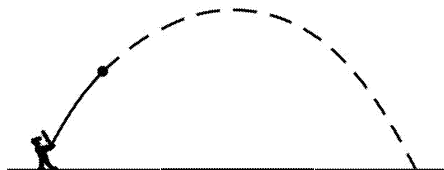
Pro ověření správného pochopení pohybových zákonů jsem sestavil test skládající se z převážně kvalitativních otevřených úloh. Všechny se týkají jednoduchých reálných situací. Všech šest úloh testu zde uvádím včetně správných odpovědí a stručného zdůvodnění. Na závěr přikládám vyhodnocení testu v testovaných třídách.

Úloha 1 – Let baseballového míčku

Obrázek znázorňuje pohyb baseballového míčku po odpálení. Odpor vzduchu neuvažujeme, hmotnost míčku je 0,2 kg. Zakreslete do obrázku ve vyznačeném bodě (a) výslednou sílu působící na míček, (b) zrychlení míčku, (c) rychlost míčku (jen směr).

Úloha testuje správnost úvah o působících silách a aplikaci druhého Newtonova zákona. Neuvažujeme-li odpor vzduchu, pak na míček může působit už jen Země tíhovou silou. Ta je tedy zároveň výslednicí a směřuje svisle dolů. Podle druhého Newtonova zákona pak musí stejný směr mít

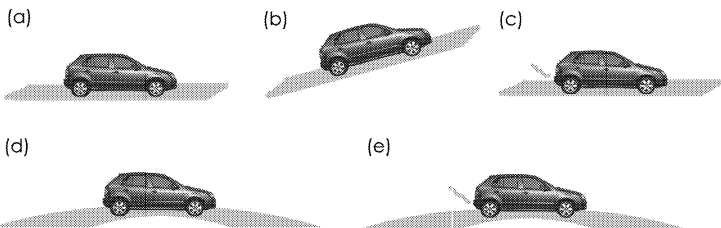
i zrychlení. Případně je možné použít faktu, že vržené těleso se v gravitačním poli pohybuje se zrychlením g . Otázka (c) se vrací ke kinematice – rychlost míčku je vždy tečnou k trajektorii.



Úloha 2 – Auto

Vyznačte výslednou sílu (jen směr) působící na auto v těchto situacích:

- (a) auto jede stálou rychlostí po přímé vodorovné silnici,
- (b) auto jede stálou rychlostí po přímé silnici do kopce,
- (c) auto zrychluje na přímé vodorovné silnici,
- (d) auto rovnoměrně projíždí kruhovou zatáčku,
- (e) auto projíždí kruhovou zatáčku a přitom zrychluje.



Úloha testuje aplikaci prvního a druhého Newtonova zákona. Jeho základní myšlenkou je, že výsledná síla určuje směr zrychlení. V případech (a) a (b) se auto pohybuje rovnoměrně přímočaře, tudíž výsledná síla je nulová. V případě (c) míří zrychlení dopředu před auto. V případě (d) se auto pohybuje rovnoměrně po kružnici, výsledná síla má tedy charakter dostředivé síly. Poslední otázka (e) je nejtěžší, jde o obecný pohyb, kdy musí mít zrychlení auta obecně nenulovou jak tečnou tak normálovou složku, totéž platí i pro výslednou sílu.

Úloha 3 – Newtonovo jablko

Ze stromu spadla na zem dvě jablka, těžké a lehké. Zanedbáme-li odpor vzduchu, padala obě jablka volným pádem, tedy se stejným zrychlením g .

(a) Proč bylo zrychlení obou jablek stejné, když na těžší působila větší tíhová síla?

(b) Před pádem visela obě jablka v klidu na stromě. Jaké na ně v této situaci působily síly? Byla mezi nimi nějaká dvojice akce – reakce?

Otázka (a) testuje opět aplikaci druhého Newtonova zákona – tentokrát je třeba si uvědomit význam hmotnosti v tomto vztahu. Těžší jablko má větší (setrvačnou) hmotnost a proto potřebujeme větší sílu k udělení stejného zrychlení. Případně můžeme napsat jednoduchou rovnici $ma = mg \rightarrow a = g$ a vidíme, že na hmotnosti nezáleží. Otázka (b) testuje správné pochopení třetího Newtonova zákona. Na jablko na stromě působí stopka tahovou silou a Země tíhovou silou. Tyto síly jsou stejně velké a opačně orientované, nejedná se však od akci a reakci, neboť působí na stejné těleso.

Úloha 4 – Vesmírná stanice

Následující úlohu řešte v inerciální vztažné soustavě spojené se Zemí.

(a) Jaká tíhová síla působí na astronauta o hmotnosti 75 kg na vesmírné stanici ISS, kde je tíhové zrychlení $g = 9,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$?

(b) Proč se posádka ISS nachází ve stavu beztíže?

(c) Bylo by možné na palubě vesmírné stanice nějakým způsobem změřit hmotnost tělesa? Navrhněte princip takového měření.

Otázky (a) a (b) testují pochopení kruhového pohybu tělesa v gravitačním poli Země. Pokyn řešit úlohu v inerciální soustavě je zde proto, že vysvětlení beztížného stavu pomocí odstředivé síly považují za zavádějící. Většinou je asi takové, že na astronauta působí gravitace a odstředivá síla, které se vzájemně vyruší a proto je astronaut v beztížném stavu. Kdo ze studentů však umí odpovědět na otázku, kde se odstředivá síla bere? A proč není kosmonaut ve stavu beztíže i když sedí doma na židli, když působící síly se rovněž vyruší?

Proto by se měl stav beztíže vysvětlovat v inerciální soustavě, například pomocí analogie s padajícím výtahem. Astronaut je ve stavu beztíže, protože na něj působí pouze gravitační síla. Rozšířená představa, že k lodi už nedosahuje gravitační pole Země je natolik silná, že mnoho studentů zde tuto odpověď bez přemýšlení uvede, přestože v otázce (a) správně určili tíhovou sílu. Otázka (c) testuje aplikaci pojmu setrvačná hmotnost a je proto obtížná. Ve stavu beztíže můžeme určit pouze setrvačnou hmot-

nost tělesa s využitím druhého Newtonova zákona (měřit sílu a způsobené zrychlení).

Úloha 5 – Výtah

(a) Ve kterých fázích pohybu výtahu je jeho nosné lano napínáno největší silou?

(b) Do výtahu si vezmeme osobní váhu a postavíme se na ni. Ve kterých fázích pohybu bude váha ukazovat menší údaj, než odpovídá skutečné hmotnosti? Jakou veličinu váha vlastně měří?

(c) Jakou hmotnost bude váha ukazovat, jestliže na ní stojí člověk o hmotnosti 80 kg a výtah se rozjíždí směrem vzhůru se zrychlením $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$? (počítejte s $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)

Otázka (a) testuje opět aplikaci druhého Newtonova zákona a také kinematiky. Lano musí působit největší silou v případě, že zrychlení výtahu směřuje nahoru. To nastane ve dvou případech: jednak když výtah zrychluje při jízdě nahoru a jednak když brzdí při jízdě dolů. Správná odpověď tedy musí obsahovat obě možnosti.

Otázka (b) testuje správnou představu o silovém působení mezi tělesy. Úloha je záměrně uvedena návodnou otázkou, kdy bude váha ukazovat menší hmotnost, aby bylo jasné, že hmotnost váha přímo neměří. Správná odpověď je, že váha měří sílu, jakou na ni tlačíme, neboli tlakovou sílu. Otázka (c) je zde pro porovnání obtížnosti. Předpoklad, že číselné řešení, je-li dostatečně jednoduché, dokáže „uhodnout“ víc studentů, než správné kvalitativní vysvětlení se při testování potvrdil. To jen dokládá, že podobnými kvantitativními úlohami porozumění dané problematice často nezjistíme.

Úloha 6 – Formule 1

Vůz Formule 1 dokáže zrychlit z 0 na $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ za 3,0 s. Hmotnost vozu i s pilotem je 600 kg.

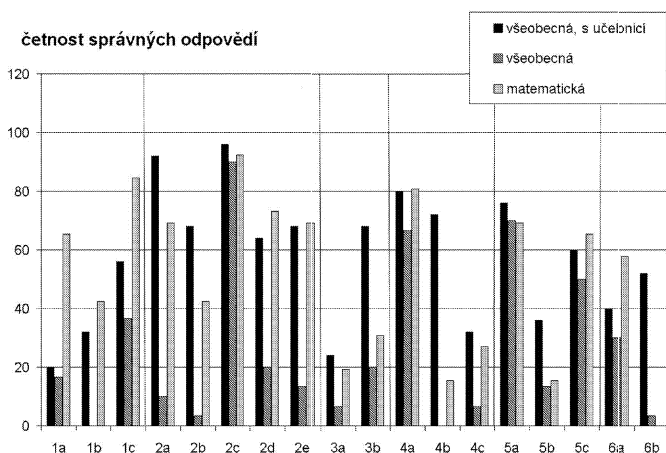
(a) Jaká průměrná výsledná síla musí na vůz při rozjezdu působit?

(b) Jaký druh síly uvádí vůz do pohybu?

Otázka (a) je zde jako zástupce tradiční kvantitativní úlohy (snad s tím rozdílem, že týká skutečného děje a údaje jsou reálné). Pro vyřešení je potřeba použít druhý Newtonův zákon, vztah pro rovnoměrně zrychlený pohyb a správně převést jednotky. Zajímavější je otázka (b), která se snaží zjistit, zda student někdy slyšel či přemýšlel o tom, jaké síly působí při

tak běžné situaci jako je rozjezd auta. Správná odpověď: statické třecí síly mezi koly a silnicí.

Na závěr pro představu uvádím jednoduchý graf, který shrnuje výsledky tohoto testu ve třech různých třídách. Porovnávaly se dvě srovnatelné všeobecné třídy, z nichž v jedné byla výuka vedena popsáním alternativním způsobem a studenti byli vybaveni učebnicí [2]. V druhé třídě probíhala výuka tradičním způsobem. Pro srovnání byla otestována ještě třída zaměřená na matematiku, která má jednak větší hodinovou dotaci a jednak jsou zde přírodovědně nadanější studenti, a kde probíhala výuka rovněž tradičně. V grafu vidíte porovnání úspěšnosti u jednotlivých otázek. Odpovědi byly za účelem vytvoření tohoto grafu hodnoceny zjednodušeně, takže i odpovědi neúplné nebo s chybou byly hodnoceny jako nesprávné.



Literatura

- [1] Fyzika pro gymnázia, sada osmi tematických učebnic, Prometheus, Praha, 1993 – 2004.
- [2] <http://www.physics.muni.cz/~awasin/mechanika.html>
- [3] Mandíková D.: Intuitivní představy o pohybu a síle I. MFI, 15, 2006, č. 9, s. 539 – 547.
- [4] Mandíková D.: Intuitivní představy o pohybu a síle II. MFI, 15, 2006, č.10, s. 598 – 605.
- [5] Mandíková D.: Intuitivní představy o gravitačním působení. MFI, 16, 2006, č. 2, s. 85 – 97.