

Univerzita Karlova v Praze

Pedagogická fakulta

Katedra matematiky a didaktiky matematiky

Jak žáci prvního stupně rozumí termínům o tělesech

Autorka: Anna Sukniak

Vedoucí práce: RNDr. Darina Jirotková, Ph.D.

Praha 2011

Název:

Jak žáci prvního stupně rozumí termínům o tělesech

Abstrakt:

Hlavním cílem práce je získat první zkušenosti s přípravou, realizací, evidencí a analýzou experimentů v oblasti didaktiky matematiky. Práce se skládá ze tří hlavních částí. První část je věnována teoretickým poznatkům týkajících se jazyka geometrie, jeho vývoje u žáků, stejně jako formování matematických představ. Druhá část představuje přípravu a evidenci experimentů. Třetí část se zabývá analýzou činností žáků, v kterých je možno pozorovat jevy zmíněné v první části. Také jsou zkoumány chyby, jichž se experimentátorka v průběhu experimentu dopustila.

Title:

How primary school pupils understand terms about solids

Summary:

The main intention of the work is to gain first-hand experience in the preparation, realization, document registration and analysis of experiments in the field of didactics of mathematics. The work consists of three main parts. The introduction is dedicated to theoretical knowledge concerned with the language of geometry, its development among pupils, and the formation of mathematical conceptions. The second part describes the preparation and registration of the experiments. The third part of the work focuses on the analysis of pupils' activities in which it is possible to observe the phenomena mentioned in the first part. It also probes the mistakes made by the experimenter during the experiments.

Prohlašuji, že jsem svou práci napsala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Karlovy.

V Praze dne 7. 4. 2011

.....

podpis

Poděkování:

Je mi milou povinností poděkovat všem, kteří mě podpořili při tvorbě této bakalářské práce. Zejména pak svému dědovi Milanovi Hejnému, za cenné konzultace, vedoucí práce Darině Jirotkové, zejména za inspiraci, a vedení fakultní základní školy Otokara Chlupa v ulici Fingerova v Praze 5 za možnost uskutečnit 20 experimentů.

1 Úvod.....	7
2 Teoretická příprava.....	8
3 Experimenty a jejich evidence.....	11
3.1 Přehled před-experimentů a experimentů.....	11
3.2 Typy experimentů.....	12
3.3 Scénář před-experimentů.....	13
3.4 Scénář experimentů.....	16
4 Záznamy činnosti žáků a jejich analýza.....	18
4.1 Analýza činnosti žáků.....	18
Hugo.....	18
Anna.....	19
Jakub.....	21
Barbora.....	24
Martin.....	26
Jana.....	28
Nikolas.....	32
Adéla.....	34
Šimon.....	36
Iva.....	37
Vojta.....	37
Květa.....	38
Dalibor.....	39
Honza.....	41
Klára.....	42
Alena.....	42
Tadeáš.....	44
Hynek.....	45
Alice.....	45
Lucie.....	46
4.2 Analýza činnosti experimentátorky.....	47
5 Závěr.....	49
6 Použitá literatura.....	50

1 Úvod

Jako posluchačka oboru speciální pedagogika a matematika jsem původně zamýšlela psát práci o matematických schopnostech nevidomých žáků. Při přípravě tématu jsem měla možnost shlédnout videozáznamy RNDr. Jirotkové, Ph.D., z jejích experimentů týkajících se haptických zkušeností dětí při poznávání těles. Jedním ze subjektů těchto experimentů byl i můj bratranec. Experimenty a jejich analýza mne zaujaly do té míry, že jsem se rozhodla požádat o změnu tématu práce a vedoucího, což mně bylo umožněno. S experimentováním jsem dříve měla téměř nulové zkušenosti a uvítala jsem nabídku mého dědečka M. Hejného, že mi v roli konzultanta pomůže při získávání prvních zkušeností.

Práci, kterou předkládám, jsem sepsala v době od ledna do dubna 2011.

Hlavní přínos své práce vidím v tom, že jsem měla možnost získat první zkušenosti s přípravou, realizací, evidencí a analýzou experimentů v oblasti didaktiky matematiky. Práce mne velice zaujala a ráda bych, bude-li to možné, v této tématice pokračovala i později v rámci diplomové práce.

2 Teoretická příprava

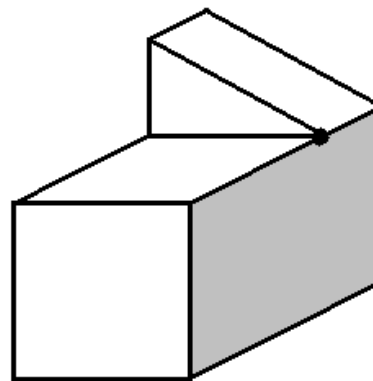
Hlavním zdrojem teoretické přípravy byla nová publikace D. Jirotkové (2010), některé videozáznamy a jejich analýzy týkající se prostorové geometrie (vybrané z archivu matematiky a didaktiky matematiky pdf UK) a konzultace, které mi poskytnul dědeček.

Moje teoretická příprava k práci měla epizodický charakter. V průběhu práce jsem se při studiu teoretických zdrojů zaměřila na některé jevy, které mne oslovily a kde jsem získala hlubší vhled do nové problematiky.

Prvním takovým jevem byl pojem geometrické **osobnosti**, který pochází z antropomatematické analýzy P. Vopěnky (1989). Tento pojem mi umožnil pojmenovat podstatný rozdíl mezi geometrií obsaženou v učebnicích a knihách a geometrií vnímanou žáky. Druhý neméně závažný pojem je **jev průvodní**, kterým Vopěnka (1989, s. 26) označuje „geometrické objekty, které se neukazují osamoceně, mohou však geometrické objekty provázet.“ Tak hrana krychle je stranou stěny, tedy stranou čtverce, jestliže naši pozornost zaměříme pouze na tento čtverec a osobnost krychle přestaneme vnímat. Když pak přestaneme vnímat i čtverec sám a zaměříme svoji pozornost pouze na objekt, který původně byl hranou a pak stranou, stává se tento objekt úsečkou a jako takový je osobností. Sugestivní didaktickou aplikaci tohoto Vopěnkova pohledu jsem našla v archivu M. Hejného. Jeho žáci v šestém ročníku navrhovali změnit termín vrchol krychle na termín roh krychle. Dosáhlo by se tím zesouladění terminologie hrany a vrcholu. U hrany jsme viděli sekvenci hrana (v 3D), strana (v 2D), úsečka (v 1D). Současná terminologie týkající se vrcholů krychle je dána sekvencí vrchol (v 3D), vrchol (v 2D), krajní bod (v 1D). Zde tedy termín vrchol je z hlediska gradace jevů průvodních nepřesný. Přesnější je žáky navrhovaná terminologie roh (v 3D), vrchol (v 2D), koncový bod (v 1D).

V experimentech jsem použila nekonvexní tělesa B, C, F, G (viz Obr. 2). Analýza práce dětí s těmito tělesy vyžadovala, abych se seznámila s kombinatorickou strukturou mnohostěnu. Východiskem zde byl článek M. Hejného (2001). Byla jsem překvapena, když jsem zjistila, že v jistých souvislostech může být obdélník chápán jako pětiúhelník. Mnohostěn na obrázku 1 má jeden silně vyznačený bod. Je to vrchol jedné čtvercové stěny, jedné trojúhelníkové stěny i jedné obdélníkové stěny, tedy je to vrchol tělesa, a proto je i vrcholem každé stěny daného tělesa, na které leží. Takovou stěnou je

i šedivě obarvená stěna, která se tak stává pětiúhelníkem. Aby bylo možné terminologicky ošetřit hrozící zmatek, zavedli geometři upřesňující adjektiva, **tvarový a kombinatorický**. Šedivý útvar na obrázku je tvarový čtyřúhelník, ale kombinatorický pětiúhelník. I když jsem tento konkrétní poznatek při analýze nepoužila, uvádím jej, protože na mne silně zapůsobil.



Obr. 1 Obdélník/pětiúhelník

Synkretické myšlení je pojem pocházející od L. S. Vygotského a jeho stručné vymezení nacházíme u M. A. Cholodné (1997, s. 365): „Synkretismus – charakteristika dětského myšlení v té etapě jeho rozvoje, v níž dítě mezi sebou propojuje různé jevy pouze na základě vlastních, subjektivních (náhodných, situačních) vjemů podle principu „vše je propojeno se vším“.“ V experimentech se jev synkretismu objevil opakovaně. Například v 2. experimentu Anna při popisu tělesa uvedla: „je na styl čtverce, ale trojúhelník je z něj odendanej.“ Termínem čtverec má zřejmě mínit krychli nebo kvádr a termínem trojúhelník trojboký hranol. V uskutečněných experimentech dochází nejčastěji ke synkrezi, ve které je 3D objekt popsán terminologií 2D objektu. Týká se to jak osobností (kvádr je označen za obdélník, jehlan za trojúhelník), tak jevů průvodních (stěna je označena jako strana). Nevyskytl se vůbec případ opačný, kde by 2D objekt byl popsán terminologií 3D objektu. Zajímavé prolnutí pojmu hrana a strana je diskutováno v analýze experimentu 2. (Anna).

U všech experimentů je hned na začátku před žáka postavena galerie čtyř nebo osmi těles. Pohledy na tělesa jsou stylizované. Máme tři druhy stylizace: 1. nahlížíme jenom z jednoho pohledu, 2. bereme jenom část tělesa, 3. část tělesa doplňujeme.

Experimentátorka očekává, že situace vytvoří kontext školní geometrie a že žák bude řešit dané úlohy v tomto kontextu. U všech experimentů žák uvedený kontext skutečně vnímal. V jednom případě (Tadeáš, 17. experiment) došlo k silné interferenci v zaměření pozornosti. Hoch byl zřejmě motivován astronomickými jevy. Nevíme, zda je to pouze okamžité nebo dlouhodobé zaměření pozornosti. Bez ohledu na tuto nejasnost lze říct, že v dané chvíli u hoča dominovala oblast astronomie, která značně utlumila oblast geometrie. Jiné vysvětlení posunuté orientace pozornosti je snaha hoča vyhnout se problematice, ke které má negativní vztah, nebo ze které má strach.

V publikaci Jirotková (2010) je na několika místech diskutován metaforický jazyk a jeho didaktické využití. I ve svých experimentech jsem evidovala oba důležité aspekty metaforického jazyka: je motivující a propojuje geometrii s životními zkušenostmi dítěte. Velice výrazně byl metaforický jazyk použit v experimentu 20. (Lucie).

Poznávací mechanismus žáků byl zkoumán s využitím teorie generického modelu (TGM), která je popsána v Jirotková (2010, s. 18-22). Konkrétní tělesa jsou izolované modely. Když vytvoří komunitu, kterou žák dokáže popsat slovy nebo gesty, je žák na prahu budování generického modelu. Například slovo „díra“ v 3. experimentu (Jakub) poukazuje na všechna nekonvexní tělesa a má tedy charakter generického modelu jevu „nekonvexní“. Podobně slovo „špičatý“ v 8. experimentu (Adéla) poukazuje na všechny jehlany a má tedy charakter generického modelu jehlanu.

V prvních osmi experimentech se od žáka žádá klasifikace. Někteří žáci místo klasifikace používají distribuci. Tyto dva způsoby organizace souborů objektů jsou zkoumány v některých studiích M. Hejného a J. Slezákové, například v Hejný Slezáková (2007).

Klasifikace – vymezení

Je dáno univerzum objektů a soubor tříd tak, že každý z objektů univerza padne do právě jedné třídy. Takové zobrazení univerza do souboru tříd nazýváme klasifikací.

Distribuce - vymezení

Je dáno univerzum objektů, soubor tříd a soubor vlastností A, B, (případně C, D, ...) objektů univerza. Do každé třídy dáme stejný počet prvků univerza mající vlastnost A, stejný počet prvků univerza majících vlastnost B (případně stejný počet prvků univerza majících vlastnost C, ...).

Sklon k distribuci je u žáků (ale jak ukazují výzkumy Hejného a Slezákové i u učitelů) iniciován snahou o spravedlivé dělení.

3 Experimenty a jejich evidence

V době od 20. 1. 2011 do 23. 3. 2011, jsem připravila, realizovala a evidovala 20 experimentů, se žáky 1. – 5. ročníku fakultní základní školy v ulici Fingerova. Bylo to 10 chlapců a 10 dívek. Sumárně jsou všechny experimenty uvedeny v následujícím odstavci.

3.1 Přehled před-experimentů a experimentů

Číslo experim.	Datum	Subjekty	Ročník	trvání	Typy úloh	Typ experim.	Evidence
1.	1. 2.	Honza	5	8:00- 8:45	A, B2, B1, C, D	1.	C
2.		Anna			A, B2, B1,C, D		
3.	2. 2.	Jáchym	4	10:00 - 10:20	A, B1, B2, C, D		A
4.		Barbora			A, B1, B2, C, D		
5.	4. 3.	Mates	5	10:00 - 10:20	A, B1,B3, C, D, E1,	2.	A
6.		Julie			A, B2,B3, C, D, E1,		
7.		Nika	4	10:25 - 10:40	A, B1,B2, C, D, E1,		A
8.		Adéla			A, B2,B3, C, D, E1,		
9.	23. 3.	Šimon	1	8:00 – 8:30	F1, G1	3.	A, B
10.		Eva					
11.		Vojta					
12.		Kačka					
13.		Dan	3	8:35 -9:10	F2,G2	A, B	
14.		Honza					
15.		Klára					
16.		Anna	5	10:00 - 10:20	F3, G3	B	
17.		Tadeáš					
18.		Honza					
19.		Anežka					
20.		Lucie					

Tab. 1 Přehled před-experimentů a experimentů

Legenda. Způsob evidence:

A – záznam na kameru, B – písemný výstup žáka, C – pozorování experimentátora.

Typy úloh a experimentů jsou popsány níže v odstavci 3.2.

Komentář. Experimenty uvedené pod čísly 1. – 4., z nichž na prvních dvou byl přítomen a částečně se podílel i konzultant, jsou považovány za před-experimenty. Jejich cílem bylo pro experimentátorku získání prvních experimentálních zkušeností v daném oboru. Experimentátorem u všech dalších položek byla autorka.

3.2 Typy experimentů

Bylo použito 7 typů úloh. U některých byly vytvořeny varianty. U všech úloh je žákovi předložena galerie těles (viz obr. 2). U úloh F a G to jsou čtyři tělesa A, B, C, D, respektive čtyři tělesa E, F, G, H. U dalších úloh je to všech osm těles. Experimenty jsou tvořeny kombinací jednotlivých úloh. Typ experimentů 1 tvoří úlohy A, B, C, D. Typ experimentů 2 tvoří úlohy A, B, C, D a E. Typ experimentů 3 tvoří úlohy F a G.

Typ úlohy:

- A: experimentátor požádá žáka, aby tělesa rozdělil do dvou skupin po čtyřech podle nějakého kritéria, podle nějaké vlastnosti, kterou mají společnou.
- B: experimentátor rozdělí galérii na dvě čtveřice těles a úkolem žáka je říct kritérium použitého dělení, neboli vlastnost, podle které byla tělesa rozdělena. Při tom byla použita tři kritéria:
1. Barva (tj. tělesa ABCD – EFGH)
 2. Konvexnost (tj. „vykousnutost“, ADEF – BCGH)
 3. Jehlany/hranoly (tj. ABEF – CDGH)
- C: experimentátor ukáže na těleso G (popřípadě C) a úkolem žáka je toto těleso popsat tak, aby jeho přítel uměl pouze na základě tohoto slovního popisu určit, o které z osmi těles se jedná.
- D: experimentátor požádá žáka, aby vybral jedno těleso a popsal ho tak, aby žák druhého ročníku uměl pouze na základě tohoto slovního popisu určit, o které z osmi těles se jedná.

E: experimentátor heslovitě popíše jedno těleso a úkolem žáka je ukázat těleso, které bylo popsáno. Popis je:

1. Je žluté a obsahuje šestiúhelník.
2. Modrá vykousnutá pyramida.
3. 3D písmeno M, prostorové M.

F: 1. Vyber dvě tělesa a popiš (ústně).
2. Popiš každé z těchto čtyř těles (ústně).
3. Popiš každé z těchto čtyř těles (písemně).

G: k jednotlivým popisům přiřaď, o jaké těleso se jedná:

1. Viz příloha 3A
2. Viz příloha 3B
3. Viz příloha 3C

3.3 Scénář před-experimentů

Cílem před-experimentů, jak bylo výše řečeno, je získání prvních zkušeností s experimenty v daném oboru. Konzultant bude přítomen na prvních dvou experimentech, aby je případně usměrňoval. Subjekty před-experimentu budou čtyři žáci, dva ze 4. ročníku, dva z 5. ročníku, pokaždé jedna dívka a jeden hoch. O výběr žáků požádám paní učitelku. Experimenty budou podle možnosti probíhat v klidné místnosti bez akustické intervence zvenčí.

Pracujeme s galerií osmi těles A, B, C, D, E, F, G, H (viz obr. 2):

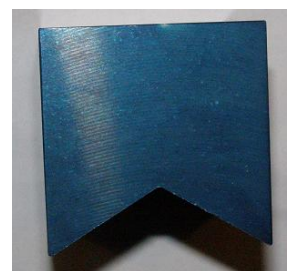


Obr. 2 Galerie těles

Tělesa A až D jsou vyrobena z kovu, tělesa E až H ze sádry.

Kovová tělesa jsou těžší a chladnější než sádrová.

Tělesa A a E jsou shodná (pravidelný čtyřboký jehlan), stejně tak tělesa B a F (nekonvexní pětiboký jehlan) i tělesa C a G (nekonvexní pětiboký hranol) a tělesa D a H (pravidelný šestiboký hranol).



Obr. 3 Pětiúhelník

Podstava těles B, C, F a G je nekonvexní pětiúhelník (obr. 3).

Kritérium	Třídy	Objekty
01 Hmotnost	Těžké	A B C D
	Lehké	E F G H
02 Barva	Modrá	A B C D
	Žlutá	E F G H
03 Teplota	Studené	A B C D
	Neutrální	E F G H
04 Materiál	Kov	A B C D
	Sádra	E F G H
05 Konvexnost	Konvexní	A D E H
	Nekonvexní	B C F G
06 Jehlan/hranol	Jehlan	A B E F
	Hranol	C D G H
07 Počet vrcholů	Méně než 9	A B E F
	Více než 9	C D G H
08 Tvar bočních stěn	Trojúhelníkový	A B E F
	Obdélníkový	C D G H
09 Počet vrcholů modulo	Násobek 5	A C E G
	Násobek 6	B D F H

Tab. 2 Kritéria vytváření skupin

Tabulka 2 uvádí kritéria, podle nichž je možno galerii všech těles rozdělit na dvě čtyřprvkové skupiny. V původním scénáři kritérium 04 nebylo. Dopsala jsem jej až po experimentech, v nichž se objevilo. Kritéria 07 a 09 žáci nepoužili.

Scénář před-experimentů

Žáka určeného paní učitelkou odvede experimentátorka do vymezené místnosti a již po cestě začne klimatický rozhovor, jehož cílem je odstranit případnou nedůvěru žáka. První vstup bude mít asi následující formu: *„Ahoj. Já jsem Anička a dělám experimenty, které mají za úkol zjistit úroveň geometrické představivosti u žáků. Zadám ti úkol a budu kamerou zaznamenávat tvůj postup. Pak budeme tvoje řešení ještě rozebírat. Tím, že se mnou spolupracuješ, mi moc pomáháš. Jestli budeš mít jakékoliv dotazy, klidně se ptej.“*

Experimentátorka a subjekt sedí proti sobě u stolu, na němž je galerie osmi těles (obr. 2). Zadává žákovi úkol, snaží se zjistit, zda zadání rozumí. V případě potřeby zadání opakuje a provází jej gestikulací. *„Před sebou máš osm těles. Rozděl je do dvou skupin po čtyřech podle nějakého kritéria, podle nějaké vlastnosti, kterou mají ty čtyři společnou.“*

Po vyřešení prvního úkolu bude experimentátorka po žákovi požadovat verbalizaci kritéria dělení: *„Podle čeho jsi to rozdělil?“*

Lze očekávat, že žák zvolí rozdělení ABCD-EFGH, nebo ABEF-CDGH, nebo ADEH-BCFG. Pak experimentátorka sama postupně udělá další dvě rozdělení a požádá žáka, aby formuloval kritérium toho rozdělení. Tedy zde nutno scénář dělit do tří různých tahů podle toho, které rozdělení žák udělá. Postup původního scénáře (viz příloha 3D) byl autorkou po 1. a 2. experimentu přehodnocen a změněn (viz Tab. 3).

Řešení žáka	1. Rozdělení autorky	2. Rozdělení autorky
ABCD-EFGH	ADEH-BCFG	ABEF-CDGH
ADEH-BCFG	ABCD-EFGH	ABEF-CDGH
ABEF-CDGH	ABCD-EFGH	ADEH-BCFG

Tab. 3 Postup při modelování skupin

První vstup po žákově verbalizaci rozdělení, které zvolil, bude: „*Výborně, děkuji. Některé děti rozdělily tělesa do těchto dvou skupin. Uměl bys mi říct, podle čeho je takto rozdělily?*“

Druhý vstup po tom, co žák vysloví kritérium rozdělení, bude: „*Děkuji. A pak jsme měli i děti, které tělesa rozdělily do těchto dvou skupin. Uměl bys mi říct podle čeho je rozdělily?*“

U prvního a druhého před-experimentu (Honza, Anna) konzultant improvizovaně vložil další dvě úlohy, které se pak staly součástí standardního scénáře.

Experimentátorka předkládá žákovi úlohu C: „*Představ si, že by tady seděla tvoje kamarádka a ty sedíš zády k nám. Máš ji popsat těleso G pouze slovně, takže na něj nemůžeš ukázat. Jak bys jí ho popsal, aby z těch všech těles vybrala právě tohle?*“

Experimentátorka předkládá žákovi úlohu D: „*A kdyby sis měl sám vybrat jedno těleso, které máš popsat žákovi druhého ročníku, které by to bylo a jak bys to udělal?*“

Po před-experimentech byl vytvořen scénář experimentů. V něm byly využity zkušenosti, které autorka získala při před-experimentech. Například byla modifikována Tab. 3.

3.4 Scénář experimentů

Experimenty 5. - 8. byly uskutečněny podle scénáře před-experimentu rozšířeného o úlohu E. Subjekty experimentů budou čtyři žáci, dva ze 4. ročníku, dva z 5. ročníku, pokaždé jedna dívka a jeden hoch. Z každého ročníku bude stejný počet hochů i dívek.

Úloha E: „*A teď ti já popíšu několik těles a po tobě budu chtít, abys mi ukázal, které si myslíš, že popisuju.*“ Experimentátorka postupně říká následující popisy: „*Je žluté a obsahuje šestiúhelník. Modrá vykousnutá pyramida. Žluté prostorové M.*“

V experimentech 9. – 20. experimentátorka pracuje s galerií čtyř těles A, B, C, D, nebo E, F, G, H (viz obr. 2). Bude pozorovat artikulační a interpretační schopnosti žáků 1., 3. a 5. ročníku základní školy. Z každého ročníku 4 žáci, pokaždé dva hoši a dvě dívky. O výběr žáků požádá paní třídní učitelku. Experimenty budou podle možnosti probíhat v oddělené místnosti bez akustické intervence zvenčí. Žáci 1. a 3. ročníku, určení paní

učitelkou, budou postupně chodit do vymezené místnosti. Žáci 5. ročníku se budou experimentu účastnit najednou.

První vstup bude mít asi následující formu: „*Ahoj. Já jsem Anička. Dělán experimenty, které mají za úkol zjistit úroveň geometrické představivosti u žáků. Zadám ti pár úkolů a budu kamerou zaznamenávat tvůj postup, tedy pouze jeho první část. Druhá část je písemná. Tím, že se mnou spolupracuješ, mi moc pomáháš. Jestli budeš mít jakékoliv dotazy, klidně se ptej.*“

Jednotlivé ročníky budou mít mírně odlišné typy úloh (viz Tab. 4).

Ročník	1. část experimentu (artikulační)	2. část experimentu (interpretační)
1.	Žák vybere a ústně popíše dvě tělesa	Žák k jednotlivým popisům připíše, o jaké těleso se jedná (viz přílohu 3A)
2.	Žák ústně popíše všechna čtyři tělesa	Žák k jednotlivým popisům připíše, o jaké těleso se jedná (viz přílohu 3B)
3.	Žák písemně popíše všechna čtyři tělesa	Žák k jednotlivým popisům připíše, o jaké těleso se jedná (viz přílohu 3C)

Tab. 4 Typy úloh v experimentech 9. -20.

V artikulační části experimentu zadá experimentátorka následující úkol: „*Před sebou máš 4 tělesa. Představ si, že za chvíli tady na tvém místě bude sedět tvůj kamarád. Vyber si jedno, které bys mu popsal. To znamená, že na těleso nemůžeš ukázat, musíš ho popsat slovně. Které těleso bys mu popisoval a jak bys to udělal?*“

První vstup pro žáka 1. ročníku po tom, co popíše těleso, bude: „*A teď si vyber ještě jedno těleso a popiš ho.*“

První vstup pro žáka 3. nebo 5. ročníku po tom, co popíše těleso, bude: „*A budu po tobě chtít, abys takto popsal všechna tělesa. Pořadí, v jakém to uděláš, je na tobě.*“

V druhé části experimentu dá exp experimentátorka žákovi text s popisy těles (viz přílohy 3A, 3B, 3C) a vysvětlí, co bude jeho úkolem v druhé, interpretační části: „*Děkuji. A teď to bude zase obráceně. Já ti rozdám lístečky s popisy těles a ty zkus ke každému popisu přiřadit těleso.*“

Následující část je věnována analýze údajů získaných při experimentech.

4 Záznamy činnosti žáků a jejich analýza

Při analýzách činností jednotlivých žáků i analýze chování experimentátorky mi, zejména ze začátku, pomáhal konzultant. Převážnou většinu chyb, kterých jsem se dopustila, jsem odhalila i analyzovala sama.

4.1 Analýza činností žáků

První dva před-experimenty nebyly nahrávány, proto zde nebylo možné jednotlivé vstupy lokalizovat časem. Jsou identifikovány číslem vstupu uvedeného v přepisu rozhovoru u daného před- experimentu (viz přílohu 3E). Všechny dalších 18 experimentů bylo natáčeno (viz přílohy 1) a proto je možné jednotlivé vstupy identifikovat časovými údaji.

1. a 2. experiment

Experimentátor: AS (MH)

Místo: ZŠF Fingerova, společenská místnost

Čas: 1. 2. 2011, 8:00 -8:45 hod

Subjekty: Hugo, Anna (5. roč.)

Výběr žáků: dobrovolníci, bylo třeba žáky pobízet

Hugo

02¹

Hoch rozdělil tělesa do skupin ABEF-CDGH.

03

Experimentátorka žádá verbalizaci dělení.

04

„Tyhle jsou špičaté a tyhle jsou takto“, přitom klade dlaň na hranolovitá tělesa, aby demonstroval jejich plochost. Dominantním prvkem je špičatost/plochost vrchní části tělesa. Tedy kritérium haptické propojeno na percepci píchnutí/nepíchnutí.

05

Experimentátorka modeluje dělení podle kritéria konvexnosti (ADEH-BCFG) a žádá Huga o verbalizaci: „No a toto rozdělení by si uměl popsat?“

¹ První vstup experimentátorky- formulace zadání neuvádím, stejně u dalších experimentů

06

Hoch odpovídá: „Ne.“ Jev nekonvexnosti Hugo nedovede verbálně uchopit a vůbec není jasné, jestli jej vnímá. Nepoužije ani jednu z vazeb, které jiní žáci obvykle používají: vykousnutý, neúplný, musí se doplnit a podobně.

07

Experimentátorka modeluje dělení podle kritéria „barva“ (ABCD-EFGH) a žádá verbalizaci.

08

Hugo reaguje: „Tady ty jsou žluté a tyto modré.“ První kritérium, barva, mu zřejmě nepřipadá dostatečně adekvátní v dané situaci, která je evidentně v kontextu prostorové školní geometrie, takže dodává jiné domnělé kritérium, které ovšem není klasifikací, je distribucí: „Nebo taky, že v té skupině nejsou stejné.“

13

Experimentátorka ukazuje na těleso G a pokládá Hugovi následující úlohu: „Představ si, že tvůj kamarád sedí tady na tvém místě, ty jsi tady za námi otočen k nám zádama, a máš kamarádovi popsat toto těleso.“

14

„Je žluté, má pět stran, podobá se kvádru.“ Popis tělesa G má tři indikátory: barvu (zcela správné), počet buď bočních stěn, nebo stran horní podstavy (nežádala jsem upřesnění) a podobu s obecně známým tělesem.

15

Experimentátorka pokládá Hugovi následující úlohu: „Představ si, že by tady byl druhák a ty mu máš popsat některé z těchto těles. Vyber si které.“

16

Hoch ukáže na těleso E a říká: „Má pět vrcholů, pět stran, jedna má trojúhelníkový tvar.“ Termín strana pravděpodobně používá ve významu stěna. Výrokem: „jedna má trojúhelníkový tvar“ zřejmě myslel jeden typ stěny.

Anna

02

Dívka rozdělila tělesa do skupin ABEF-CDGH.

03

Experimentátorka žádá verbalizaci dělení.

04

„Jsou tříhranný a více-hranný.“ Dívka utvořila skupiny na základě tvarů stěn těles, použila však nesprávnou terminologii. Pravděpodobně jen neverbalizovala termín stěna. Plete 2D a 3D terminologii. Termínem hrana zde pravděpodobně myslí stranu.

05

Experimentátorka modeluje dělení podle kritéria konvexnosti (ADEH-BCFG) a žádá verbalizaci.

06

„Tady to nejsou celé a tady to jsou celé.“ Na nekonvexnost se dívá jako na narušení některého standardního tělesa (viz 2 Teoretická příprava, TGM).

07

Experimentátorka modeluje dělení podle kritéria „barva“ (ABCD-EFGH) a žádá verbalizaci.

08

„Podle barev, jsou stejné.“ Je pravděpodobné, že kritérium „barva“ jí nepřipadá dostatečně adekvátní v dané situaci, která je evidentně v kontextu prostorové školní geometrie, a stejně jako Hugo dodává jiné domnělé kritérium, které ovšem není klasifikací, ale distribucí: „Nebo taky, že v té jsou vždy dva tříhranné a dva více-hranné.“ Dívka opět neverbalizovala jev stěna, pravděpodobně však měla na mysli jejich tvar. Opět se tady objevuje smíšená terminologie rovinné a prostorové geometrie. Termín strana zaměňuje za termín hrana. Domnívám se, že výrazem tříhranný má dívka na mysli trojúhelník, který je stěnou tělesa. Ve vyjádření dívky je pouze adjektivum, schází substantivum. Tedy synkretický pojem tříhranný vnímá dívka jako trojúhelník (na to poukazuje část tří), který je stěnou tělesa (na to poukazuje použití slova hrana). Kdyby dívka řekla stěna omezená třemi hranami tělesa, pak by její vyjádření bylo zcela korektní. Zde tedy synkretizmus zasahuje dvě oblasti. První je nejasnost terminologie 2D a 3D, druhá se týká běžného jazyka a adjektivem nahrazuje substantivum.

11

Experimentátorka ukazuje na těleso G a pokládá Anně následující úlohu: „Představ si, že tvoje kamarádka sedí tady na tvém místě, ty jsi tady za námi otočena žádáma k nám, a máš kamarádce popsat toto těleso. Jak to uděláš?“

12

„Má pět vrcholů, pět stran, je žlutý a je na styl čtverce, ale trojúhelník je z něj odendanej. Trochu připomíná emko.“ Popis tělesa G má pět indikátorů: počet vrcholů

(udává pouze vrcholy pravděpodobně horní podstavy), barvu (zcela správně), počet buď bočních stěn, nebo hran horní podstavy (nežádala jsem upřesnění), podobu s obecně známým tělesem, přičemž termínem čtverec zřejmě myslí krychli nebo kvádr a termínem trojúhelník míní tříboký hranol (viz 2 Teoretická příprava, synkretizmus), a přirovnání k tvaru písmena M.

13

Experimentátorka zadává Anně následující úkol: „Představ si, že by tady byl druhák a ty mu máš popsat některé z těchto těles. Vyber si které.“

14

Anna ukáže na těleso E a říká: „Je to žlutý trojúhelník, má pět vrcholů, pět stran. Vypadá jako vyplněné A.“ Termínem trojúhelník má na mysli buď tvar stěny tělesa, nebo celý jehlan. Geometrickou charakteristiku na základě počtu vrcholů tělesa udává správně. Termín strana zaměňuje za termín stěna. Přirovnání k vyplněnému písmenu A je nápadité.

3. a 4. experiment

Experimentátor: AS

Místo: ZŠF Fingerova, družina

Čas: 2. 2. 2011, 10:00 -10:20

Subjekty: Jakub, Barbora (4. roč.)

Výběr žáků: dobrovolníci, jsou ochotni

Jakub

0:05

Ihned po dotaze vybírá jehlanovité, kontroluje jejich „jehlanovitost“ pohledem ze shora, pohybem pravé ruky naznačuje spokojenost s tímto vydělením, pak k sobě přisune hranoly a mezeru obou skupin malinko zvětší jako pohyb naznačující ukončení. Obě skupiny těles jsou semknuty k sobě.

0:34

Experimentátorka žádá verbalizaci dělení. Jakub neovládá terminologii těles tak, aby intuitivní poznání přesně formuloval. I vymezení začíná u jehlanů, ale použije zde slovo trojúhelník, ten je skutečně přítomen na každém z jehlanů a navíc víme, že malé děti zobrazují jehlany jako trojúhelníky (stejně jako Egypťané zobrazovali pyramidy). Tato nepřesnost se týká jazyka, nikoli představ. Obrací pozornost k hranolovitým, bere do

ruky šestiboký hranol, zjistí, že nekonvexní podstava dalšího hranolu je pětiúhelník a v podstatě výstižně řekne „mnohoúhelníky“, zřejmě v tuto chvíli trojúhelník k mnohoúhelníkům neřadí. Je zajímavé, že u jehlanů je pro něj dominantním prvkem boční stěna, u hranolů je to podstava. Kdyby i u hranolů Jáchym uvedl jako charakteristický prvek obdélník, byla by obě identifikační kritéria v souladu. Ptám se tedy, proč tomu tak není? Zde určitě příčinou není neznalost termínů. Odpověď nacházím v rekapitulaci představ, které proběhly v Jáchymově vědomí. První představou byl jev „jehlanovitosti“, který lze spíše vystihnout slovem špičatost. Opozitem ke špičatosti je plochost, která charakterizuje hranoly. Plochost je reprezentována horními podstavami. Proto, když je hoch vyzván k verbalizaci představ, artikuluje jev špičatosti trojúhelníkem (boční stěna) a jev plochosti mnohoúhelníkem (horní podstava).

0:42

Experimentátorka modeluje dělení podle kritéria „barva“ (ABCD-EFGH).

0:50

Hoch okamžitě vysloví kritérium podle barev. Záměr experimentátorky bylo přeladit dosavadní myšlenkovou strukturu hocha a připravit jej k vnímání pojmu nekonvexnosti. Aby přechod nebyl skokový, dostává Jakub primitivní otázku, na kterou ihned odpovídá, ale která mu právě pomůže utlumit předchozí klasifikaci.

1:00

Experimentátorka modeluje dělení podle kritéria konvexnosti (ADEH-BCFG) a žádá hocha, aby vyslovil kritérium dělení.

1:08

On téměř okamžitě vidí geometrickou podstatu kritéria a jehlany natáčí k sobě tak, aby bylo vidět „díry“ (viz obr. 4). Okamžitě po otázce kritérium opřené o slovo díry použije.



Obr. 4 Nekonvexnost

Když porovnáme dikci Jakuba při formulování kritéria s mnohoúhelníky a kritéria s dírou, konstatujeme, že u mnohoúhelníků byly pauzy, zatímco slovo díra bylo řečeno okamžitě. Tato odlišnost má dvojí příčinu. U mnohoúhelníků hledal hoch odpověď v kontextu geometrické terminologie, po úvaze s barvou se jeho potřeba vyjadřovat se geometricky utlumila, a proto nehledá u nekonvexních těles geometrický termín. Druhá

příčina je skutečnost, že se hoch s termínem konvexní zatím nesetkal, takže v jeho metakognici nemůže být potřeba snažit se o přesnější terminologický popis.

1:30

Experimentátorka dává Jakobovi tuto úlohu: „A kdyby jsi dostal za úkol, že by si seděl tam, a tady by byla tvoje kamarádka a měl bys jí popsat toto těleso (ukazuje na těleso G), takže jí ho nemůžeš ukázat, ale musíš jí ho popsat. Tak jak bys to udělal?“

1:33

Jakub bere těleso G, jeho ruce hbitě těleso všelijak otáčí a je jasné, že se mu nedostává slov, která by potřeboval. Pak popisuje: „Tak je to kvádr, ale má na jedny straně jakoby prostě trojúhelníkovou díru a je tedy z (počítá šeptem) pěti úhlů (θ) na ty jedny straně, dohromady (počítá šeptem) deseti.“ Je pozoruhodné, že hoch vůbec nezminil barvu. Pravděpodobně se domnívá, že jde pouze o tvar tělesa, a kdyby domnělá dívka poukázala na stejné modré těleso, Jáchym by to považoval za správnou odpověď. Po vyslovení dvou klíčových charakteristik: kvádr, trojúhelníková díra, pětiúhelník už Jakub dělá podružné úvahy o počtu.

2:16

Experimentátorka předkládá Jakobovi úlohu: A kdyby si měl sám si vybrat nějaký útvar, který popíšeš druhákovi, tak který by to byl?

2:34

Po pěti vteřinách bere do ruky těleso D s poznámkou, že mohl vzít též H (viz obr. 5), a podává výstižné charakteristiky. Základní charakteristikou je šestiúhelník. „Šestiúhelník jenom jakože těleso“ a „válec jakoby ze šesti úhlů“. Použil slovo válec. Toto slovo se používá jednak jako geometrický termín, ale také i jako slovo běžného života. Jakobova interpretace je z běžného života, protože školní pohled na válec ať už namalovaný v učebnici nebo demonstrován učitelem je v poloze stojaté, zatímco Jakub ho má v poloze ležaté, jako je při úpravě silnic. Navíc hoch naznačuje pohyb válcování.



Obr. 5 Jsou stejné

Barbora

0:24

Rozdělí tělesa podle kritéria jehlan/hranol (ABEF-CDGH).

0:46

Experimentátorka žádá verbalizaci rozdělení.

0:50

„Tohle jsou vlastně trojúhelníky, podle jakoby těch úhlů jaký máme, a tohle to jsou vlastně kosočtverce a různé jiné tvary.“ Dívka rozdělila tělesa podle tvaru jejich stěn, respektive podle toho, že jedna skupina těles má trojúhelníkové stěny a druhá skupina je nemá. Intuitivně vidí rozdíl mezi dvěma skupinami. Geometrické termíny, které používá k verbalizaci, jsou nepřesné. Pod pojmem kosočtverec si pravděpodobně představuje čtyřúhelník, nebo si slova obdélník, čtverec, kosočtverec plete.

1:11

Experimentátorka modeluje dělení podle kritéria „barva“ (ABCD-EFGH).

1:20

Barbora ihned vysloví kritérium podle barev.

1: 27

Experimentátorka modeluje dělení podle konvexnosti (ADEH-BCFG).

1:41

Dívka říká: „Že to vlastně jakoby chtěli smíchat nějak, podle těch barev, protože tady jsou dvě modré a tam jsou jakoby...“ Neuvědomuje si, že vyslovila distribuci, nikoli klasifikaci.

0:53

Experimentátorka se snaží dívce jednoduše vysvětlit princip rozdělování podle kritéria: „...by měli mít tu vlastnost společnou, v té jedné skupině. Víš, co myslím? Jak jsi říkala, že ty jsou trojúhelníkové a ty jsou více...“ Natáčí skupinu nekonvexních těles výřezem k dívce. Po tom, co vidí na dívce nervozitu, ji ujišťuje, že tohle není žádný test, a že se nemusí ničeho bát.

2:40

Dívka k sobě přisunula tělesa C, E, F, G.

3:06

Experimentátorka se táže, podle čeho je takto rozdělila.

3:14

„Na dřevěný a železný, akorát ty dřevěný tam jich je víc.“ (Tělesa jsou sice sádrová, ale na první pohled vypadají jako dřevěná.)

3:35

Experimentátorka je zmatena a ptá se dál: „Jak to myslíš, že jich je víc?“

3:40

Dívka vysvětluje, že jsou tu tři dřevěná tělesa (E, F, G) a jedno železné (C).

3:45

Experimentátorka zjistila, že se dívka zaobírala pouze tělesy C, E, F, G a že pouze tato 4 tělesa rozdělila do dvou skupin. Jednu skupinu tvořila tělesa E, F, G a druhou pouze těleso C. Následně se táže: „A kdyby jsi to musela udělat se všema?“

4:05

Barbora rozdělí tělesa na ABCD- EFGH. Do těchto dvou skupin je rozdělila na základě různorodosti materiálů. K verbalizaci původního rozdělení na konvexní a nekonvexní tělesa jsme se nedostaly.

4:16

Experimentátorka dává dívce úlohu: „No a teď bych se tě ještě zeptala, kdyby tady přišel nějaký tvůj kamarád, a ty sedíš zádama k nám a máš mu popsat tohle to těleso (ukazuje na C) podle něčeho, jakože nemůžeš na něj teda ukázat, musíš mu ho slovně popsat. Tak jak bys mu ho popsala, aby právě z těch všech těles vybral tohle?“

4:39

Barbora odpovídá: „Že vlastně má ty tři strany stejně dlouhý a tady to tohle je do emka a tady dolů, že to je spojený tím.“ Termín strana používá ve smyslu stěna. Až u analýzy jsem si uvědomila, že během experimentu jsem špatně vyhodnocovala počínání dívky. Úloha popsat kamarádovi některé těleso pomocí slov má vlastně dvě hladiny. První hladinou je vůbec nějak slovy popsat to těleso a druhou hladinou je popsat jej bez gestikulace. U experimentu se Barbora pohybovala v první hladině artikulace (viz obr. 6), ale já jsem ji hodnotila, jako kdyby byla už v hladině druhé. Měla jsem s porozuměním vyslechnout hladinu



Obr. 6 Popis

první a pak Barboru požádat, aby těleso popsala bez ukazování.

4: 58

Experimentátorka dává dívce úlohu: „A kdyby tady byl nějaký druhák a měla by si vybrat jedno těleso, který bys mu popsala, který by to bylo?“

5:06

Vybírá těleso E se slovy: „Tenhle trojúhelník, pro něj je to nejjednodušší zatím.“ Na označení ehlanu používá termín trojúhelník (viz 2 Teoretická příprava, synkretismus).

5:09

Experimentátorka se ptá, jak by těleso popsala.

5:12

„Že nahoře je jeden bod jakoby a dole jsou dva, takže se to nějak spojilo, a že to má takovej tvar třeba kuželu a takových těch různých.“ Barbora předpokládá, že žák 2. ročníku nezná termín trojúhelník, a tedy popisuje, jak trojúhelník vzniká. Následně těleso přirovná ke kuželi. Těžko říct, zda ona sama má správnou představu o tom, jak kužel vypadá. Zajímavé je, že neměla potřebu tento termín, který je složitější než termín trojúhelník, více přiblížit.

5. a 6. experiment

Experimentátor: AS

Místo: ZŠF Fingerova, společenská místnost

Čas: 4. 3. 2011, 10:00 -10:20

Subjekty: Martin, Jana (5. roč.)

Výběr žáků: dobrovolníci

Martin

0:28

Po dotaze se Martin na tělesa pouze dívá. Až když ho experimentátorka ujistí, že je v pořádku tělesa brát do ruky a mít dotazy, tak začne být aktivní.

0:43

Martin zkoumá jednotlivá tělesa, bere do ruky C, potom F a pak se už snaží najít další nekonvexní tělesa (viz 2 Teoretická příprava, TGM). Všechna nekonvexní tělesa pokládá vedle sebe a zbylá konvexní nakonec přisune k sobě. Mávne rukou na znak souhlasu, řekne tiché „asi takhle“ a usměje se.

1:26

Experimentátorka žádá verbalizaci dělení. Martin sice neovládá vhodnou terminologii na popis dělení, avšak velmi přesně popíše rozdělení svými slovy: „Podle toho, že tady je takhle vyříznutý růžek a tady ne.“

1:53

Experimentátorka modeluje dělení podle kritéria „barva“ (ABCD-EFGH).

1:55

Martin okamžitě vysloví kritérium podle barev.

2:04

Experimentátorka modeluje dělení na jehlany a hranoly (ABEF-CDGH) a žádá ho, aby vyslovil kritérium dělení.

2:28

Martin je dlouho ticho a přemýšlí. Nakonec řekne: „Vždycky tam jsou dva modrý a dva žlutý.“ Když se experimentátorka Martina zeptá, zda ho ještě něco napadá, řekne: „Vždycky je tam dva rozstříhnutý a dva normální.“ Neuvědomuje si však, že nevyslovil klasifikaci, ale distribuci. Martin se jakoby nemůže vymanit ze svých minulých dělení a nenachází žádná jiná kritéria, podle nichž by se tělesa dala rozdělit.

3:03

Experimentátorka dává Martinovi tuto úlohu: „No a teď si představ, že by tady seděl tvůj kamarád a ty sedíš zádama k nám a máš mu popsat tohle to těleso (ukazuje na G) podle něčeho, jakože nemůžeš na něj teda ukázat, musíš mu ho slovně popsat. Tak jak bys mu ho popsal, aby právě z těch všech těles vybral tohle?“

3:16

Martin ihned odpovídá: „...je to žlutý kvádr...“ a snaží se zformulovat jeho další vlastnost. Nakonec říká „...je to žlutý kvádr, který má o jednu hranu víc.“ Zvláštní je, že Martin sám při popisu tělesa G použil termín „kvádr“, avšak v předchozí úloze ho toto kritérium nenapadlo. Je dosti možné, že mu hranol s podstavou šestiúhelníku s kvádrem nepřijde nijak podobný.

3:41

Experimentátorka dává Martinovi tuto úlohu: „A kdyby sis měl sám vybrat jedno těleso, které bys měl popsat druhákovi, který by to bylo a jak bys to udělal?“

4:25

Hoch chvíli přemýšlí, nakonec bere do ruky těleso F, které ihned pokládá, a místo něj zvedá těleso E se slovy „asi ten jehlan“. Těleso popíše následovně: „A bylo by to jako, že je to tři D trojúhelník.“ Zvláštní je, že Martin sám při zvedání tělesa E použil termín „jehlan“, avšak v předchozí úloze o dělení do skupin ho toto kritérium nenapadlo.

4:53

Experimentátorka dává Martinovi úlohu: „A když řeknu já, že vyber žlutý šestiúhelník, který těleso mám na mysli?“

5:02

Martin správně kritizuje terminologii, kterou použila experimentátorka, a to: „No ten žlutý šestiúhelník, ale tady to není žádný, protože šestiúhelník má být jenom v jedné rovině.“ Experimentátorka se opraví a otázku přeformuluje: „Je to útvar, který je žlutý a má v sobě šestiúhelník.“ Hoch pak suverénně vezme do ruky těleso H.

5:38

Experimentátorka dává Martinovi úlohu: „A kdybych řekla, že je to taková modrá vykousnutá pyramida?“

5:43

Hoch hned zvedá těleso B.

5:48

Experimentátorka dává Martinovi úlohu: „Je to žluté tři dé em, prostorové emko.“

5:55

Hoch hned zvedá těleso G.

Jana

0:15

Po dotaze Jana oddělí modrá tělesa od žlutých a žluté přisune k sobě (ABCD-EFGH).

0:24

Experimentátorka žádá verbalizaci dělení. Jana ihned odpovídá, podle čeho vytvořila skupiny. „Podle barev. Jedna je modrá a druhá žlutá.“

0:33

Experimentátorka modeluje dělení podle konvexnosti (ADEH-BCFG).

0:47

Dívka ihned odpovídá: „Že jsou to stejná tělesa, vlastně dvě stejná tělesa vždycky. Tady ty dvě jsou stejná (ukazuje na tělesa C a G) a tady ty dvě jsou stejná (ukazuje na tělesa B a F). A tady ty dvě (ukazuje na tělesa D a H) a tady ty dvě (ukazuje na tělesa A a E) jsou taky stejná.“ V zápětí dodává, že to mohlo být rozděleno i na základě barevného složení skupiny. „Nebo by to šlo taky, že jsou dvě žlutá a dvě modrá (ukazuje na skupinu těles D H A E) a dvě žlutá a dvě modrá (ukazuje na skupinu těles C G B F).“ Neuvědomuje si však, že nevyslovila kritérium klasifikace, ale distribuci.

1:20

Experimentátorka modeluje dělení na jehlany a hranoly (ABEF-CDGH).

1:25

Jana správně označila skupinu jehlanů „že tady to jsou jako jehlany...“. U skupiny hranolů se zasekla a snažila se najít vhodný termín, zřejmě slovo hranol jí vypadlo, „...mají buď obdélníky a nebo, že jsou to mnohoúhelníky“, charakterizuje hranoly za pomoci stěn a domnívá se, že je potřeba popsat nejen boční stěny, ale i podstavy. Na označení podstav užije slovo mnohoúhelník. Teď si uvědomí, že i u jehlanů jsou mnohoúhelníky, uvědomí si difuznost kritéria postaveného na slově mnohoúhelník. Pohledem se však vrátila ke skupině jehlanů, protože jestli jednu skupinu označila, že mají mnohoúhelníky, tedy popis terminologií 2D, tak má potřebu přeformulovat své první tvrzení, které je v 3D terminologii: „... a tady to (ukazuje na skupinu jehlanů) jsou taky mnohoúhelníky, ale jsou do trojúhelníků.“ V mysli dívky zřejmě teď došlo k zvědomění skutečnosti, že trojúhelníky patří do skupiny mnohoúhelníků, tedy generický model mnohoúhelníku tím byl upřesněn.

2:00

Experimentátorka dává Janě úlohu: “No a teď si představ, že by tady seděla tvoje kamarádka a ty sedíš zádama k nám a máš jí popsat tohle to těleso (ukazuje na G) podle něčeho, jakože nemůžeš na něj tedy ukázat, musíš jí ho slovně popsat. Tak jak bys jí ho popsala, aby právě z těch všech těles vybrala právě tohle?”

2:20

Jana počítá stěny tělesa. Řekne: „Tak má sedm stěn“ Hned nato vezme do ruky těleso H a začne počítat jeho stěny, řekne: „...jako jediný těleso má sedm stěn...“. Dodává, že by si to smyšlená kamarádka mohla ohmatat. Dívka pravděpodobně otázce porozuměla tak, že kamarádka, které dané těleso popíše, ho nebude vidět a bude ho

muset rozpoznat pouze pomocí hmatu. Tomu nasvědčuje i následující výrok: „to těleso je lehké, to by rozpoznat podle tohohle (bere do ruky C, které je ze sádry) a tohohle (bere do ruky G, které je ze železa)“, tělesa potěžkává

(viz obr. 7) a naznačuje tím jasný váhový rozdíl. V tomto okamžiku je její odpověď dostačující. Jejím popisem je těleso G určeno jednoznačně. Proč, ale pokračuje dál? Je to sociální potřeba usnadnit domnělému příteli jeho práci.



Obr. 7 Potěžkání těles

Na popis nekonvexnosti tělesa Janě schází slovní zásoba. Jeho tvar popisuje následovně: „Potom jako, že není úplný, že tam chybí dva dílky...“ Experimentátorka se táže, co má dívka na mysli, když říká, že dva dílky chybí. Julie rukou naznačuje půlení výřezu (viz obr. 8) a říká: „Jako aby to bylo úplný, tak tady chybí (ukazuje rukou, jak by rozpůlila výřez), takže by to vlastně byly takový malinký jehlany.“ Používá nesprávnou terminologii. Jednou už termín jehlan použila, a to správně. Zřejmě ví, co to jehlan je, ale protože jí dělá obtíže přesně vyjádřit, co chce, ztrácí se v terminologii a svoje myšlenky vyjadřuje jen heslovitě, asociativně a rychle.



Obr. 8 Nekonvexnost

Její představa jehlanu je spojená s trojúhelníkovým tvarem a tělesem, které působí, že je vysoké a úzké. Proto když má popsat díly, které vytvořila rozpůlením výřezu o tvaru hranolu s trojúhelníkovou podstavou, nazve je jehlany. Dodává, že těleso má stěny tvaru obdélníků a čtverců, nikoli trojúhelníků.

4:12

Experimentátorka dává Janě tuto úlohu: „A teď kdybys sama měla vybrat pro nějakého druháka jedno těleso, které bys mu popsala, které by to bylo a jak bys to udělala?“

4:27

Jana bere do ruky těleso A. Nejdříve ho odlišuje od tělesa E: „A popsala bych mu, že je těžký...“ Dále popisuje, že má 5 stěn, domnívá se, že druhák by nemusel rozumět pojmu stěna „kdyby nevěděl, že co je to stěna, tak bych mu řekla, že je to jako strana, ale u těles se tomu říká stěna.“ Následně jí opět schází vhodná terminologie. Termínu jehlan se zřejmě vyhýbá, protože předpokládá, že žák 2. ročníku by tomu nerozuměl. Snaží se mu tedy podstatu tělesa vyjádřit jinak: „Potom, že je jako do výšky hodně a

není moc rozprostřený, jakože není moc široký.“ Na její dikci je vidět snaha vyjít domnělému žákovi co nejvíce vstříc.

5:37

Experimentátorka dává Janě úlohu: „Je žlutý a obsahuje šestiúhelník.“

5:54

Jana kouká po tělesech a potichu si pro sebe počítá. Po pár sekundách zvedá těleso H.

5:57

Experimentátorka dává Janě úlohu: „Je to modrá vykousnutá pyramida.“

6:00

Ihned se dívá na modré jehlany, bere do rukou těleso B a hledá výřez (viz obr. 9). Jak ho uvidí, dává najevo, že to je hledané těleso.



Obr. 9 Výřez v tělese

6:07

Experimentátorka dává Janě úlohu: „Je to žlutý prostorový M.“

6:12

Intuitivně bere do rukou těleso G, otáčí ho, a až v něm vidí písmeno M, na souhlas kývne hlavou a řekne: „Tohle.“

7. a 8. Experiment

Experimentátor: AS

Místo: ZŠF Fingerova, společenská místnost

Čas: 4. 3. 2011, 10:25 -10:40

Subjekty: Nikolas, Adéla (4. roč.)

Výběr žáků: dobrovolníci, ochotní

Nikolas

Experimentátorka si až po zadání úkolu všimla, že na stole jsou tělesa rozmístěna tak, jakoby byla rozdělena do skupin podle kritéria jehlan/hranol (viz obr. 10). Těžko říct zda to mělo vliv na žákovo řešení.



Obr. 10 Jehlany/hranol

0:24

Jehlany přisune k sobě se slovy: „To jsou jako trojúhelníky jako do špičky“ a skupinu hranolů označí jako „ty jsou trochu jiný“. Schází mu geometrická terminologie, jeho intuice je však dobrá.

0:40

Experimentátorka modeluje dělení podle kritéria „barva“ (ABCD-EFGH).

0:47

Nikolas okamžitě vysloví kritérium podle barev.

0:53

Experimentátorka modeluje dělení podle konvexnosti (ADEH-BCFG).

0:59

Nikolas si jako první všimá, že v skupině jsou vždy dvě dvojice těles, které jsou až na barvu a materiál totožné. Dodává, že čtveřice jako taková nemá nic společného, pouze jednotlivé dvojice. Experimentátorka Nikolasovi připomene, že tělesa tvoří skupinu na základě nějaké společné vlastnosti, a pobídne jej, ať si tělesa lépe prohlídne. Hoch začne tělesa otáčet, nekonvexní natočí výřezem směrem k sobě a snaží se tuto vlastnost

popsat. „Jakože tady ještě má takovej jinej tvar (ukazuje na výřezy), jakoby, jak bych to řekl, je to jakoby dovnitř.“

Následně tělesa otočí výřezem směrem k experimentátorce a ukazuje na ně se slovy: „Jako tady je to dovnitř jakoby.“ (viz obr. 11). Opět se tady ukazuje nedostatek geometrické terminologie, intuice je však dobrá.



Obr. 11 „jakoby dovnitř“

2:06

Experimentátorka dává Nikolasovi úlohu: „No a teď si představ, že by tady seděl tvůj kamarád a ty sedíš zádama k nám a máš mu popsat tohleto těleso (ukazuje na G), aby z těchto těch všech vybral právě toto těleso. Tak jak bys mu ho popsal?“

2:29

Hoch nejdříve uvádí, že těleso má žlutou barvu. Pak velice jednoduše přirovnává těleso G ke čtverci „že to jakoby je necelej čtverec.“ Místo 3D termínů krychle nebo kvádr používá termín rovinné geometrie – čtverec (viz 2 Teoretická příprava, synkretismus).

2:39

Experimentátorka dává Nikolasovi úlohu: „A teď kdyby jsi měl sám vybrat nějaký předmět, který by jsi popsal druhákovi, tak který předmět by si vybral a jak bys mu ho popsal?“

2:50

Bere do ruky těleso A a říká: „Tenhle ten, bych řekl, že vypadá jak pyramida, akorát je...“ zamyslí se a zvedá těleso E, protože to i barevně odpovídá vzhledu pyramidy. „Třeba tenhle, že vypadá jak pyramida, akorát je žlutý jakoby, žlutá pyramida.“

3:10

Experimentátorka dává Nikolasovi úlohu „... máš vybrat jedno těleso na základě mého popisu a řeknu, že je žlutý a obsahuje šestiúhelník, tak který myslíš, že to je?“

3:22

Hoch svoji pozornost soustředí na žlutá tělesa, jako prvního se dotkne tělesa E, hned nato však sáhne po tělese H a začne počítat jeho hrany. Pak se ještě zadívá na těleso G a počítá, nakonec zvedá H a říká: „Tenhle.“ Obraz šestiúhelníka je zřejmě v mysli chlapce zafixován, avšak musel si spočítat hrany, aby si byl jist, a taky vzal do úvahy, že i těleso G by mohlo obsahovat šestiúhelník, i když nepravidelný.

3:40

Experimentátorka dává Nikolasovi úlohu: „A, že je to modrá vykousnutá pyramida?“

3:43

Nikolas přímo hledá těleso B, nedívá se, které by to mohlo být, ale má o tom jasnou představu.

3:50

Experimentátorka dává Nikovi úlohu: „A, že je to žlutý prostorový emko?“

3:53

Hoch se okamžik dívá a pak zvedá těleso G.

Adéla

0:00

Tělesa zvedá, třese s nimi a nakonec je rozdělí podle barvy (ABCD-EFGH).

0:09

Experimentátorka žádá verbalizaci dělení: „A můžu se zeptat, že podle čeho si to rozdělila?“

0:11

Dívka odpovídá: „Ty jsou těžký a ty lehký.“

0:18

Experimentátorka modeluje dělení podle konvexnosti (ADEH-BCFG).

0:29

Adéla okamžitě odpovídá: „Protože tady toto mají takový otvory a tydle ne.“ (viz Obr. 12). Jev nekonvexnosti pro ni prezentují „otvory“ (viz 2 Teoretická příprava, TGM).



0:35

Experimentátorka modeluje dělení na jehlany a hranoly.

Obr. 12 Mají otvory

0:39

Dívka okamžitě reaguje: „Protože tyhle jsou špičatý.“ Slovo „špičatý“ má charakter generického modelu jehlanu.

0:49

Experimentátorka dává Adéle tuto úlohu: „... si představ, že by tady seděla tvoje kamarádka a ty bys jí měla popsat tohleto těleso (ukazuje na G) tak, že na něj nemůžeš ukázat, a máš ho popsat tak, aby ona z všech těch těles vybrala právě tohle.“

1:03

Dívka popisuje těleso následovně: „Že je, jakoby obdélník akorát je v něm vyryté takové jakoby žlab.“ Dochází zde k synkrezí (viz 2 Teoretická příprava, synkretismus).

1:20

Experimentátorka dává Adéle tuto úlohu: „Kdybys měla vybrat nějaký těleso, který budeš popisovat duhákovi, tak který by to bylo a jak bys to udělala?“

1:27

Dívka okamžitě reaguje: „Tak tohle (ukazuje na těleso A nebo E (viz obr. 13) a že je to jako pyramida.“ Na videu to vypadá, že spíše ukazuje na těleso A. Tělesa jsou však

hned vedle sebe a Adéla neříká nic o hmotnosti ani barvě. Je možné, že jí tato informace připadá triviální, a tedy vyřkla pouze tu nejhlavnější charakteristiku, kterou lze dle potřeby (podle toho jestli budeme popisovat těleso A nebo E) doplnit o zbylou informaci o barvě.



Obr. 13 Jako pyramida

1:40

Experimentátorka dává Adéle úlohu: „Je to žlutý a obsahuje šestiúhelník.“

1:44

Adéla se prstem dotkne tělesa H.

1:47

Experimentátorka dává Adéle úlohu: „Je to modrá vykousnutá pyramida.“

1:51

Ukáže na těleso B.

1:55

Experimentátorka dává Adéle úlohu: “ A je to žlutý prostorový emko?”

2:00

Prstem ukáže na těleso G.

9. -12. Experiment

Experimentátor: AS

Místo: ZŠF Fingerova, kabinet

Čas: 23. 3. 2011, 8:00 – 8:30

Subjekty: Šimon, Iva, Vojta, Květa (1. roč.)

Výběr žáků: dobrovolníci, ochotní

Šimon²

0:20

Hoch začíná tělesům věnovat značnou pozornost, dívá se na ně z různých úhlů, pak začne tělesa zvedat a otáčet.

1:10

Bere do ruky těleso H.

1:17

05 Experimentátorka (protože hoch mlčí, ptám se): „Takže ty bys vybral ten?“

(Z vnějšku přichází hluk, Šimon je trochu rozptýlen.)

06 Experimentátorka: „Rozumíš otázce?“ (Hoch přikývne.)

07 Experimentátorka: „Takže ty bys vybral ten?“ (Hoch přikývne.)

08 Experimentátorka: „Jak bys to popsal?“

1:30

Až když je opětovně vyzván, aby těleso popsal, tak začne: „Je to šestiúhelník a vypadá trošku jako (θ) válec.“ Na slovo válec si nemůže chvíli vzpomenout. Ke vzpomínání mu pomáhá pohyb pravou rukou naznačující kružnici, kterou „píše“ prstem na stole. (viz obr. 14). V jeho jazyku je cítit systém, nepoužívá termín šestiboký hranol, protože se s ním pravděpodobně ještě nesetkal, používá však termín rovinné geometrie – šestiúhelník a prostorové – válec (viz 2 Teoretická příprava, synkretismus). Jelikož pojem válec se používá i v běžném životě mimo geometrii, je pravděpodobné, že ho tady použil jako slovo běžného života nikoli jako geometrický termín.



Obr. 14 Jako válec

1:50

Experimentátorka Šimona vyzývá, aby popsal ještě jedno těleso.

2:03

Hoch zvedá těleso E a zkoumá ho (viz obr. 15). Pak řekne: „Je to trojúhelník a má nahoře špičku a dole má čtyři rohy jako čtverec.“ (viz 2 Teoretická příprava, synkretismus). Hlavní



Obr. 15 Čtyři rohy

² byl identifikován jako mimořádně hloubavé dítě, řeší úlohy z Frausovy učebnice pro 2. ročník zcela sám

znaky tělesa vystihl přesně. Některé termíny, které používá, nejsou odborné (špička, rohy), jsou však jasné. Je zajímavé, že celá verbalizace probíhá bez taktilní percepce tělesa, to stojí na stole.

Iva

0:07

Ukáže prstem na těleso E a popíše ho následovně: „No, že je do trojúhelníků, má rohy, (θ) je to jako pyramida.“ Z počátku používá termíny, které popisují jevy průvodní tělesa, pak po chvíli celé těleso přirovná k pyramidě.

0:35

Experimentátorka dívku žádá, aby si vybrala a popsala ještě jedno těleso.

0:45

Prstem ukáže na těleso H a řekne: „To je takovej, že má (θ) pět hran a, že je skoro do kulata.“ S šestiúhelníkem Iva zřejmě nemá moc zkušeností. Za první počítala hrany, za druhé je spočítala špatně, myšlenka je však v pořádku. Počtem hran vyjadřuje kombinatorickou charakteristiku (viz 2 Teoretická příprava, kombinatorická struktura mnohostěnu) tělesa, a slovy „do kulata“ jeho celkový vzhled. Dívka těleso nebere do ruky, navzdory předchozímu povzbuzení.

Vojta

0:29

Vojta vybral těleso E. „Je jako trojúhelník (kreslí přitom trojúhelník prstem na stůl (viz obr. 16), ale má jako o stranu víc než trojúhelník a ve spodu má čtverec. A nahoře se to skládá jakoby z trojúhelníků, jako který jsou spojený.“ Snaží se těleso popsat pomocí jemu známých geometrických terminů. (viz 2 Teoretická příprava, synkretismus) Tím, že má o stranu víc než trojúhelník, rozumí čtvercovou podstavu, kterou eviduje, aniž by těleso chytil do ruky. Nakonec je jeho popis celkem přesný, těleso rozloží na jednotlivé útvary ze stereometrie.



Obr. 16 Prstem kreslí trojúhelník

0:56

Experimentátorka hoča vyzývá, aby popsal ještě jedno těleso.

1:07

Vojta zvedá těleso H. „Je jako pěti (θ) pětiúhelník, jenom je (θ) delší takovej, delší, má pořád pět úhlů.“ S šestiúhelníkem Vojta zřejmě nemá moc zkušeností, úhly spočítal špatně, myšlenka je však v pořádku. Slovem „delší“ rozumí výšku hranolu (viz 2 Teoretická příprava, synkretizmus).

Květa

0:29

Dívka nejdříve popisuje, až později se Experimentátorka dozví, že popisovaným tělesem je F. „Je to trojúhelník větší...“ K popisu používá jí známý geometrický termín doplněný o adjektivum „větší“ (viz 2 Teoretická příprava, synkretizmus). Dále říká: „je to sedmi, vlastně čtyřhranný“ Snaží se udat nějakou geometrickou charakteristiku tělesa, sedmi nejasné, čtyř zřejmě má na mysli oporné hrany³ tělesa vycházející z hlavního vrcholu. Nakonec těleso



Obr. 17 Věž

jako celek přirovnává k předmětu z běžného života „je to taková věž“, přičemž ho demonstrativně položí na těleso H (viz obr. 17) a pravděpodobně si uvědomí, že i těleso E je „taková věž“. Na jejich rozlišení tedy dodává „a je větší“. Následně dívka ukazuje ukazovákem na hlavní vrcholy těles E a F a říká, že „... kdyby se to změřilo, tak je to trošku větší“. Přitom ukazuje prstem na těleso E (viz obr. 18 a 19). V jejím předchozím výroku mělo však být větší těleso F.



Obr. 18 „Je větší“



Obr. 19 „Je trošku větší“

³ Oporná hrana= hrana, kterou lze proložit rovinu tak, že celé těleso leží v jednom poloprostoru touto rovinou vymezeném

Nikde jev nekonvexnosti tělesa F nezmiňuje. Pravděpodobně proto, že na něj nahlížela ze strany, z níž nekonvexnost není vidět.

1:26

Experimentátorka Květu vyzývá, aby popsala ještě jedno těleso.

1:38

Květa opět začne popis bez toho, aby ukázala, které těleso bude popisovat. U analýzy jsem si uvědomila, že scénář experimentu nutno upřesnit, oddělit instrukci o výběru tělesa a instrukci o jeho popisu. Později se experimentátorka dozvídá, že je to těleso H. „Je to šestihranný jako kruh“, k popisu opět používá geometrické termíny, které doplňuje o poznatky z běžného života „a je to jako pod věží.“

13. – 16. Experiment

Experimentátor: AS

Místo: ZŠF Fingerova, kabinet

Čas: 23. 3. 2011, 8:35 -9:10

Subjekty: Dalibor, Honza, Klára, Alena (třída 3.)

Výběr žáků: dobrovolníci, ochotní

Dalibor

0:00

Hoch zvedá těleso E se slovy „třeba jehlan“, aby experimentátorce naznačil, které z těles bude popisovat, následně těleso pokládá a pokračuje v popisu: „má pět vrcholů, pět stěn, (θ) osm hran...“. Dalibor velice přesně a rychle určil kombinatorické charakteristiky tělesa pomocí počtu vrcholů, stěn a hran. Geometrickou charakteristiku vyjádřil při popisu jednotlivých stěn tělesa. „... stěny jsou do trojúhelníků, spodní je do čtverce, (θ) a všechny jdou nahoru do jediného úhlu, všechny hrany. (θ) Podklad je čtvercový.“ Tím, že hrany jdou do jediného úhlu, pravděpodobně myslel úhel prostorový, ten při hlavním vrcholu. Nakonec popsal těleso jako celek za použití metafory „vypadá jako pyramida“.

1:10

Experimentátorka Dalibora žádá, aby podobně popsal i zbylá tělesa.

1:25

Z řady těles vysune směrem k sobě F a popisuje: „...tohle těleso je vlastně jehlan, který má proříznutou dovnitř díru...“ přitom ukazuje na výřez. Hoch velice přesně určil hlavní črty tělesa, následně pomocí počtu hran nevyjadřuje pouze kombinatorickou charakteristiku tělesa, ale také ho srovnává s tělesem E, které je pro něj pravděpodobně jediným jehlanem, říká, že F je jehlan, „... který má o jednu hranu víc, ne o dvě, o dvě hrany víc“. Nekonvexnost tělesa zdůrazňuje ještě jednou „... je třeba říct, že je to vlastně rozseknutá pyramida dovnitř, rozseknutí je trojúhelníkové, podobné trojú... jsou dva trojúhelníky“. Uvažuje, zda má těleso v geometrii nějaké jméno, „... toto těleso se asi nedá pojmenovat přímo, že nemá přímo jméno.“ K tomuto závěru ho pravděpodobně vedl neúplný tvar tělesa. Dalibor se dále soustředil na úhly: „Nemá žádný pravý úhel, ne má má má vlastně, má dva pravý úhly (ukazuje na podstavu). Má jeden ostrý úhel (ukazuje na hlavní vrchol), a hran má (počítá) pět.“ Pět napočítal hran, které ústí do hlavního vrcholu.

Popis tělesa G nebyl z technických důvodů zachycen na kameru. Experimentátorka si toho všimla až při analýze.

0:04 (druhá nahrávka)

Z řady těles vysune směrem k sobě H a popisuje: „...hranol, který má šest boků, takže šestiboký hranol, jeho podstava je šestiúhelník i nahoře je šestiúhelník“. Hoch opět velice přesně určil hlavní črty tělesa. Pravděpodobně kvůli předchozímu popisu nekonvexních těles má potřebu zdůraznit konvexnost tělesa H: „...je úplně celé...“ a později to ještě opakuje „není vůbec nijak vyseknutý, je to úplně celé těleso“. Dále udává geometrické charakteristiky tělesa: „... strany, jeho stěny jsou až na horní a podstavu obdélníkové“. Uvědomuje si rozdíl mezi termínem strana a stěna. Později ještě jednou opakuje: „...které se skládá z obdélníkových a z podstavy šestiúhelník stejně jako nahoře je šestiúhelníková.“ Počtem pravých úhlů a hran vyjadřuje kombinatorické charakteristiky tělesa: „... má os..., dvanáct pravých úhlů, (θ) a osmnáct hran...“ Pravých úhlů je zde 24. Je velmi pravděpodobné, že Dalibor věděl, že stačí spočítat vrcholy horní podstavy, to vynásobit dvěma protože u každého vrcholu jsou dva pravé úhly, a to vynásobit opět dvěma, protože to samé je u spodní podstavy. Je vidět, jak si na vrcholy ukazuje ukazovákem a palcem (viz obr. 20), ne pouze jedním prstem. Je

velmi časté, že při operacích kde se má násobit dvakrát tím samým číslem, dochází ke zkratu a dvojice splyne v jednoho reprezentanta, v jedno číslo. V tomto případě to byla dvojka. Dalibor tedy pravděpodobně udělal jen početní chybu. Jeho prostorová představivost je jinak velice rozvinutá, jeho geometrický slovník velice bohatý.



Obr. 20 Počítá pravé úhly

Honza

0:10

Začne s popisem, ale experimentátorce neukáže, které těleso: „Je to pyramida...“. Hoch použil výborné přirovnání tělesa jako celku. Dále se táže: „a můžu jako třeba kolik to má vrcholů?“

0:22

Experimentátorka hocha ujišťuje, že je to zcela v pořádku.

0:27

„Má to pět vrcholů, no a to stačí.“ Udává přesnou kombinatorickou charakteristiku na základě počtu vrcholů. Zajímavé je, že po sdělení této informace má Honza dojem, že to už stačí, kdežto při pouhém uvedení podobnosti s pyramidou tento dojem ještě neměl.

0:33

Ukáže, že teď bude popisovat těleso H. „Má to (θ) dvanáct vrcholů, (θ) osm stěn, (θ) to je všechno.“ Udává přesnou kombinatorickou charakteristiku na základě počtu vrcholů a stěn a usoudí, že to k identifikaci tělesa stačí.

1:18

Rozhodne se popisovat těleso E. „Pět vrcholů, má to pět vrcholů, (θ) a pět stěn, (θ) všechno.“ Kombinatorickou charakteristiku tělesa nevyjádřil úplně přesně.

Pravděpodobně se snaží být rychlý a pak si některé atributy tělesa neuvědomuje, jako je v tomto případě podstava tělesa. Také pravděpodobně zvolil taktiku popisu tělesa za pomoci dvou termínů a domnívá se, že takový popis je postačující.

1:45

Rozhodne se popisovat těleso G. „(θ) Má to sedm stěn, (θ) osm vrcholů, (θ) a všechno.“ Kombinatorickou charakteristiku tělesa nevyjádřil úplně přesně. Stěny spočítal správně, ale vrcholy na hraně, která není oporná, zřejmě nepokládá za vrcholy.

Klára

Velmi špatná zvuková nahrávka. Experimentátorka si až později při nahrávání uvědomila, že v prostředí, ve kterém probíhal experiment s Klárou, bylo nadměrně hlučné.

0:08

Klára začne s popisem: „Pětistěnné a má to pět vrcholů.“ Udává přesnou kombinatorickou charakteristiku na základě počtu vrcholů a stěn.

0:14

Experimentátorka se ujišťuje, které těleso dívka popsala: „A to jsi popisovala tenhle?“. Při tom ukazuje na těleso E. Klára přikývne a pustí se do popisu dalšího tělesa.

0:40

„Má to pět vrcholů, (θ) má to pět vrcholů!“ Dívka si pravděpodobně uvědomila, že tato charakteristika je postačující k identifikaci daného tělesa. Experimentátorka se opět musela tázat, které těleso dívka popisovala. Po tom, co Klára ukáže prstem na těleso G, začne hned popisovat další těleso.

0:58

„...má to šest vrcholů a šest stěn“. Potom z původní řady vysune těleso F. Řekla přesnou kombinatorickou charakteristiku na základě počtu vrcholů a stěn. Zajímavé je, že se vůbec nezabývala nekonvexností tělesa, a také, že vrchol ležící na hraně, která není oporná, automaticky považovala za vrchol.

1:27

Popisuje už poslední těleso, a to H, pravděpodobně i proto už nemá potřebu dát experimentátorce znát, které. „Má to dvanáct vrcholů, má to dvanáct vrcholů a je to do kulata.“ Udává přesnou kombinatorickou charakteristiku na základě počtu vrcholů a popisuje dominantní tvar tělesa termínem „do kulata“.

Alena

0:10

Dívka začne s popisem: „Má to dvanáct vrcholů, osm stěn, (θ) a šestnáct hran“. Kombinatorická charakteristika tělesa je v pořádku až na chybný počet hran, které s největší pravděpodobností pouze špatně spočítala.

0:37

Experimentátorka se táže: „ A to jsi popisovala který těleso? “

0:40

Alena ukáže prstem na těleso H.

0:42

Experimentátorka se ujišťuje, že s popisem tělesa H skončila. Ukazuje na těleso F, ptá se: „A teď jdeš popisovat tohle?“

0:50

Dívka přikývne na znak souhlasu a začne: „Má to pět vrcholů, (θ) šest stěn, (θ 14s) a devět hran.“ Alena vrchol na hraně tělesa, která není oporná, a kterou za hranu nepokládá, za vrchol nepovažuje.

1:27

Dívka začne popisovat další těleso. Experimentátorka se až po popisu dozvídá, že se jedná o těleso E. „Má to pět vrcholů, pět stěn, (θ) a osm hran.“ Alena udala správně kombinatorické charakteristiky tělesa.

1:52

Dívka opět začne popisem bez toho aby, uvedla, které těleso bude popisovat. Jedná se však o těleso poslední a tím je G. „Má to osm vrcholů, (θ) sedm stěn, (θ 13s) a třináct hran.“ Vrcholy na hraně, která není oporná, opět mezi vrcholy nezapočítala. Těžko říct, co se stalo s počtem hran. Pravděpodobně se bude jednat i o nějakou početní chybu.

17. – 20. Experiment

Experimentátor: AS

Místo: ZŠF Fingerova, kabinet

Čas: 23. 3. 2011, 10:00 -10:20

Subjekty: Tadeáš, Hynek, Alice, Lucie (třída 5)

Výběr žáků: dobrovolníci, ochotní

Tadeáš

Hoch tělesa popisuje na přeskáčku.

Těleso C: Použil přirovnání: koryto řeky, jako vříznutá stěna. Slovem vříznutá, vyjadřuje nekonvexnost tělesa. U obou popisů se na těleso dívá z jedné strany. Termínem stěna má Tadeáš na mysli pravděpodobně zeď nikoli stěnu tělesa. Při popise použil slovní spojení „připomíná mi“, to vyjadřuje osobní přístup žáka k problému.

Těleso B: Použil přirovnání: otevřená pyramida. Na těleso se zde dívá jako na celek. Slovem otevřená vyjadřuje nekonvexnost tělesa.

Těleso D: Používá přirovnání: kousek dětské pyramidy, razítko. Těleso zde přirovnává jako celek. Přirovnání v sobě nesou z hlediska geometrie téměř prázdnou informaci. To samé lze říct o výroku „... má na sobě bílou kometu...“.

Těleso A: Používá přirovnání: špička věže, pyramida. Těleso popisuje jako celek. Používá termíny: (škrtnul jehlan), hrana, strana, vrchol. Tadeáš se termínům prostorové geometrie vyhýbá. Termín strana používá ve smyslu stěna. Z výroku „... má 5 hran 5 stran, 8 vrcholů...“ lze usoudit, že hoch se spletl a vyměnil počet hran a vrcholů, nebo, že navzájem zaměňuje pojmy hrana a vrchol.

„A a D vypadají na sobě jako kostel“. Poprvé se ukazuje skladba dvou těles.

Tělesa A, B, C, D popisuje jako obroušené a uhlazené kusy meteoritů, barva vesmíru.

Nekonvexnost vyjadřuje slovy vříznutá, otevřená.

Termín strana používá ve smyslu stěna a není jasné, zda rozumí termínům vrchol a hrana.

Z 3D termínů Tadeáš použil tyto: jehlan (ale škrtnul ho), hrana, strana, vrchol. Z 2D termínů nepoužil žádný.

Hoch se pravděpodobně v matematice necítí být jistý, i proto se vyhýbá mnoha termínům. Pravděpodobně vidí větší úspěch v komunikaci, když tělesa popíše přes astronomické jevy než přes geometrické.

Hynek

Dodržuje pořadí těles zprava do leva: A, B, C, D.

Těleso A: Používá termíny: čtyřboký jehlan, čtyři hrany, špička. Použití termínu špička naznačuje, že termín vrchol ještě není osvojen. Použil přirovnání: pyramida, špička kopí.

Těleso B: Používá termíny: čtyřboký jehlan, tři trojúhelníky, pomyslná čára, špička, podstava, vrchol, hrana. Hrana, která není oporná, se mu nejeví jako hrana a nazývá ji pomyslnou čarou. Hlavní vrchol nazývá špičkou. Slovy: proříznutý, dovnitř vříznutý, vyjadřuje nekonvexnost.

Těleso C: Používá termíny: kvádr, hrana, podstava, strana. Slovo strana použil pravděpodobně ve smyslu stěna. Použil přirovnání: přesýpací hodiny. Tato metafora je zajímavá tím, že při ní využil představivost spojenou s osovou souměrností. Můžeme se jen dohadovat, zda se na těleso dívá z jedné strany nebo zda se na něj dívá jako na celek. Slovy proříznutá část, průřez vyjadřuje nekonvexnost tělesa.

Těleso D: Používá termíny: šestiboký hranol, strany, horní podstavy, šestiúhelníkový. Slovo strana opět použil ve smyslu stěna.

Z postupu hochy je zřejmá systematičnost.

Hynek si uvědomuje nekonvexnost jako společný rys těles B a C. „... kvádr, který bych popsal stejně jako jehlan předtím...“. Nekonvexnost vyjadřuje slovy proříznutý, dovnitř vříznutý, proříznutá část, průřez.

Termín strana používá ve smyslu stěna. Hlavní vrchol jehlanu označuje jako špičku. Hranu tělesa, která není oporná, nazývá pomyslnou čarou.

Alice

Dodržuje pořadí těles zprava do leva: E, F, G, H.

Těleso E: Použila přirovnání: pyramida, kornout od zmrzliny, dalekohled. Těleso popisuje jako celek. Užívá termín otočení. Z toho lze usoudit, že žákyně nahlíží na těleso dynamicky.

Těleso F: Použila přirovnání: vyplněný M, vlaštovka, přesýpací hodiny. Přitom se na těleso nedívá jako na celek, ale pouze na jeho jednotlivé části. Vyplněné M vidíme při pohledu na jednu stěnu tělesa, vlaštovku vidíme při pohledu na část tělesa, kde leží jeho hrana, která není oporná, a přesýpací hodiny je vidět při pohledu ze strany, ale pouze jejich část.

Těleso G: Použila přirovnání: tunel, přesýpací hodiny, kniha nebo dárek s mašlí (*čím experimentátorka rozumí knihu s mašlí nebo dárek s mašlí*). Popsala jednotlivé pohledy na těleso. Použila termíny: strana, obdélník. Termín strana používá ve smyslu stěna.

Těleso H: Použila termín šestiúhelník. Použila přirovnání: dalekohled, sklenička, kaleidoskop (*nepoužila přímo toto slovo, pouze ho slovně popsala*), rakev, roury. Těleso popisuje jako celek. Došlo k zefektivnění stylistiky, píše už pouze jednotlivé pojmy.

Z postupu dívky je zřejmá systematičnost.

Společný popis nekonvexnosti jsou přesýpací hodiny.

Alice nepoužila ani jeden 3D termín, z 2D termínů použila tyto: obdélník, šestiúhelník.

Lucie

Tělesa popisuje v pořadí: G, E, H, F, E.

Těleso G: Používá přirovnání: stůl, kolébka, písmeno K. Při přirovnání ke stolu a kolébce se na těleso dívá jako na celek. Písmeno K je vidět při pohledu ze strany. Použila termín strana, ve smyslu stěny.

Těleso E: Používá přirovnání: pyramida, pravoúhlý trojúhelník na papíře, šipka, káča (při popise tělesa F). Při přirovnání k pyramidě se dívá na těleso jako na celek.

K informaci přidává: „...je hubenější než ostatní pyramidy...“. Dívka má dobrou představu o tomto tělese. Dívka si pravděpodobně promítla jehlan na papír, má však mylnou představu o jeho pravoúhlosti. Můžeme se jen dohadovat, zda při přirovnání tělesa k šipce měla na mysli 3D šipku, nebo 2D šipku na papíře. Užívá termín otočení. Z toho lze usoudit, že žák nahlíží na těleso dynamicky.

Těleso H: Používá přirovnání: frťánek, stolička. Při popise se na těleso dívá jako na celek.

Těleso F: Používá přirovnání: pyramida uvnitř, písmeno V, šipka, skluzavka, hlava koně, pes nebo kočka bez uší, káča, zobák, tunel. Objevují se zde všechny tři druhy stylizace.

U experimentů typu C byla i písemná interpretační část (viz přílohu 2). Zde se neobjevily žádné závažné didaktické jevy a jediné, co možno říct, že v oblasti interpretace se úroveň všech žáků ukázala výrazně vyšší než v oblasti artikulace.

4. 2 Analýza činnosti experimentátorky

Tato část práce se orientuje zejména na nedostatky týkající se teoretické i technické oblasti, které se v průběhu experimentů vyskytly, a na možnost jejich eliminace či nápravy v budoucích experimentech.

U 4. experimentu, konkrétně při úkolu verbalizace kritéria rozdělení podle konvexnosti, se experimentátorka snažila dívce pomoci, přiblížit jí pojem klasifikace a navést ji, aby si všimla hlavního rysu nekonvexních těles – „výřezu“. Pro příště je možno, po nesprávně vysloveném kritériu subjektem, pouze položit otázku, zda žáka napadá ještě nějaké jiné pravidlo pro rozdělení do konkrétních dvou skupin.

U analýzy téhož experimentu si experimentátorka uvědomila, že v jeho průběhu špatně vyhodnocovala počínání dívky. Úloha popsat pomocí slov kamarádovi některé těleso má dvě hladiny. První hladinou je vůbec nějak slovy popsat dané těleso a druhou hladinou je popsat jej bez gestikulace. U 4. experimentu se subjekt pohyboval v první hladině artikulace, experimentátorka to však hodnotila, jako kdyby to byla už v hladina druhá. Měla s porozuměním vyslechnout hladinu první a pak dívku požádat, aby těleso popsala bez ukazování.

Při 5. experimentu experimentátorka použila nevhodnou terminologii: „A když řeknu já, že vyber žlutý šestiúhelník, který těleso mám na mysli?“ I když je použitá terminologie srozumitelná, není správná. Experimentátor by měl vždy používat korektní termíny. Po kritice jejího výroku žákem se opravila a svůj výrok změnila: „Je to útvar, který je žlutý a má v sobě šestiúhelník.“

U 7. experimentu si experimentátorka až po zadání úkolu všimla, že na stole jsou tělesa rozmístěna tak, jakoby byla rozdělena do skupin podle kritéria jehlan/hranol (viz obr. 10). Je nutné mít před experimentem všechno adekvátně připravené.

U experimentů 9. – 16. žáci často začali popis těles, aniž by dali znát, které těleso popisují. Experimentátorka si uvědomila, že scénář experimentu nutno upřesnit, oddělit instrukci o výběru tělesa a instrukci od jeho popisu.

Experimentátorka si všimla až při analýze 13. experimentu, že popis tělesa G nebyl z technických důvodů zachycen na kameru. Pro příště by bylo vhodné zkontrolovat technická zařízení.

U 15. experimentu je velmi špatná zvuková nahrávka z důvodu vnějších vlivů. Experimentátorka měla počkat, až hluk ustane, nebo vyhledat místnost, kde s dívkou nebudou rušeny, a to nejen proto, aby získala kvalitní nahrávku, ale také proto, aby se dívka mohla lépe soustředit.

5 Závěr

Zkušenosti, které jsem získala při tvorbě bakalářské práce, jsou dvou typů. Jednak se týkají oblasti poznatkové, a pak též oblasti motivační. V poznatkové oblasti jsem se mohla seznámit s odbornou literaturou novým způsobem. Již to nebylo studium, jehož cílem je uchovat v paměti různé psychologické, pedagogické a didaktické poznatky, ale bezprostřední aplikace poznatků převzatých od Piageta, Vygotského, Vopěnky a dalších na činnosti, které jsem dělala. Hlavní přínos práce vidím v tom, že jsem měla možnost získat první zkušenosti s přípravou, realizací, evidencí a analýzou experimentů v oblasti didaktiky matematiky. Při analýze jsem se seznámila s množstvím teoretických poznatků z oblasti matematiky i psychologie. Také jsem zde měla možnost jasně vidět svoje chyby, a tedy jsem měla příležitost se jim příště vyvarovat. Druhým důsledkem mých zkušeností bylo silné zaujetí k experimentální činnosti v oblasti didaktiky matematiky, ke kterému jsem dnes dospěla.

Práce mne velice zaujala a ráda bych, bude-li to možné, v této tématice pokračovala i později v rámci diplomové práce, kterou bych chtěla propojit se speciální pedagogikou. Mám zájem pokračovat ve výzkumech vedoucí práce, které byly uskutečněny před pěti lety a týkaly se haptického vnímání těles vidomých žáků. Ráda bych tyto experimenty zopakovala a rozšířila o analogické experimenty s žáky nevidomými.

6 Použitá literatura

Cholodnaja, M., A.: *Psichologija intelekta: paradoksy issledovania*. Moskva-Tomsk, Rossijskaja akademija nauk, 1997. ISBN 5-86237-025-0

Холодная, М., А.: *Психология интеллекта - парадоксы исследования*. Москва – Томск Российская академия наук, , 1997. ISBN 5-86237-025-0

Jírotková, D.: *Cesty ke zkvalitňování výuky geometrie*. Praha, UK v Praze Pedf, 2010. ISBN 978-80-7290-399-3

Hejný, M.: Analiza dydaktyczna pojęć matematycznych przykłady geometryczne. In *Zeszyty naukowe uniwersytetu rzeszowskiego: Seria matematyczno-przyrodnicza: Matematyka 1*. Rzeszów, Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, 2001. Kapitola 3, s. 19-41. ISSN 1643-0492

Hejný, M., Slezáková, J.: Investigating mathematical reasoning and decision making. In *Mathematical understanding 5- 11.: A practical guide to creative communication in primary mathematics*. London, Paul Chapman Publishing, 2007. Kapitola 5, s. 89-112. ISBN 978-1-4129-4505-9

Vopěnka, P.: *Rozpravy s geometrií*. Praha, Panorama, 1989. ISBN 80-7038-031-4.

Vygotskij, L., S.: *Psychologie Myšlení a řeči*. Praha, Portál, 2004. ISBN 80-7178-943-7