

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Petr Štěpánek
Co je LOGO?

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 26 (1981), No. 2, 98--105

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138658>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1981

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



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

Petr Štěpánek, Praha

Tento článek chce čtenáři přiblížit způsob výuky založený na přístupu, o kterém mluví S. Papert [4], a nové možnosti tímto přístupem vyvolané.

Termín LOGO se běžně používá v několika různých významech. V užším smyslu označuje programovací jazyk nebo spíše skupinu programovacích jazyků, která se vyvinula z první verze jazyka LOGO. V širším smyslu LOGO označuje projekt vyučovacího procesu, z jehož zásad programovací jazyk vychází.

Samotný jazyk LOGO patří k jazykům takzvané třetí generace a je určen především pro nenumerické výpočty. Jazyk LOGO pracuje se dvěma typy objektů: jednak se slovy a jednak se seznamy. Slova jsou konečné posloupnosti (řetězce) písmen a číslic, případně dalších pomocných symbolů. Jazyk dává možnost pracovat s jednotlivými symboly každého slova, přepisovat a vymazávat je nebo připisovat další symboly. Slova, která jsou sestavena výhradně z číslic, se interpretují jako přirozená čísla a je možno s nimi provádět obvyklé aritmetické operace. Seznamy mohou být jednoduché nebo složené. Jednoduchý seznam je, zhruba řečeno, posloupnost slov. Složený seznam je seznam, jehož prvky jsou slova nebo seznamy. Například

(1) [A B CYRIL]

je jednoduchý seznam, jehož prvky jsou po řadě slova A, B, CYRIL. Složený seznam

(2) [DUB E [A B CYRIL]]

obsahuje po řadě slova DUB, E a seznam (1). Řekneme-li, že seznam (2) má hloubku dvě, protože jeho prvkem je kromě slov i jednoduchý seznam (1), máme možnost vytvořit z něho seznam hloubky tři například tím, že slovo A nahradíme nějakým jednoduchým seznamem. Jazyk LOGO dává možnost pracovat s jednotlivými prvky (položkami) každého seznamu a hloubka řetězení seznamů prakticky není omezena. K práci se slovy a seznamy se používají dvě funkce FIRST a BUTFIRST. Funkce FIRST vypíše ze slova (seznamu) první znak (položku), funkce BUTFIRST generuje zbytek slova (seznamu). Například výsledkem

FIRST: [A B CYRIL]

je slovo A a výsledkem

BUTFIRST: [A B CYRIL]

je seznam [B CYRIL].

Z toho, co bylo řečeno o objektech jazyka LOGO, je zřejmé, že tento jazyk dovoluje vytvářet bohatou strukturu dat, která je u vyšších jazyků obvyklá a která dovoluje řešit

širokou třídu problémů. Syntax jazyka LOGO je jednoduchá a dává možnost definovat vlastní procedury. Možnost definovat rekurzivně nové procedury dává do rukou programátora opravdu silné prostředky. Jazyk LOGO byl navržen se zřetelem na uživatele, kteří nemají žádné předběžné znalosti o programování ani o matematice. Základní návyky lze snadno získat při několika sezeních u terminálu počítače. Jedna z prvních verzí tohoto jazyka se na univerzitě v Edinburghu používá při výuce předmětu Umělý intelekt (Artificial Intelligence) pro studenty matematických, přírodovědných i humanitních oborů, například lékařství, psychologie, jazykovědy a filozofie. Jazyk LOGO je také již několik let využíván k experimentální výuce žáků základních i středních škol. Ale to se již dostáváme k projektu, o kterém jsme se zmínili na začátku.

Projekt LOGO je dílem skupiny vědců v Laboratoři umělého intelektu na Massachusettském institutu technologie (MIT). Skupina vznikla koncem šedesátých let, v době prvních výrazných úspěchů tohoto nového oboru matematické informatiky. Její členové sdíleli společný názor, že počítače představují ohromný potenciál, který může výrazně ovlivnit metody výuky na všech stupních škol. V té době už v USA počítače patřily k výbavě velkého počtu středních škol. Studenti se učili programovat jednoduché numerické úlohy v některém z rozšířených jazyků zpravidla v jazyce BASIC nebo FORTRAN, vzdálení možnostem, které už tehdy dávala progresivní výpočtová technika. Špičkové počítače, které mohly radikálněji ovlivnit výukový proces, byly pro širší uplatnění ve výuce příliš drahé. Ze dvou možností, tj. buď rozvíjet metodiku výuky na cenově dostupných zařízeních, nebo bez ohledu na tehdejší stav experimentovat s nejpokročilejší (a drahou) výpočtovou technikou, zvolili členové skupiny tu druhou. V první polovině sedmdesátých let se stáhli z každodenního boje o zavedení počítačů do škol a uzavřeli se do svých laboratoří. Rozvíjeli výukové metody s těmi druhy zařízení, které se zdály perspektivně nejslibnější. Oddělení pro pedagogický výzkum na MIT získalo podporu státních i soukromých institucí. Byla zřízena laboratoř pro výuku dětí, která významně přispěla k rozvoji projektu LOGO.

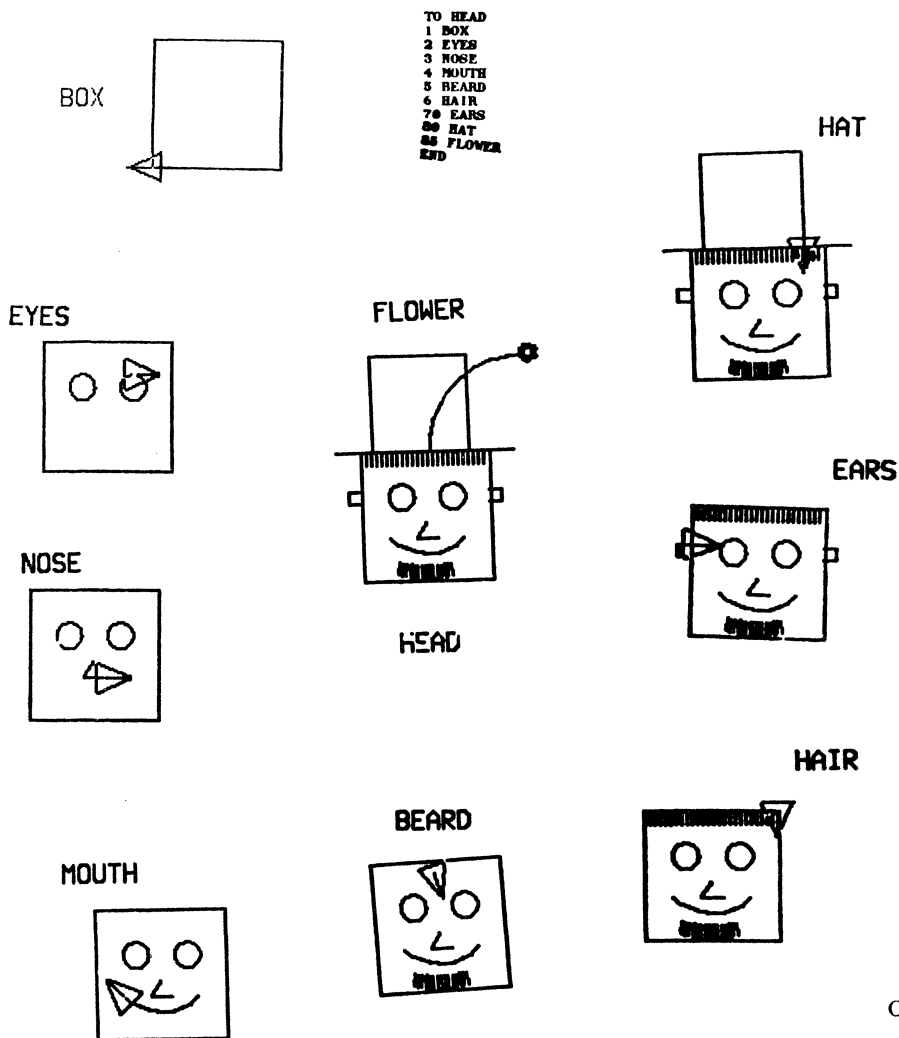
V projektu je věnována mimořádná péče prostředí, ve kterém probíhá výuka, a vyučovacím formám. Autoři projektu kladou zejména důraz na způsob, jakým děti využívají počítače. Místo málo nápaditého „přemílání čísel“ (number crunching), děti řídí počítačem skutečné procesy, které je možno vidět a slyšet. Ovládají mechanickou „želvu“, která jezdí po podlaze, nebo „světelnou želvu“, která kreslí obrázky na obrazovce terminálu. Mohou také vytvářet hudbu pomocí generátorů zvuku řízených počítačem a rozvíjet další činnosti. To vše neslouží jen k motivování zájmu dětí, ale i k začlenění počítače do vlastního prostředí dítěte a k navázání vztahu k němu. Styk s počítačem zprostředkuje terminál s obrazovkou. Jednotlivé příkazy nebo programy složené z více příkazů se píší (a opravují) na klávesnici terminálu a výsledky se objeví na obrazovce bezprostředně po spuštění programu.

Mechanická nebo světelná želva umožňuje začátečníkovi, aby se ztotožnil s výpočtovým procesem. Několik jednoduchých příkazů, kterými se želva řídí, může být použito i bez jakýchkoli číselných údajů. Základní příkazy „dopředu“ (FORWARD), „dozadu“ (BACKWARD), „doleva“ (LEFT) a „doprava“ (RIGHT), které řídí pohyb želvy, lze vyjádřit stisknutím jejich počátečního písmena (tedy po řadě F, B, L, R) na klávesnici terminálu. Za písmenem může následovat číslo, které udává počet „kroků“, o které

se má želva v naznačeném směru pohnout (jde o vzdálenost ve zvolených jednotkách). Pokud nenásleduje žádný číselný údaj, želva se pohne v žádaném směru o určitý pevný počet jednotek.

HOW TO BUILD A HEAD

A SAMPLE OF DONALD'S WORK:



Obr. 1*)

Mechanickou želvu lze nahradit světelnou želvou, která se pohybuje po obrazovce terminálu. Na obrázcích 1 a 2 je světelná želva dobře patrná jako malá šipka, která určuje bod na obrazovce (jde o střed základny rovnoramenného trojúhelníka, který tvoří šipku) a směr, kterým se bude želva pohybovat na příkaz „dopředu“. Pohyb, který

*) Obr. 1. i obr. 2. jsou převzaty z článku [2]

želva vykonala, zůstává na obrazovce zachycen světelnou stopou (v tom se želva podobá u nás známé Magické tabulce pro děti). Kreslení stopy je možno potlačit příkazem PENUP a znovu obnovit příkazem PENDOWN. Želva může kreslit i kruhové oblouky daného poloměru, například na příkaz RARC 10 nakreslí želva čtvrtkružnici se středem, který leží na přímce procházející bodem, který želva určuje, kolmé k její orientaci ve vzdálenosti 10 napravo od želvy. Procedura SPYRO, která je zachycena na obr. 2, je vlastně cvičením na použití příkazu RARC.

Za pomoci základních příkazů naváží kontakt s počítačem i děti, které jsou jinak v matematice neúspěšné. V další fázi je možné želvu využít i k nápravné výchově: děti ocení podstatně větší možnosti, které dává řízení spojené s přesnými číselnými údaji. Potom je snadné demonstrovat základní vlastnosti číselných operací. Mladší děti jsou vedeny k vytváření kreseb podle vlastních představ. Na obrázku 1 je znázorněn postup vytváření kresby hlavy procedurou HEAD, kterou dítě vytvořilo z několika vlastních procedur (BOX, EYES, ...).

Proceduru Box lze vytvořit čtyřmi příkazy RIGHT, například

```
TO BOX
10 RIGHT 40
20 RIGHT 40
30 RIGHT 40
40 RIGHT 40
END
```

Tím vznikne čtverec, jehož strana má délku 40 jednotek. Čtenář může zkusit vytvořit zbývající procedury pomocí příkazů, které jsme vysvětlili. Vytvoření takové kresby počítačem vyžaduje poměrně dobré ovládnutí želvy a zvládnutí rovinných souřadnic. Spirála na obrázku 2 ilustruje další možnosti „želví geometrie“. Popudem ke vzniku spirály byly pokusy s vícenásobným otáčením želvy o pevný úhel, které přivedly experimentujícího žáka k vlastnímu pozorování, že například otočením doprava devětkrát o úhel 30° vznikne stejná situace jako otočením doleva o úhel 90°. Podobných pokusů provedlo dítě více a s různými úhly. Instruktor doporučil dítěti zachytit otáčení kreslením kruhového oblouku s rostoucím poloměrem. Zápis procedury SPYRO na obr. 2, mluví sám za sebe.

Naučit počítač morseovce je zajímavý a trochu náročný cíl. Není těžké napsat proceduru pro kódy jednotlivých písmen:

```
TO CODE
10 IF LETTER = 'A OUTPUT [. -]
20 IF LETTER = 'B OUTPUT [- ...]
.....
.....
END
```

Při kódování zprávy psané morseovkou se uplatní rekurzivní definice procedur a funkce FIRST, BUTFIRST. S jejich pomocí lze metodou „rozděl a panuj“ jednoduše vytvořit proceduru na kódování jednotlivých slov: první písmeno slova získané funkcí FIRST kóduj pomocí procedury CODE a zbytek slova generovaný funkcí BUTFIRST přenechej „někomu jinému“ (opětnému použití téže procedury). Tak vznikne procedura PRI, která je rekurzivně definovaná a byla výsledkem spolupráce žáka a instruktora. Stejný postup lze použít i pro kódování zpráv, které jsou složeny ze slov. Tak vznikla procedura PRI 2, která pomocí procedury PRI kóduje celou zprávu. Zde je program

```

TO PRI2 : MESSAGE
  5 IF : MESSAGE = [ ] STOP
  10 PRI FIRST : MESSAGE
  20 TYPE [%%]
  30 PRI2 BUTFIRST : MESSAGE
END
TO PRI : WORD
  5 IF : WORD = " STOP
  10 TYPE CODE FIRST : WORD
  20 TYPE [%]
  30 PRI BUTFIRST : WORD
END

```

Zpráva

[I AM HERE]

hude popsaným programem kódována takto:

..%/%/%% - % - - %/%/%% ... % . % . - % . %/%/%%

Program vychází z předpokladu, že zpráva (MESSAGE) je vždy seznam hloubky jedna, jehož položkami jsou slova složená z písmen. Program obsahuje korektní rekurzivní definice procedur PRI, která kóduje slova, a PRI2, která kóduje celou zprávu za pomoci procedury PRI. Je řešením pro žáka zajímavé úlohy a rozvíjí jeho pochopení pojmu algoritmu.

Příklady, které jsme dosud uvedli, byly určeny dětem ve věku odpovídajícím přibližně šesté třídě naší základní školy. Pro studenty středních škol ve věku odpovídajícím prvnímu až třetímu ročníku našich gymnázií byl připraven mnohem náročnější program. Kromě lekcí, v nichž se studenti seznamovali s jazykem LOGO a jeho prostředky pro řízení želvy, byl zařazen i výklad adekvátních partií geometrie, mechaniky a topologie. Geometrické obrazce jsou chápány jako stopy robota simulovaného počítačem, který postupuje podle nějakého programu. Tím vzniká svérázná „želví geometrie“. Takový přístup dává jasné rozlišení mezi globálními a lokálními vlastnostmi rovinných útvarů. Využívá se různých hledisek k definici téhož útvaru: kružnice může být definována buď

jako uzavřená křivka s konstantní křivostí, nebo jako křivka daná známou analytickou rovnicí vzhledem ke globálně definovanému souřadnicovému systému. Želví geometrie slouží jako vhodný úvod do geometrie a programování. Přitom již studium křivek nakreslených pomocí jednoduchých programů může vést k zajímavým problémům z teorie čísel. Geometrická část výkladu končila důkazem vět o klasifikaci křivek vytvořených některými obecnými třídami programů a odvozením vzorců pro totální křivost uzavřených křivek.

Fyzikální část výkladu byla věnována pojmu síly. Zahrnovala i obšírný výklad ne-

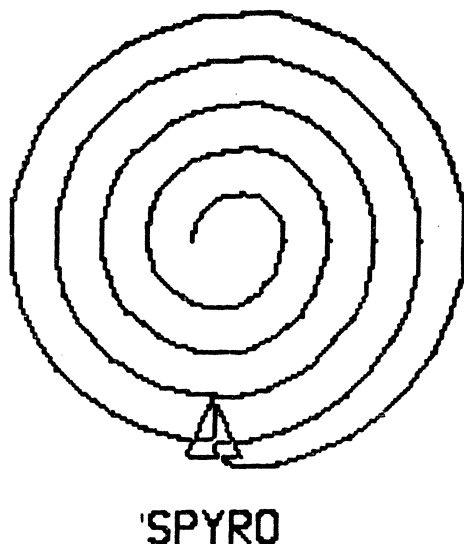
TO SPYRO

```

1 PARC 20
2 PARC 20
3 PARC 30
4 PARC 30
5 PARC 40
6 PARC 40
7 PARC 50
8 PARC 50
9 PARC 60
10 PARC 60
11 PARC 70
12 PARC 70
13 PARC 80
14 PARC 80
15 PARC 90
16 PARC 90
17 PARC 100
18 PARC 100
19 PARC 100
20 PARC 10
END

```

Obr. 2



beské mechaniky až po odvození Keplerových zákonů a diskusi nepravidelností v pohybech planet. Topologická část výkladu byla věnována studiu křivek a ploch. Byl zaveden pojem spojitě deformace a bylo dokázáno, že totální křivost uzavřené konvexní křivky v rovině je invariantní vůči spojitým deformacím v této rovině. Na základě tohoto zjištění bylo možné zobecnit želví geometrii na každou dvourozměrnou plochu, která je lokálně homeomorfní s rovinou. Určování totální křivosti uzavřených konvexních křivek na takové ploše pak dovoluje zjistit, zda jde o část roviny nebo plochu zakřivenou. (Plocha je částí roviny, právě když totální křivost každé uzavřené konvexní křivky je rovna dvěma.) Želví geometrie se ukázala být zajímavým prostředkem i ke studiu obtížně vysvětlitelných geometrických jevů a hlubokých výsledků (věta Gaussova-Bonnetova a Brouwerova věta o pevném bodě.)

V závěru kursu byli studenti rozděleni do několika pracovních skupin k řešení zajímavých problémů. Například jedna skupina studovala deformace různých typů mostních konstrukcí, jejichž zatížení bylo modelováno pomocí počítače. Jiná skupina studovala vzájemné vztahy a míšení barev pomocí barevné obrazovky (displeje) řízeného počítačem. Studenti mohli realizovat i vlastní barevné kompozice.

Uvedené příklady byly záměrně zvoleny z tradičních oblastí uplatnění matematiky. Autoři projektu LOGO v citované literatuře uvádějí řadu zajímavých možností i pro jiné oblasti školské látky (biologii, jazykovědu, výtvarnou výchovu), z nichž některé již byly úspěšně prověřeny.

Přínos projektu LOGO nespočívá ve vytvoření nového programovacího jazyka pro školní výchovu: možnosti jazyka LOGO jsou dostupné ve většině jazyků téže generace. Přínosem skupiny LOGO je především vytvoření materiální základny (hardware, software) a obsahové náplně (nová učební témata, nová metodika) pro způsoby využití počítačů ve školní výuce. Neméně důležitou částí projektu LOGO jsou psychologická východiska a z nich odvozené pedagogické zásady. Je jim věnováno několik poznámek v práci [3] a podrobně je rozebírá S. Papert v citovaném článku [4]. Jednou z hlavních myšlenek projektu je snaha vytvořit prostředí, ve kterém je možné navrhovat a řídit zajímavé činnosti pomocí počítače, s nímž se dorozumíváme v matematickém jazyce. Je záměrem autorů projektu, aby úspěšné řešení problému přineslo žákovi všestranný prožitek úspěchu spojený s uznáním v širším kolektivu a případně i s kladným estetickým dojmem. Projekt LOGO není ojedinělý; podobné experimenty probíhají nezávisle i na jiných místech v USA, SSSR, Velké Británii, Francii a v dalších zemích. Zmíňme se alespoň o skupině A. P. Jeršova z Novosibirska, která navrhla systém RITA (Risunok-Informacija-Tekst-Avtor) pro práci s jednoduchými geometrickými kompozicemi a s texty v přirozeném jazyce. O plánech této skupiny v oblasti školské matematiky se čtenář blíže dozví v práci [5].

Také u nás je věnována pozornost možnostem využití počítačů v pedagogické práci. V únoru 1980 proběhl již sedmý celostátní pracovní seminář o využití počítačů ve výuce, který každoročně pořádají Výzkumné výpočtové centrum VŠE v Bratislavě, Výpočtové centrum VŠE v Praze a Výpočtové středisko VŠB v Ostravě. Publikované materiály těchto seminářů dávají přehled o výsledcích a rozvoji domácího výzkumu. Z prací, které jsou podobně zaměřeny jako projekt LOGO, uveďme alespoň jazyk STAVITEL navržený J. Hvoreckým a J. Kelemenem [6], jehož částečná implementace na počítači se používá v zájmových kroužcích na některých ZDŠ v Bratislavě při výuce programování, a jazyk KRESLIČ, který je implementován a slouží jako úvodní jazyk k výuce jazyka FORT-RAN na jednom bratislavském gymnáziu.

Všechny experimenty, o kterých jsme se dosud zmínili, lze zahrnout do oboru *výuka podporovaná počítačem* (Computer-Aided Instruction). Přínos umělého intelektu pedagogice se neomezuje jen na tuto oblast. Schopnost vytvářet modely vnitřní reprezentace znalostí pomocí počítače a na nich experimentálně zkoumat proces učení staví umělý intelekt do úzké souvislosti s kognitivní psychologíí. Přesvědčení, že studium umělého intelektu přispěje k hlubšímu poznání zákonitostí procesu učení je jednou z důležitých pohnutek, které vedly k realizaci nejen projektu LOGO.

- [1] *Student Science Training Program in Mathematics, Physics and Computer Science, Final report to the National Science Foundation*. AI Memo 393, LOGO Memo 29 (MIT) 1976.
 - [2] *Interim Report of the LOGO Project in the Brookline Public Schools: An Assessment and Documentation of a Children's Computer Laboratory*. AI Memo 484, LOGO Memo 49 (MIT) 1978.
 - [3] *Proposal to the National Science Foundation: An Evaluative Study of Modern Technology in Education*. AI Memo 371, LOGO Memo 26 (MIT) 1976.
 - [4] S. PAPERT: *Niektoré poetické a spoločenské kritériá pri návrhu výuky*. (Uveřejněno v tomto čísle Pokroků.)
 - [5] A. P. JERŠOV A KOL.: *Škol'naja informatika (konceptii, so stojanie, perspektivy)*. Preprint 152, Novosibirsk 1979.
 - [6] J. HVORECKÝ, J. KELEMEN: *Programovací jazyk STAVITEĽ*. *Matematické obzory* 12 (1978), 13–34.
-

vyučování

POZNATKY ŽÁKŮ GYMNÁZIA
Z UČIVA „STAVBA PEVNÝCH LÁTEK“
A „VEDENÍ ELEKTRICKÉHO PROUDU
V POLOVODIČÍCH“.

Miroslav Svoboda, Praha

V letech 1975–1978 probíhal na katedře didaktiky fyziky na matematicko-fyzikální fakultě UK výzkum znalostí žáků gymnázia z uvedeného učiva. Výběr zkoumaného učiva vycházel z těchto faktů.

1. Na gymnáziu se zavádí nový předmět základy techniky a ekonomiky, jehož součástí jsou i základy strojírenství a základy sdělovací techniky.
2. V nastupující vědeckotechnické revoluci mají velký význam polovodičové elektrotechnické prvky. Je důležité, aby do úplného středoškolského vzdělání patřila i znalost principu činnosti jednoduchých diskretních polovodičových

součástek (dioda, tranzistor). Na základě znalosti činnosti těchto součástek lze pochopit i funkci integrovaných obvodů, které v současné době jsou stále důležitější.

Využívání a prosazování těchto polovodičových součástek v praktickém životě má velký význam i pro úsporu energie a zvýšení spolehlivosti elektronických zařízení.

Po prvním roce byl výzkum zařazen do státního plánu VIII-5-4/2.

Výzkum byl zatím organizován v těchto etapách:

I. etapa

Zjištění stavu vědomostí v uvedených oblastech u žáků. Stav vědomostí byl zjišťován didaktickým testem s alternativními odpověďmi.

II. etapa

Na základě analýzy stavu vědomostí