

Nárys DM teorie přírodovědného vzdělávání

PŘEMYSL ZÁŠKODNÝ

P **Abstrakt:** Práce Nárys DM teorie přírodovědného vzdělávání ukazuje cestu od teorie didaktické komunikace přírodní vědy (Fenclová 1982) k odvozené teorii edukačních konstruktů (Záškodný 2022). Tato cesta byla umožněna aplikací DM přístupu (dataminingového přístupu). DM přístup spočíval ve sběru dat, v předzpracování a zpracování dat, ve vymezení podstatných pojmů a poznatků a v reprezentaci a vizualizaci dosažených výsledků.

V časovém rozpětí několika desítek let byla teorie didaktické komunikace přírodní vědy nejdříve formalizována převodem oblastí didaktické komunikace na posloupnost obsahů vzdělávání (variantních forem kurikula). Tato formalizace byla uskutečněna prostřednictvím teorie kurikulárního procesu přírodní vědy (Tarábek & Záškodný 2007a, 2007b, 2007c).

Variantní formy kurikula byly reprezentovány a vizualizovány především analyticko- syntetickými a maticovými modely variantních forem kurikula. Tato reprezentace a vizualizace byla uskutečněna prostřednictvím teorie edukačních konstruktů.

DM přístup v uvedeném časovém rozpětí umožnil postupnou aplikaci potřebných výchozích principů. Aplikace principu interdisciplinární komunikace (Callaos 2021) umožnila vznik teorie didaktické komunikace přírodní vědy. Aplikace principu obsahové pedagogiky (Doyle 1992a, 1992b) umožnila formalizaci teorií kurikulárního procesu přírodní vědy. Aplikace principu zprostředkovaného řešení problémů (Bruner 1960) umožnila reprezentaci a vizualizaci teorií edukačních konstruktů.

Práce nejen připomíná základní přínos Jitky Brockmeyerové k vybudování teorie a metodologie didaktiky fyziky (a didaktik dalších přírodních věd), ale také poukazuje na potřebu dalšího rozvíjení teorie přírodovědného vzdělávání. Práce je také bohužel již jen vzpomínkou na spolupráci s profesorkou Jitkou Brockmeyerovou.

Klíčová slova: Teorie didaktické komunikace, teorie kurikulárního procesu, teorie edukačních konstruktů, edukační dataminingový přístup, princip interdisciplinární komunikace, princip obsahové pedagogiky, princip zprostředkovaného řešení problémů.

ZÁŠKODNÝ, P. 2022. Nárys DM teorie přírodovědného vzdělávání. *Arnica* 12(1–2), 1–6. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, ISSN 1804-8366.

Rukopis došel 18. 3. 2022; byl přijat po recenzi 20. 10. 2022.

Přemysl Záškodný, U Tří lvů 300/16, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 370 01 České Budějovice; e-mail: P.Zaskodny@seznam.cz.

Úvod

“Why not try a Scientific Approach to Science Education?”

Carl Wieman, 2009, recipient of Nobel Prize in 2001

www.cwsei.ubc.ca

Cílem nárysu DM teorie přírodovědného vzdělávání (DM – datamining) je popsat prohloubení komunikačního pojetí přírodovědného vzdělávání vybudovaného J. Fenclovou-Brockmeyerovou zvláště se zaměřením na didaktiku fyziky. Prohloubení spočívá v popisu komunikace navržených edukačních konstruktů mezi jednotlivými oblastmi edukační (didaktické) komunikace. Edukačními konstrukty jsou modelové reprezentace a vizualizace variantních forem obsahu přírodní vědy (variantních forem kurikula). Komunikační pojetí je bráno jako alternativa k aplikačnímu a integračnímu pojetí přírodovědného vzdělávání. Úplná verze DM teorie přírodovědného vzdělávání je v anglickém jazyce k dispozici pod názvem „DM Theory of Science Education“ (Záškodný 2022).

Základní výzkumnou hypotézou, potvrzenou předloženou prací Nárys DM teorie přírodovědného vzdělávání, byl předpoklad, že aplikací jednotlivých etap edukačního

dataminingového cyklu lze popsat vznik a strukturu teorie přírodovědného vzdělávání.

V předložené práci je vedle vymezení výchozích principů uveden dataminingový přístup a s ním spojený dataminingový cyklus jako vhodný formalismus pro zkoumání vývoje teorie přírodovědného vzdělávání.

Na základě edukačního dataminingového cyklu bylo možné strukturu teorie přírodovědného vzdělávání popsat následujícím způsobem:

- i) Základním výsledkem byla teorie didaktické komunikace fyziky (a dalších přírodních věd) jako důsledek principu interdisciplinární komunikace.
- ii) Odvozeným výsledkem byla teorie kurikulárního procesu fyziky (a dalších přírodních věd) jako důsledek principu obsahové pedagogiky.
- iii) Závěrečným výsledkem byla teorie edukačních konstruktů jako důsledek principu zprostředkovaného řešení problémů.
- iv) Mezi tvorbu edukačních konstruktů bylo zařazeno především analyticko-syntetické a maticové modelování.

Struktura nárysu DM teorie přírodovědného vzdělávání je doplněna návodem přípravy k výuce přírodní vědy a způsobem chápání výuky založené na zprostředkovaném řešení problémů.

DM teorie přírodovědného vzdělávání a výchozí principy

Dataminingový přístup (datamining) je dán kontinuem „data, informace, poznatky“. Diskrétní vlastnosti tohoto kontinua jsou brány v úvahu. Edukační dataminingový přístup je dataminingový přístup v oblasti vzdělávacích systémů. Edukační dataminingový přístup lze charakterizovat etapami edukačního dataminingového cyklu a důrazem kladeným na vyhledávání podstatných pojmů a poznatků.

Vzhledem k diskrétním vlastnostem kontinua „data, informace, poznatky“ je dobrým východiskem znalost výchozích principů, jejichž prostřednictvím lze uskutečňovat jednotlivé etapy edukačního dataminingového cyklu. Mezi tyto etapy patří zvláště předzpracování dat (data preprocessing), zpracování dat (data processing), reprezentace a vizualizace (representation and visualization) výsledků dataminingu.

Je-li zkoumaným vzdělávacím systémem přírodovědné vzdělávání, lze za výchozí principy zkoumání považovat princip interdisciplinární komunikace, princip obsahové pedagogiky a princip zprostředkovaného řešení problémů.

Aplikace principu interdisciplinární komunikace při zkoumání vzdělávání v rámci konkrétní přírodní vědy vyžaduje komunikaci přírodní vědy s vědami pedagogickými, psychologickými a sociálními. Zkoumání této komunikace umožňuje transformovat získaná data na poznatky o oblastech, které by mělo přírodovědné vzdělávání zkoumat v rámci své metodologie.

Za jednoho z podporovatelů principu interdisciplinární komunikace lze považovat Nagibu Callaose (dříve profesor Univerzity Simona Bolívara ve Venezuele, nyní prezident Mezinárodního institutu informatiky a systematiky v USA) (Callaos 2021). V oblasti fyzikálního vzdělávání lze za zakladatelku teorie edukační (didaktické) komunikace fyziky (a dalších přírodních věd) považovat J. Fenclovou-Brockmeyerovou (profesorka J. Fenclová-Brockmeyerová působila v rámci Československé akademie věd a Univerzity Karlovy v České republice (Fenclová 1982).

Teorie edukační (didaktické) komunikace fyziky byla definována jako „celý a souvislý proces předávání a zprostředkování výsledků a metod fyzikálního poznání do vědomí jednotlivců, kteří se na vzniku poznání nepodíleli, a tím i do společenského vědomí“ (citováno podle J. Fenclové-Brockmeyerové; Fenclová 1982).

Oblasti výzkumu v rámci fyzikální edukace (v rámci didaktiky fyziky), vymezené J. Fenclovou-Brockmeyerovou, byly publikovány v roce 1982. V rámci přechodů mezi jednotlivými oblastmi výzkumu prodělává fyzikální poznatek několik výrazných transformací. Přehled základních problémových oblastí fyzikální edukace (didaktiky fyziky) publikovaných J. Fenclovou-Brockmeyerovou byl následující:

- vědecký systém fyziky z hlediska didaktické komunikace (poznání ve fyzice z hlediska jeho sdělitelnosti a možností přenosu),
- edukační (didaktický) systém fyziky (tvorba didaktického systému fyziky předpokládá vyjasnění povahy fyzikálních poznatků z hlediska náročnosti jejich osvojování),
- výukový projekt fyziky a jeho prostředky (výukový projekt fyziky má být realizací didaktického systému fyziky v učebních plánech, osnovách, učebnicích, pomůckách i v jejich kombinacích),
- výukový proces fyziky (soubor strukturních vztahů mezi cíli, obsahy, organizací, prostředky a metodami výuky chápaných jako interakce),
- výsledky výuky fyziky a jejich hodnocení (objektivní zjišťování a hodnocení výsledků výuky, výsledků příslušného didaktického systému a projektu),
- fyzikální vzdělání a jeho uplatnění (celkové uplatnění fyzikálního vzdělání mimo vlastní sféru edukace, přínos fyziky k potřebám jednotlivce a společnosti),
- výchova a vzdělávání učitelů fyziky (zkoumání vlastností, příprava dalšího vzdělávání učitele fyziky vzhledem k jeho činnosti i celkovým cílům výuky),
- metodologie a historie didaktiky fyziky (hledání předmětu a metod bádání v oblasti fyzikální edukace také na základě historické kontinuity).

Aplikace principu obsahové pedagogiky vyžaduje charakterizovat vymezené problémové oblasti metodologie přírodovědného vzdělávání jako variantní formy obsahu, které se vyskytují v procesu edukační (didaktické) komunikace přírodní vědy. Zkoumání obsahové pedagogiky umožňuje transformovat data na pojmy a poznatky, které by měly umožnit vymezit posloupnost forem obsahu přírodovědného vzdělávání jako posloupnost variantních forem kurikula.

Za jednoho z průkopníků principu obsahové pedagogiky lze považovat Waltra Doylea (dříve profesor University of Arizona) (Doyle 1992a, 1992b). V oblasti fyzikálního vzdělávání navázali principem obsahové pedagogiky na princip interdisciplinární komunikace Pavol Tarábek (dříve prezident Curriculum Studies Research Group, Slovensko, in memoriam) a Přemysl Záškodný (Jihočeská univerzita v České republice)

(Záškodný 2015). Výsledkem byla teorie kurikulárního procesu fyziky. Nelze nepřipomenout významnou inspiraci poskytnutou Janem Průchou (profesor Univerzity Karlovy v České republice)(Průcha 2005) a jeho explanační pedagogiku spojenou s tvorbou edukačních konstruktů. Teorie kurikulárního procesu fyziky byla definována jako posloupnost variantních forem kurikula a jako posloupnost výsledků transformací jednotlivých variantních forem obsahu fyzikálního vzdělávání na variantní formy navazující.

Struktura variantní formy kurikula je charakterizována smyslem a pojetím variantní formy, soustavou cílů variantní formy, formou pojmově-poznatkového systému variantní formy a faktory transformace na navazující variantní formu (Záškodný 2015). Smysl a pojetí variantní formy a soustavu cílů variantní formy lze na základě vhodné konstrukce zakotvit v pojmově-poznatkovém systému variantní formy kurikula.

Variantní formy kurikula vymezené P. Tarábekem a P. Záškodným v rámci teorie kurikulárního procesu fyziky byly poprvé publikovány v roce 2007, souhrnně pak v roce 2012 (Tarábek & Záškodný 2007a, 2007b, 2007c; Záškodný 2012). Přehled variantních forem kurikula byl následující:

- konceptuální kurikulum (výsledek transformace pojmově-poznatkového systému vědeckého systému přírodní vědy na vhodně konstruovaný pojmově-poznatkový systém sdílitelného vědeckého systému přírodní vědy),
- zamýšlené kurikulum (výsledek transformace pojmově-poznatkového systému sdílitelného vědeckého systému přírodní vědy na vhodně konstruovaný pojmově-poznatkový systém edukačního systému přírodní vědy),
- projektové kurikulum (výsledek transformace pojmově-poznatkového systému edukačního systému přírodní vědy na vhodně konstruovaný pojmově-poznatkový systém výukového projektu přírodní vědy),
- implementované kurikulum 1 (výsledek transformace pojmově-poznatkového systému výukového projektu přírodní vědy na vhodně konstruovaný pojmově-poznatkový systém přípravy učitele na výuku),
- implementované kurikulum 2 (výsledek transformace pojmově-poznatkových systémů výukového projektu přírodní vědy a přípravy učitele na výuku na vhodně konstruovaný pojmově-poznatkový systém dosažených výsledků výuky, transformace je spojena s výukovým procesem přírodní vědy),
- dosažené kurikulum (výsledek transformace pojmově-poznatkového systému dosažených výsledků výuky přírodní vědy na vhodně konstruovaný pojmově-poznatkový systém aplikovatelných

výsledků výuky, transformace je spojena s uplatněním přírodovědného vzdělání).

Aplikace principu zprostředkovaného řešení problémů vyžaduje charakterizovat variantní formy kurikula vhodnými edukačními konstruktů. Vhodný edukační konstrukt pomocí modelů kognitivních struktur zachycuje řešení problémů, které adresátům vzdělávání zprostředkovává edukátor. Zkoumání principu zprostředkovaného řešení problémů umožňuje nejen modelovou reprezentaci variantních forem kurikula, ale také jejich vizualizaci hierarchizovanými úrovněmi, síťovými grafy a maticovými podobami.

Model kognitivní struktury řešení problémů zobrazuje identifikaci problému, jeho analytické rozčlenění na problémy dílčí, nalezení podstaty dílčích problémů cestou abstrakce, syntetické propojení nalezených dílčích podstat a myšlenkovou rekonstrukci vyřešeného problému.

Za průkopníky principu řešení problémů zprostředkovaných edukátory adresátům vzdělávání lze považovat např. Jerome Brunera (dříve profesor Harvard University, Oxford University, New York University) (Bruner 1960) nebo Davida Hestenes (State University Arizona)(Hestenes 2008, 2010). V oblasti přírodovědného vzdělávání navázali principem řešení zprostředkovaných problémů na princip obsahové pedagogiky Pavol Tarábek (dříve prezident Curriculum Studies Research Group, Slovensko, in memoriam) a Přemysl Záškodný (Jihočeská univerzita, Česká republika)(Záškodný 2015). Výsledkem byla modelová reprezentace a vizualizace variantních forem kurikula edukačními konstruktů (nejen v oblasti teorie kurikulárního procesu fyziky).

Reprezentace a vizualizace variantních forem kurikula (teorie edukačních konstruktů) navržené P. Tarábekem a P. Záškodným byly poprvé publikovány v roce 1983 (Záškodný 1983), posléze v roce 2007 (Tarábek & Záškodný 2007a, 2007b, 2007c), souhrnně pak v roce 2021 (Záškodný 2021a, 2021b). Přehled reprezentací a vizualizací variantních forem kurikula byl následující:

- hierarchické modelování kognitivních struktur v rámci variantních forem kurikula a jeho vizualizace hierarchizovanými úrovněmi,
- analyticko-syntetické modelování kognitivních struktur v rámci variantních forem kurikula a jeho vizualizace síťovými grafy,
- maticové a mikromatické modelování kognitivních struktur v rámci variantních forem kurikula a jejich vizualizace makromaticí s její hlavní diagonálou a mikromaticemi,
- trojúhelníkový model kognitivní architektury pojmů v rámci variantních forem kurikula.

Teorie přírodovědného vzdělávání a DM přístup

DM teorie přírodovědného vzdělávání je jednou z možností, jak přistupovat ke vzdělávacímu procesu. DM teorie přírodovědného vzdělávání reflektuje pomocí edukačního dataminingového cyklu tři teorie v časovém vývoji zhruba od roku 1980 do roku 2022:

- teorie edukační komunikace [tvůrcem teorie didaktické komunikace fyziky a dalších přírodních věd byla J. Fenclová-Brockmeyerová a její spolupracovníci (Fenclová 1982)],
- teorie kurikulárního procesu [informace o formách kurikula uvedl J. Průcha (Průcha 2005), soubor variantních forem kurikula a transformací mezi nimi popsali P. Tarábek, P. Záškodný (Tarábek & Záškodný 2007a, 2007b, 2007c)],
- teorie edukačních konstruktů [kognitivní architekturou se zabýval D. Hestenes, (Hestenes 2008, 2010), tvůrci hierarchického, analyticko-syntetického, maticového a trojúhelníkového modelování byli P. Tarábek a P. Záškodný (Záškodný 2015)].

Výstupem časové linie popsané etapami edukačního dataminingového cyklu od roku 1980 do roku 2022 je završení DM teorie přírodovědného vzdělávání teorií edukačních konstruktů (Záškodný 2022).

Dataminingový přístup umožnil na základě své algoritmicke podoby postupnou návaznost uvedených tří teorií. V rámci kroku „Data Preprocessing“ byla formulována teorie edukační (didaktické) komunikace. V rámci kroku „Data Processing“ byla formulována teorie kurikulárního procesu. V rámci kroku „Representation and Visualization of Data Mining Results“ byla formulována teorie edukačních konstruktů.

Teorie edukační (didaktické) komunikace je výrazem respektování principu interdisciplinární komunikace [výrazným zastáncem tohoto principu je např. N. Callaos (Callaos 2021)]. Teorie kurikulárního procesu jako formalizace teorie edukační (didaktické) komunikace soustavou variantních forem kurikula je výrazem respektování principu obsahové pedagogiky [výrazným zastáncem tohoto principu je např. W. Doyle (Doyle 1992a, 1992b)]. Teorie edukačních konstruktů jako reprezentace a zobrazení výsledků teorie kurikulárního procesu je výrazem respektování principu zprostředkovaného řešení problémů [výrazným zastáncem tohoto principu byl již dříve např. J. Bruner (Bruner 1960)].

Princip interdisciplinární komunikace zohlednil potřeby adresátů edukace a umožnil aplikaci osvojených poznatků. Princip obsahové pedagogiky zohlednil možnosti adresátů edukace a umožnil přiměřenost osvojovaných poznatků. Princip zprostředkovaného řešení problémů

zohlednil zapojení adresátů edukace a umožnil transfer poznatků k adresátům edukace.

DM teorie přírodovědného vzdělávání brána jako teorie edukačních konstruktů může být na svém výstupu popsána přehledem na sebe navazujících edukačních konstruktů – hierarchickým modelem, analyticko-syntetickým modelem, maticovým modelem a trojúhelníkovým modelem (Záškodný 2021a, 2021b, 2022).

Koordinacně vytvářenou posloupností edukačních konstruktů lze přistoupit ke vzdělávacímu procesu – k přípravě na vzdělávání, k vlastnímu průběhu vzdělávacího procesu, k vyhodnocování dosažených výsledků. Prostřednictvím edukačních konstruktů lze také adresáty edukace motivovat k poznávání.

Diskuse výsledků: Jak se připravovat na výuku přírodní vědě (např. fyzice) pomocí zprostředkovaného řešení problémů

1. Připravit charakteristiku probíraného tematického celku učiva (např. zkoumání stavu hydrostatické rovnováhy, v němž se v současnosti nachází Slunce) jako identifikovaný problém, který je zapotřebí řešit ve spolupráci s edukátorem.
2. Připravit provedení analýzy identifikovaného problému s cílem rozčlenit identifikovaný problém na vhodný počet dílčích problémů (např. vymezení sil působících na smršťování a rozpínání slunečního tělesa).
3. Připravit nalezení podstaty jednotlivých dílčích problémů procesem abstrakce (např. popis gravitačních sil, tlaku plynu a tlaku záření v rámci slunečního tělesa).
4. Připravit provedení syntézy nalezených podstat dílčích problémů do smysluplných celků (např. oddělení gravitace vedoucí ke smršťování slunečního tělesa od spojení tlaku plynu a tlaku záření vedoucích k rozpínání slunečního tělesa).
5. Připravit myšlenkovou rekonstrukci identifikovaného problému propojením synteticky nalezených smysluplných celků (např. popsat podmínky rovnováhy slunečního tělesa eliminací gravitačního působení tlaky plynu a tlaku záření).
6. Formulovat pořadí řešení analyticky vyčleněných dílčích problémů (např. popis vlastností gravitačního působení v rámci slunečního tělesa, popis vlastností tlaku plynu v rámci slunečního tělesa, popis vlastností tlaku záření v rámci slunečního tělesa).
7. Kvantifikovat potřebné podklady pro nalezení podstat dílčích problémů (např. výběr fyzikálních veličin popisujících gravitaci, tlak plynu a tlak záření v rámci slunečního tělesa).
8. Provést popis podstat dílčích problémů (např. formulace rovnic popisujících gravitaci, tlak plynu a tlak záření

v rámci slunečního tělesa) a syntetické propojení vymezených podstat do smysluplných celků (např. propojit rovnice pro tlak plynu a tlak záření slunečního tělesa do jednoho vztahu a popsat toto propojení fyzikálními veličinami).

9. Formulovat globální řešení původního identifikovaného problému propojením vymezených smysluplných celků (např. kompenzace gravitačního smršťování tlakem plynu a tlakem záření v rámci slunečního tělesa).
10. Zvolit metody a pomůcky vedoucí k uskutečnění zprostředkovaného řešení problému předkládaného adresátům edukace.

Poznámka: Kroky 1 až 5 odpovídají tvorbě analyticko-syntetického modelu, kroky 6 až 9 odpovídají tvorbě maticového modelu.

■ Závěr: Jak chápat výuku přírodní vědě (např. fyzice) založenou na zprostředkovaném řešení problémů

1. Strukturu problému, jehož řešení má být zprostředkováno, je nejdříve zapotřebí zobrazit. K tomu lze použít metajazykové analyticko-syntetické modelování – od identifikace problému, přes analytické rozčlenění problému na problémy dílčí a přes vymezení podstat dílčích problémů abstrakcí, přes provedení syntetického propojení vymezených podstat dílčích problémů, až k myšlenkové rekonstrukci podstaty identifikovaného problému.
2. Metajazykový charakter analyticko-syntetického modelování lze popsat vhodnou soustavou znaků. Slova metajazyka lze znázorňovat např. obdélníky s textovou výplní, věty metajazyka šipkami mezi obdélníky. Soustava znaků je popsána např. v práci Záškodný (2022), podrobněji v práci Záškodný (2009, 2015) nebo v práci Tarábek & Záškodný (2007a, 2007b, 2007c).
3. Analyticko-syntetický model je zapotřebí nejdříve vytvořit na úrovni vědeckého systému přírodní vědy (např. fyziky) a v návaznosti na respektování potřeb a možností adresátů edukace na úrovni edukačního (didaktického) systému přírodní vědy (např. fyziky).
4. Analyticko-syntetický model přizpůsobený potřebám a možnostem adresátů edukace je zapotřebí pro edukační proces převést do lineární podoby. K tomu lze použít metajazykové maticové modelování – od lineární posloupnosti podstatných pojmů a poznatků až k jejich mikromaticové podobě.
5. Metajazykový charakter lze popsat vhodnou soustavou znaků. Lineární pořadí podstatných pojmů a poznatků předávaných adresátům edukace vytváří hlavní diagonálu metajazykového maticového modelu. Slova metajazyka pak představují prvky hlavní diagonály, věty metajazyka lze znázorňovat skupinami maticových

prvků, které prvky hlavní diagonály obklopují a které lze charakterizovat mikromaticemi. Soustava znaků je popsána v práci Záškodný (1983), v práci Záškodný (2022), podrobněji v práci Záškodný (2009, 2015) nebo v práci Tarábek & Záškodný (2007a, 2007b, 2007c).

6. Maticový model přizpůsobený potřebám a možnostem adresátů je zapotřebí nejdříve promítnout do podoby edukačního textu, jehož sled kapitol odráží prvky hlavní diagonály matice. Náplň kapitol odráží adekvátní skupiny maticových prvků. V návaznosti na respektování potřeb a možností adresátů je pak zapotřebí maticový model promítnout do přípravy edukátora na edukační proces.
7. Výsledky edukačního procesu je zapotřebí ověřovat např. edukačními testy, které zjišťují kompatibilitu dosažených znalostí adresátů edukace se znalostmi očekávanými. Položky aplikovaného edukačního testu jsou v souladu s analyticko-syntetickým modelem přizpůsobeným potřebám a možnostem adresátů edukace.
8. Výuku přírodní vědy (např. fyziky) lze chápat jako aplikaci teorie edukačních konstruktů během edukačního procesu. Aplikace teorie edukačních konstruktů je dána postupným používáním základních edukačních konstruktů – analyticko-syntetických modelů a modelů maticových. Vhodnými doplňky jsou další edukační konstrukty – hierarchické modely a modely trojúhelníkové.

■ Literatura

- BRUNER, J. S. 1960. *The Process of Education*. Harvard University, Cambridge. 97 pp.
- CALLAOS, N. 2021. Forstering Inter-Disciplinary Communication (FIC). *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics* 19(1): 1–37.
- DOYLE, W. 1992a. Curriculum and Pedagogy, 486–516. In JACKSON, P. W. (ed.). *Handbook of Research on Curriculum*. Macmillan, New York.
- DOYLE, W. 1992b. Constructing Curriculum in Classroom, 66–79. In OSER, F., DICK, A. & PATRY, J.-L. (eds) *Effective and Responsible Teaching*. The New Synthesis. Jossey-Bass Publishers, San Francisco.
- FENCLOVÁ, J. 1982. *Úvod do teorie a metodologie didaktiky fyziky*. SPN, Praha. 157 pp.
- HESTENES, D. 2008. Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction, 1–28. In VAN DEN BERG, E., ELLERMEIJER, A. & SLOOTEN, O. (eds) *Modelling in Physics and Physics Education*. University Amsterdam, Amsterdam.
- HESTENES, D. 2010. Modeling Theory for Math and Science Education, 13–41. In LESH, R., GALBRAITH, P. L., HAINES C. R. & HURFORD, A. (eds) *Modeling Students' Mathematical Competencies*. Springer, New York.

- PRŮCHA, J. 2005. *Moderní pedagogika*. Portál, Praha. 480 pp.
- TARÁBEK, P. & ZÁŠKODNÝ, P. 2007a. *Educational and Didactic Communication 2007, Vol.1 – Theory*. Didaktis, Bratislava. 134 pp.
- TARÁBEK, P. & ZÁŠKODNÝ, P. et al., 2007b. *Educational and Didactic Communication 2007, Vol.2 – Methods*. Didaktis, Bratislava. 106 pp.
- TARÁBEK, P. & ZÁŠKODNÝ, P. et al., 2007c. *Educational and Didactic Communication 2007, Vol. 3 – Applications*. Didaktis, Bratislava. 148 pp.
- ZÁŠKODNÝ, P. 1983. *Metodologie tvorby didaktického systému fyziky*. MS, Matematicko–fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, Praha. 153 pp.
- ZÁŠKODNÝ, P. 2009. *Kurikulární proces fyziky: (s přehledem základů teoretické fyziky)*. Avenir Stiftung, Switzerland, Algoritmus, Ostrava. 385 pp.
- ZÁŠKODNÝ, P. 2012. Data Mining Tools in Science Education. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics* 10(6): 82–87.
- ZÁŠKODNÝ, P. 2015. *Curricular Process of Physics: application of educational data mining*. Curriculum. Praha.
- ZÁŠKODNÝ, P. 2021a. Data Mining Tools in Science Education and Their Resources. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics* 19(1): 237–246.
- ZÁŠKODNÝ, P. 2021b. Algorithm of Problem Solving in Educational Data Mining Approach. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics* 19(1): 190–210.
- ZÁŠKODNÝ, P. 2022. *DM Theory of Science Education*. Curriculum, Doksany.

E English summary

Outline of Science Education DM Theory

The teaching of natural sciences (for example physics) can be understood as an application of the theory of educational constructs during the educational process. The application of the theory of educational constructs is given by the gradual use of basic educational constructs – analytical–synthetic models and matrix models. Other educational constructs – hierarchical models and triangular models – are suitable accessories.

The structure of the problem to be solved must first be displayed. Metalanguage analytical–synthetic modeling can be used for this – from problem identification, through analytical division of the problem into partial problems and through defining the essence of partial problems by abstractions, through performing synthetic

interconnection of defined essences of partial problems, to thought reconstruction of the essence of the identified problem.

The analytical–synthetic model must first be created at the level of the scientific system of natural science (for example physics) and in connection with respecting the needs and possibilities of the addressees of education at the level of the educational (didactic) system of natural science (for example physics).

An analytical–synthetic model adapted to the needs and possibilities of the addressees of education is necessary to be converted into a linear form for the educational process. Metalanguage matrix modeling can be used for this – from a linear sequence of essential concepts and knowledge to their micro–matrix form.

The matrix model adapted to the needs and possibilities of the addressees must first be reflected in the form of an educational text, the sequence of chapters of which reflects the elements of the main diagonal of the matrix. The content of the chapters reflects adequate groups of matrix elements. In connection with respecting the needs and possibilities of the addressees, it is then necessary to project the matrix model into the preparation of the educator for the educational process.

The results of the educational process need to be verified, for example, by educational tests, which determine the compatibility of the achieved knowledge of the addressees of education with the expected knowledge. The items of the applied educational test are in accordance with the analytical–synthetic model adapted to the needs and possibilities of the addressees of education.

Keywords: Didactic communication theory, curricular process theory, educational constructs theory, educational data mining approach, interdisciplinary communication principle, content pedagogy principle, mediated problem solving principle.