

Tvůrčí řešení problémových úloh

Václav Meškan

PF JČU v Českých Budějovicích, Fakultní ZŠ a MŠ L. Kuby 48, České Budějovice, meskan@email.cz

Řešení problémů ve vyučování fyziky

K tomu, abychom na základní škole žáky připravovali na řešení konkrétních problémů, nestačí pouze určitá zásoba vědomostí, ale je nutné, aby si žák osvojil některé metody myšlení a činností spojených s dovedností řešit problém [14]. Ve výuce fyziky k tomu slouží různé typy fyzikálních úloh [12][14]. Řešení úloh má za cíl fixovat nabyté vědomosti a rozvíjet myšlenkové postupy vedoucí k jejich vyřešení. Při řešení úloh se také někdy žákům záměrně předkládá takový problém, k jehož vyřešení nestačí pouhé opakování známých postupů či dosazení do naučených vzorců, ale je nutné nejprve získat další potřebné informace buď analýzou zadaných údajů, nebo z jiných zdrojů. To je velmi zjednodušeně princip problémového vyučování, které tvoří základ konstruktivistických postupů ve výuce. Volf [14] poukazuje na to, že každá fyzikální úloha, se kterou se žák ve vyučování setká, je z psychologického hlediska problémem, a to především tehdy, setká-li se žák s podobnou úlohou poprvé. V didaktice fyziky není ovšem zvykem nazývat jednoduché úlohy, v nichž žák pouze aplikuje a procvičuje základní znalosti tím, že například pouze procvičuje užití určitého vztahu, jako problémové.

Aniž bych byl v rozporu s jinými autory, označím pro potřeby tohoto příspěvku jako problémové fyzikální úlohy takové, k jejichž vyřešení nestačí pouhá aplikace nabytých znalostí, ale je nutné vlastním myšlenkovým úsilím nalézt postup k jejich vyřešení a zajistit všechny potřebné informace – například určit fyzikální veličiny nutné k řešení. Přitom této „problémovosti“ lze dosáhnout už přeformulováním zadání, jak je patrné z následujícího příkladu:

- Jak velikou práci vykoná motor jeřábu, zvedne-li paletu cihel silou 15 kN do výšky 10,5 metru?
- Kolik litrů nafty spotřebuje motor jeřábu, zvedne-li paletu cihel ze země do třetího patra rozestavěné budovy? Na paletě je naloženo 250 cihel, každá o hmotnosti 5 kg. Hmotnost výtahu je 250 kg, výška jednoho patra je 3,5 metru. Výhřevnost nafty je 40 MJ/l. Předpokládej, že veškerá energie spáleného benzínu je přeměněna na práci motoru.
Jak se výsledek změní, budeme-li uvažovat účinnost motoru 30 %? Další ztráty energie zanedbáváme.

Pominu-li fakt, že žáci základní školy neznají pojem výhřevnost, jehož obsah je nutné zjistit, jsou v tomto zadání obsaženy všechny potřebné údaje. Bylo by rovněž možné některé údaje vynechat a nechat žáka, aby zjistil, které údaje k vyřešení úlohy potřebuje a tyto informace našel.

V obou případech je „jádrém“ řešení výpočet vykonané práce. K vyřešení druhé úlohy je ovšem nutné provést hlubší analýzu zadání, není znám žádný vztah, do kterého by bylo možné zadané údaje přímo dosadit. Z hlediska nároků na myšlenkovou činnost se obě úlohy zjevně velmi liší – ve druhém případě musí řešitel provádět mnohem náročnější analyticko-syntetické myšlenkové operace a i suma potřebných informací je značně širší (přeměny energie, vztah energie a práce, význam pojmů výhřevnost a účinnost).

Ve vyučování fyziky na základní škole je tradiční postup zpravidla takový, že žáci řeší nejprve jednoduché úlohy k procvičení základních znalostí a poté přistupují k náročnějším problémovým úlohám. Velice cennými z hlediska přiblížení řešení reálných problémů jsou úlohy s neúplným zadáním či neverbální úlohy zadané pouze pomocí obrázku či videa [13].

Při řešení reálných životních situací se ovšem zpravidla neobejdeme se zažitými algoritmičnými postupy. Ve svém životě se bude žák setkávat se zcela neznámými situacemi. Bude vykonávat povolání, která možná v době jeho školní docházky ještě neexistují a aby byl úspěšný, bude nucen řešit problémy novými originálními lepšími způsoby. V psychologii je tento proces nazýván tvůrčí řešení problémů nebo jednoduše tvořivost a jde o oblast, které je po několik desetiletí věnována v psychologické a pedagogické teorii velická pozornost především pro svůj význam k rozvoji vědy, techniky a společnosti obecně, ale i k osobnostnímu rozvoji každého.

Ačkoliv řešením problémových úloh rozvíjíme některé důležité kognitivní dovednosti, tvůrčí schopnosti jsou tradiční školní výukou spíše potlačovány [3]. Snahou je navrhnout takové metodické postupy, kterými by šla doplnit tradiční metodika fyziky, aby lépe přispívala k rozvoji schopnosti tvůrčího řešení problémů. V tomto příspěvku se zaměřuji především na rozvoj samostatného tvůrčího myšlení a pouze velmi okrajově na metodiku tvůrčího řešení problémových úloh. Nejprve je ovšem nutné alespoň stručně vymežit, co v sobě skrývá proces tvůrčího řešení.

Psychologická podstata tvořivosti.

Myšlenkový proces uplatňovaný při tvůrčí činnosti je kombinací dvou vzájemně se doplňujících myšlenkových procesů označovaných jako **divergentní** (rozbíhavé) a **konvergentní** (sbíhavé) **myšlení**. Typickým příkladem konvergentního myšlení je výběr správné odpovědi v klasickém testu s více možnostmi odpovědi. V případě divergentního myšlení jde o generování velikého množství možných řešení problému a někdy tento druh myšlení bývá s tvořivostí chybně ztotožňován. V závěrečné fázi tvůrčího procesu je ovšem potřeba z vygenerovaných nápadů vybrat ten nejvhodnější, což je charakterizováno jako konvergentní myšlenková operace [7]. Právě přítomnost divergentní složky procesu ale dělá z běžného řešení problému řešení tvůrčí.

J. P. Guilford [5] uvádí šest složek divergentního myšlení, které jsou pro pochopení problematiky tvořivosti v tomto stručném seznámení důležité. Jejich znalost umožňuje udělat si představu o podstatě kreativity. Kreativní myšlení je podle Guilforda charakterizováno:

- **fluencí**, tedy plynulostí toku nápadů,
- **flexibilitou**, neboli pružností myšlení,
- **originalitou**, která charakterizuje novost vzniklého nápadu,
- **senzitivitou**, jež souvisí s odhalením problému – charakterizuje citlivost na problémy,
- **redefinicí** – změnou významu informací, což znamená použití starých poznatků novým způsobem,
- **elaborací** (propracováním), tedy schopností najít, doplnit, vypracovat funkční detaily při řešení problému, jejichž spojením se vytvoří kompletní řešení.

Problémem tradičních školních úloh je, že rozvíjejí především konvergentní myšlení a divergentní myšlenkové postupy jsou ve vyučování spíše výjimečné, není-li rozbíhavé myšlení žáků přímo potlačováno [7]. Úkolem tedy je nabídnout žákům takový

obsah vyučování, který jim poskytne prostor pro tvůrčí myšlení a současně bude splněn hlavní cíl vyučování, kterým je utváření vědomostí příslušného předmětu. Takovým materiálem jsou ve fyzice *divergentní fyzikální úlohy*.

Divergentní fyzikální úlohy

Následující kapitola představuje několik námětů na divergentní fyzikální úlohy různého typu, které jsem v rámci své pedagogické praxe navrhl a ověřil ve vyučování. Jde o vysoce otevřené úlohy, které mají teoreticky nekonečné množství možných řešení. Postup řešení a hodnocení se liší od tradičních úloh. To vyžaduje od učitele, ale především od jeho žáků, určitý „výcvik“ v jejich řešení. Žáci se musí seznámit s novým způsobem práce a zjistit, co se od nich očekává. Po osvojení metodiky řešení podobných úloh dochází podle zkušeností velmi rychle k zlepšení výkonů v řešení divergentních úloh.

Následující výčet není zdaleka úplný, má být pouze inspirací pro vlastní tvůrčí činnost učitelů.

V první fázi „výcviku“ je vhodné zařadit „rozcvičku“ – jednoduché úlohy na rozvoj divergentního myšlení. U těchto úloh bývá někdy potlačena samotná fyzika, jde především o to seznámit je s odlišným stylem práce a navodit vhodnou tvůrčí atmosféru.

Příkladem úlohy tohoto typu může být:

K čemu lze v hodinách fyziky využít cihlu (ramínko na šaty, hliníkovou lžičku, PET láhev, ...)

Ukázka práce žáků:

K čemu lze v hodinách fyziky využít cihlu?

Odpovědi žáků sedmého ročníku:

- měření jejich rozměrů, hmotnosti, objemu,
- výpočet její hustoty,
- výpočet její tíhy,
- určení tíhového zrychlení pomocí volného pádu cihly,
- výpočet rychlosti pohybu cihly,
- cihla jako pomůcka při demonstraci pohybu,
- měření vztlakové síly působící na cihlu,
- využití cihly k měření délky,
- cihla jako závaží,
- cihla jako „podklad“ pod páku,
- trestání žáků.

Při vhodném omezení zadání může ale již takováto jednoduchá úloha být současně hodnotnou fyzikální úlohou: Jak lze využít PET lahev k určení hustoty neznámé kapaliny?

Odpovědi žáků:

- PET lahev jako odměrná nádoba k určení objemu,
- porovnávání hustot kapalin podle rozvrstvení v PET lahvi,
- určení vztlakové síly působící na lahev s vodou v kapalině,
- podle deformace PET lahve v kapalině určit velikost hydrostatického tlaku.

Aby byl tvůrčí proces doveden do konce, z navržených řešení by mělo být následně vybráno jedno – to nejvhodnější – a to by mohlo být následně zrealizováno.

Nedílnou součástí fyziky jsou kvantitativní úlohy. Právě u těchto úloh tvořivé myšlení žáků často trpí nejvíce, protože se omezuje na naučené postupy řešení. Zavést tvůrčí atmosféru v první „výcvikové“ fázi je možné aktivitami, pro které jsem pracovně zavedl označení „Vypočítej a oživ úlohu“, kdy je úloha zadána pouze v podobě symbolů a čísel a úkolem je vymyslet úloze vtipné slovní zadání či příběh, který slouží jako zadání úlohy. V první fázi je vhodné takovou úlohu zavést formou frontální práce, při níž žáci spoluvytvářejí fyzikální úlohu přímo v hodině fyziky. Učitel připraví „kostru“ zadání a při vyučování společně se žáky dotváří zadání do konečné podoby. Podobné aktivity lze do vyučování velmi dobře zařadit a tradiční hodiny fyziky tímto způsobem výrazně oživit. Ve výsledku se žáci i učitel nezdědky dobře pobaví. Humor je mimochodem velmi dobrým stimulem tvůrčí činnosti.

Příklad: *Vypočítej následující úlohu a vymysli k ní smysluplné vtipné slovní zadání:*

$$V = 0,25 \text{ m}^3$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$F_{vz} = ? \text{ N}$$

Myšlenkové postupy vedoucí k řešení nejsou ovšem zdaleka tak banální, jako zadání samotné. Žák musí nejprve rozhodnout o povaze hledané veličiny – v tomto případě jde o vztlakovou sílu – a současně zvážit mnoho dalších věcí, které s řešením souvisí: Jaké jsou vlastnosti vztlakové síly; jak souvisí velikost vztlakové síly s hustotou, objemem a tíhovým zrychlením; jaký je přesný význam zadaných veličin – objem ponořené části tělesa, hustota vody, tíhové zrychlení na Zemi – kde vztlaková síla působí; jaké těleso může mít objem $0,25 \text{ m}^3$? Po této analýze, která je z hlediska výuky velmi hodnotná, teprve přichází na řadu vymýšlení samotného zadání či příběhu.

V další fázi již mohou žáci vymýšlet vlastní úlohy zcela. Není ovšem vhodné zadávat úkol příliš otevřený, například: „Vymysli úlohu na výpočet polohové energie“. Často je nutné zadání omezit na konkrétní výsledek. Výsledkem jsou divergentní úlohy typu „Vymysli příklad, aby výsledek byl...“. Řešením může být rovněž slovní či neverbální obrázkové zadání. Předem omezený výsledek dává učiteli možnost vytvářet u žáků konkrétní představu o velikosti vybrané veličiny a současně zamezí snaze žáků práci si příliš usnadnit.

Příklad: *Vymysli úlohu na výpočet polohové energie, aby výsledek byl 2000 J.*

Ukázka práce žáků:

Vymysli úlohu na výpočet průměrné rychlosti, aby výsledek byl 20 ms^{-1} .

Výsledek: Kůň žokeje Váni urazil vzdálenost 4,96 km za 4 minuty a 8 sekund. Jaká je jeho průměrná rychlost?

Vymysli úlohu na výpočet průměrné rychlosti a nakresli obrázek jako zadání úlohy.

Výsledek: Nejrychlejší šnek odplazil ve šnečím maratonu 1 km za 2,5 hodiny. Jakou rychlostí se plazil?



Obr. 1: Obrázek jako zadání úlohy.

Jiného druhu jsou úlohy typu „Navrhni zařízení“. Jde o úlohu technicky tvořivého charakteru, které jsou dobře použitelné v některých oblastech učiva.

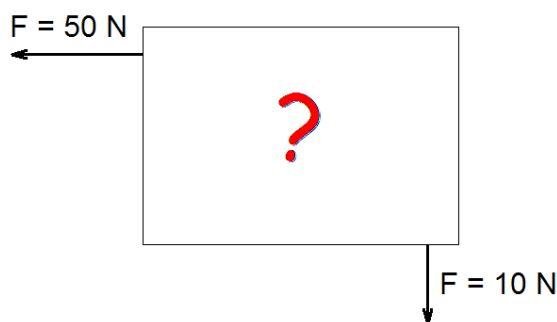
Příklad:

- Navrhni elektrický obvod, který bude rozsvícením žárovky signalizovat, že se žák houpe na židličce.
- Navrhni systém vytápění středověkého hradu.
- ...

Podobné předchozím jsou úlohy typu „Odhal skryté zařízení“

Příklad:

Odhal, jaké zařízení by se mohlo ukrývat uvnitř krabice (viz obrázek 2).

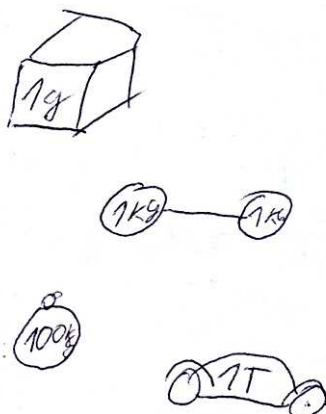


Obr. 2: Odhal skryté zařízení.

Jedním z důležitých úkolů při vyučování fyziky na základní škole je vypěstovat u žáků správnou představu o rozměru fyzikálních veličin. U žáků nižších ročníků se k tomuto dobře hodí úloha typu „Nakresli obrázek, na kterém bude těleso o určitých vlastnostech“, kdy je úkolem žáka nakreslit obrázek tělesa nebo více těles podle předem zadaných parametrů.

Příklad a ukázka práce žáků:

Nakresli obrázek, na kterém budou spolu „účinkovat“ tělesa o hmotnostech 1 g, 1 kg, 100 kg a 1 t (příklad řešení je na obrázku 5).



Obr. 3: Takto by řešení úlohy nemělo vypadat.





Obr. 4 a 5: Kvalitně zpracované řešení úlohy, kdy žák umístil tělesa do vzájemného kontextu.

Výše uvedený příklad je jednou z řady možných divergentních úloh, při kterých mají žáci za úkol kreslit. Úlohy tohoto typu mohou aktivizovat i žáky, kteří jinak o výuku fyziky nejeví zájem a jsou jim bližší spíše humanitně a umělecky orientované předměty. Při řešení takových úloh dostávají tito žáci možnost se i v hodinách neoblíbené fyziky realizovat.

Jiné náměty na „kreslicí“ úlohy jsou například:

Nakresli obrázek na téma...

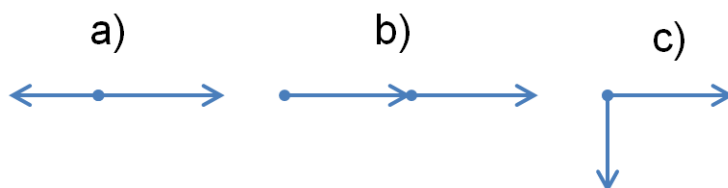
- *Nakresli obrázek na téma akce a reakce*
- *Nakresli obrázek na téma teplotní anomálie vody.*
- *Nakresli obrázek na téma $F = 10\text{ N}$ (obr. 6).*
- ...



Obr. 6: Obrázek na téma $F = 10 \text{ N}$. Postavička o hmotnosti 50 kg je nadlehčována silou 490 N .

Výše uvedené byly některé kategorie divergentních úloh. Každý tematický celek ale nabízí určité specifické úlohy, které se hodí právě k tomuto konkrétnímu tématu.

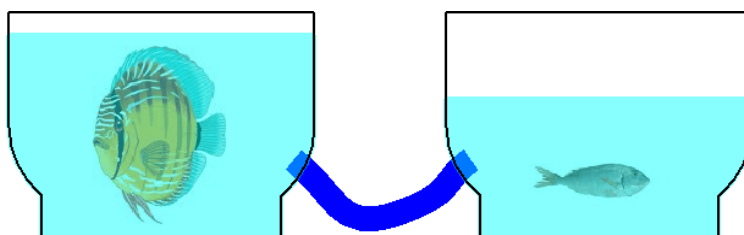
Příklad nezařazené úlohy z tematického celku síly a jejich vlastnosti, konkrétně skládání sil: *Jakou situaci mohou představovat následující silové diagramy (obrázek 6)?*



Obr. 7: K zadání divergentní úlohy.

Jiný příklad:

Na obrázku 8 jsou dvě akvária spojená trubicí. Pokus se vymyslet, proč není hladina v obou akváriích ve stejné výšce (důvodů může být mnoho):



Obr. 8

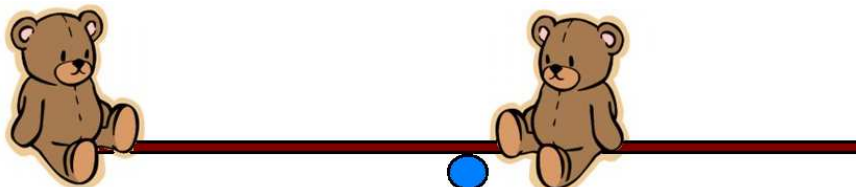
Výběr z odpovědí žáků:

- Trubice je ucpaná,
- v nádobách je kapalina s různou hustotou,
- nad hladinou v pravé nádobě je vyšší tlak,
- hladina se právě vyrovnává,

- pravá nádoba je ve skutečnosti výš,
- obrázek je ve špatném měřítku, levá nádoba je na obrázku zvětšena.

Příklad podobný předchozímu:

Dva medvědi si hrají na houpačce. Vymysli co nejvíce možných důvodů, proč zůstává houpačka na obrázku ve vodorovné poloze.



Obr. 9

Výběr z odpovědí žáků:

- Medvěd vpravo je těžší (naplněný kamením, nasáklý vodou),
- medvěd vlevo se opírá o zem,
- houpačka je zaseklá (například zarezlá),
- pravé rameno houpačky je ve skutečnosti mnohem delší než levé rameno,
- medvídci si hrají ve stavu bez tíže,
- u medvídka vpravo působí menší gravitační síla,
- medvídci se houpají, na statickém obrázku to ale není vidět.
- obrázek je nakreslen špatně a houpačka ve skutečnosti není v rovnováze.

Metodika řešení divergentních úloh

Je úkolem učitele, aby žáky naučil správnému postupu tvůrčího řešení problémů. Konkrétními heuristickými postupy se podrobně zabývá především literatura v oblasti technické tvořivosti, ze které lze s úspěchem čerpat náměty i pro výuku na základní škole! Zde se jim nebudu věnovat, zájemce odkazují například na práci autorů Anderska a Beneše [1]. Metoda, která ovšem v současnosti doposud není literaturou příliš podchycena je využití myšlenkového mapování. Pro hlubší studium opět odkazují na literaturu [2][10]. Metoda myšlenkového mapování spočívá v grafickém znázornění myšlenkových postupů. Hlavní výhodou je maximální využití potenciálu mozku synergetickým zapojením obou mozkových hemisfér [2]. Myšlenkové mapování nabízí velmi zajímavý a cenný nástroj pro doplnění tradiční metodiky řešení úloh ve fyzice, opět ale platí, že žáci musí být na tento způsob práce navyklí.

Příklad využití myšlenkové mapy při řešení výše uvedené divergentní úlohy s ukázkou postupu řešení:

Úloha: Vymysli úlohu na výpočet polohové energie, aby výsledek byl 2000 J.

Jednoduché řešení s využitím myšlenkové mapy:

Výchozím bodem je vztah pro výpočet polohové energie:

$$2000 \text{ J} = E_p = m \cdot g \cdot h$$

Následuje návrh takové konfigurace hodnot, aby výsledek byl 2000 J:

$$2000 \text{ J} = E_p = m \cdot g \cdot h$$

A diagram showing the equation $2000 \text{ J} = E_p = m \cdot g \cdot h$. A red arrow points from the mass m to 20 kg . A green arrow points from the height h to 10 m . A blue arrow points from the gravitational acceleration g to $10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Dále je zvoleným hodnotám přiřazeny konkrétní možné významy:

$$2000 \text{ J} = E_p = m \cdot g \cdot h$$

A diagram showing the equation $2000 \text{ J} = E_p = m \cdot g \cdot h$. A red arrow points from the mass m to 20 kg , which is further linked by red arrows to the words: kámen, dítě, pes, and opice. A green arrow points from the height h to 10 m , which is further linked by green arrows to the words: strom, dům, skála, and žebřík. A blue arrow points from the gravitational acceleration g to $10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

V další fázi je z vygenerovaných nápadů vybrán jeden konkrétní. Současně se řešitel rozhoduje, jestli se energie bude snižovat (pohyb dolů) nebo bude vzrůstat (pohyb vzhůru). V tuto chvíli by tedy přicházelo pro další práci v úvahu $4 \times 4 \times 2 = 32$ možných konfigurací.

Jedna z možných variant: Řešitel vybral opice, strom a energie vzrůstá.

Možný výsledek: *O kolik vzroste polohová energie opičáka Alfonze o hmotnosti 20 kg, když vyšplhá na strom vysoký 10 m?*

Hodnocení divergentních úloh

Hodnocení má úlohu motivační a současně slouží jako zpětná vazba žákovi, jehož výkony se mají s časem zlepšovat (formativní hodnocení). Tato úloha je zásadní a nezapustitelná. Hodnocení divergentních úloh se ovšem liší od hodnocení tradičních úloh. Tento rozdíl je dán faktem, že u divergentních úloh je předmětem hodnocení nejen fyzikální správnost, ale především míra kreativity. Tento rozdíl je natolik zásadní, že je dokonce nutné oddělit hodnocení fyzikálních znalostí od hodnocení tvořivosti. Především je důležité, aby žák předem věděl, zda bude hodnocen za úroveň svých znalostí či za svou kreativitu. Důvodem je neochota riskovat tvůrčí řešení, pokud má být hodnocena na prvním místě znalost. V takovém případě žák „hraje na jistotu“.

Rozhodneme-li se zadat žákům tvůrčí práci a dopředu je o tom zpravíme, je důležité též seznámit je s kritérii hodnocení.

Studium teorie tvořivosti a praxe pomohly určit tři kritéria, která podle mého názoru a zkušeností dostačují k hodnocení divergentních úloh. Jsou to:

- **Fyzikální správnost.**
- **Originalita řešení** – nakolik je řešení nové. Nejsnáze lze posoudit podle četnosti výskytu podobných řešení v práci ostatních žáků.
- **Množství kategorií** – má-li žák za úkol vymýšlet více různých řešení (což je u řešení divergentních úloh běžné), je lépe hodnocen ten žák, který vytvoří více kategoricky odlišných řešení než ten, který tvoří kvantum řešení pouze obměnou nedůležitých detailů.
- **Propracovanost řešení.**

Stranou hodnocení ovšem nesmí zůstat ani fyzikální správnost řešení. Důležité je, aby byl na případné nedostatky žák upozorněn, nejlépe formou diskuse s ostatními žáky. Bylo by ale chybou jej za nedostatky ve znalostech v tuto chvíli klasifikovat.

Zkušenosti z praxe místo závěru

Divergentní úlohy používám ve výuce fyziky na základní škole třetí rok a dosavadní zkušenosti jsou pozitivní. Úlohy divergentního typu lze snadno do vyučování zařadit a žáci si na tento styl práce rychle zvyknou (je ovšem důležité střídat různé náměty, v opačném případě se řešení divergentních úloh mívá účinkem). Tvůrčí práce vyžaduje pohodu a uvolněnou pozitivní atmosféru, které lze při řešení divergentních úloh poměrně snadno dosáhnout. Děti takové úlohy většinou baví a ochotně spolupracují. Řešení těchto úloh se tedy stává rovněž cenným motivačním prvkem.

Provedený výzkum provedený na vzorku asi 200 žáků základních škol v Českých Budějovicích, kteří neměli předchozí zkušenosti s podobnými úlohami, ukázal, že tyto úlohy jsou rovněž dobře použitelné k diagnostice znalostí a že kromě rozvoje kreativity mohou sloužit jako plnohodnotné fyzikální úlohy. Závěry předvýzkumů, které bude nutné v budoucnosti ověřit, navíc ukazují, že žáci, kteří se ve vyučování setkávají pravidelně s divergentními úlohami a s dalšími metodami tvůrčí výuky fyziky, mají oproti tradiční výuce vyšší zájem o fyziku, fyzika je více baví a uvádějí nižší vnímanou obtížnost tohoto předmětu. Některé výsledky nasvědčují tomu, že tito žáci mají obecně lepší výsledky ve fyzice než při klasickém vyučování.

I pokud tyto závěry nebudou budoucím výzkumem ověřeny, stále zůstávají divergentní úlohy jako nástroj pro zpestření výuky a pro podněcování tvůrčích dovedností žáků.

Literatura a další zdroje

- [1] ANDERSEK, K., BENEŠ J.: *Metody řešení technických problémů*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1984.
- [2] BUZAN, T.: *Mentální mapování*. 1. vyd. Praha: Portál, 2007. ISBN 978-80-7367-200-3.
- [3] DACEY, J. S., LENNON, K. H. *Kreativita*. 1. vyd. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-903-9.
- [4] De BONO, E. *Serious Creativity*. 1. vyd.: London: HarperCollins Publishers, 1992. ISBN 0-00-637958-3.

- [5] GUILFORD, J.P. *The Nature of Human Intelligence* . 1. vyd. New York: McGraw-Hill Education, 1967. ISBN: 978-0070251359.
- [6] HLAVSA, J. *Psychologické základy teorie tvorby*. 1. vyd. Praha: Academia, 1985. ISBN 21-087-85.
- [7] LOKŠOVÁ , I., LOKŠA, J. *Pozornost, motivace, relaxace a tvořivost dětí ve škole*. 1. vyd. Praha: Portál, 1999. ISBN 80-7178-205-X.
- [8] MAŇÁK, J. *Stručný nástin metodiky tvořivé práce ve škole*. 1. vyd. Brno: Paido, 2001. ISBN 80-7315-002-6.
- [9] MEŠKAN, V. *Využití pojmových a myšlenkových map ve výuce fyziky*. MFI, Vol. 20, 2010/2011, No 8. ISSN 1210-1761.
- [10] MEŠKAN, V. *Tvořivá výuka fyziky na základní škole. Divergentní fyzikální úlohy*. MFI, Vol. 20, 2010/2011, No. 2. ISSN 1210-1761.
- [11] PIETRASINSKI, Z. *Psychologie správného myšlení*. 1. vyd. Praha: Orbis, 1964. ISBN 11-127-64.
- [12] SVOBODA, E., KOLÁŘOVÁ, R. *Didaktika fyziky pro základní a střední školy*. 1. vyd. Praha: Karolinum 2006. ISBN 80-246-1181-3.
- [13] TESAŘ, J.: *Nonverbální úlohy*. In: Sborník z konference Aby fyzika žáky bavila 2, Vlachovice, 19. – 22. 10. 2005, editor R. Kolářová, UP Olomouc, 2005, s 115 – 120. ISBN 80-224-1181-4.
- [14] VOLF, I.: *Metodika řešení úloh ve výuce fyziky na základní škole*. Hradec Králové: MAFY, 1998. ISBN 80-86148-10-6.