

Západočeská univerzita v Plzni

Pedagogická fakulta

Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy

Didaktické aspekty rozvoje kreativity ve výuce fyziky na základní škole

Disertační práce

Plzeň, 2013

PhDr. Václav Meškan

Prohlašuji, že předkládanou disertační práci jsem vypracoval sám pouze s využitím zdrojů uvedených v seznamu.

V Plzni dne

.....

vlastnoruční podpis

Rád bych na tomto místě poděkoval mé školitelce RNDr. Jitce Prokšové, PhD. za pečlivé vedení, mému původnímu školiteli PaedDr. Gerhardu Höferovi, CSc. za cenné rady, PaedDr. Jiřímu Tesařovi, PhD. za podporu a dalším lidem, kteří mi při zpracování mé disertační práce pomáhali a byli zdrojem inspirace.

Anotace

Předkládaná disertační práce se snaží nalézt nové cesty k rozvíjení tvořivosti žáků při výuce fyziky na základní škole a analyzovat další aspekty, které do tohoto procesu vstupují. Úvodní kapitoly jsou teoretického rešeršního charakteru. Obsahují základní poznatky psychologie tvořivosti, pedagogické pojetí tvořivosti a stručnou analýzu konkrétních metodických postupů a dalších didaktických aspektů, které ovlivňují rozvoj kreativity žáků ve výuce. Tato poměrně obsírná část práce tvoří nutný teoretický základ, který je východiskem pro další část.

Praktická část je revizí a rozšířením dřívější autorovy práce. V kapitole 5 jsou shrnuty metodické aspekty tvůrčí výuky fyziky na základní škole a v kapitole 6 jsou následně představeny inovativní metodické nástroje – divergentní fyzikální úlohy a grafické znázornění řešení úloh pomocí myšlenkových map. Tato kapitola představuje nejvýznamnější autorský přínos práce.

V kapitole 7 jsou uvedeny výsledky výzkumu úspěšnosti žáků základních škol v Českých Budějovicích při řešení divergentních úloh. Cílem výzkumu je nalézt případné korelace mezi úspěšností při řešení těchto tvůrčích úloh a dalšími aspekty, mimo jiné pohlavím žáků a jejich studijnímu i výsledky.

V kapitole 8 jsou stručně uvedeny dosavadní zkušenosti z experimentální výuky fyziky na fakultní základní škole a je provedeno srovnání výsledků výzkumného souboru z kapitoly 7 a této experimentální skupiny. Výsledky této sondy, byť statisticky nevýznamné, naznačují pozitivní vliv navržené metodiky.

Klíčová slova: tvořivost, tvůrčí řešení problémů, výuka fyziky, divergentní fyzikální úlohy, myšlenkové mapování.

Abstract

Presented dissertation strives to find new ways of nurturing creativity of pupils in teaching of physics at primary school and to analyze additional aspects affecting this process. Opening chapters are theoretical and contain basic findings of psychology of creativity, pedagogical concept of creativity, brief description of concrete methodical tools and additional didactical aspects of the development of pupils' creativity. This rather wide part of the thesis presents necessary theoretical bases which is a starting point for the next chapters.

Practical part of the thesis is a revision and extension of previous author's work. In chapter five are summarized methodical aspects of the creative physics methodology and thereafter in chapter six are introduced innovative methodical tools – divergent physics tasks and graphical recording of solving of tasks using mind maps. This chapter presents the most meaningful contribution of the author's work.

In chapter seven are presented findings of a research on success of primary school pupils in Ceske Budejovice in solving of divergent tasks. The aim of the research is to reveal possible correlations between successfulness in solving divergent tasks and other aspects including gender aspects and their study success.

Chapter eight describes existing experience from an experimental teaching of physics at a college primary school. In that chapter is also presented comparison of results of the research group from chapter seven and this experimental group. Resolution of the comparison, although it is not enough statistically significant, indicates positive impact of the designed methodology.

Keywords: creativity, creative problem solving, teaching of physics, divergent physical tasks, mind mapping

Obsah

Úvod	190
1 Východiska disertační práce	16
1.1 Cíle práce	16
1.2 Současný stav řešené problematiky	16
2 Kreativita a tvůrčí řešení problémů	20
2.1 Definice a klasifikace tvořivosti	20
2.2 Myšlenkové operace uplatňované v kreativním procesu	23
2.2.1 Divergentní a konvergentní myšlení	23
2.2.2 Laterální myšlení	23
2.3 Struktura tvůrčího procesu	24
2.3.1 Guilfordův operační model řešení problému	27
2.4 Charakteristika tvořivého jedince	32
2.5 Sociální aspekty tvořivosti	36
2.5.1 Vliv rodiny	36
2.5.2 Vliv širšího sociálního prostředí	36
2.6 Rozvoj tvořivosti	37
2.6.1 Vývoj tvořivosti	37
2.7 Diagnostika tvořivosti	39
2.8 Bariéry tvořivosti	40
2.9 Metodické aspekty tvůrčího řešení problémů, heuristika	42
2.9.1 Některé heuristické metody	43
2.9.2 Zásady tvůrčího řešení	46

2.9.3 Tvůrčí zkušenost.....	46
3 Rozvoj tvořivosti ve školním vyučování	48
3.1 Pedagogický konstruktivismus.....	48
3.2 Pedagogicko-didaktické aspekty rozvoje kreativity ve vyučování.....	50
3.2.1 Motivace žáka k učení.....	52
3.2.2 Problematika diagnostiky a hodnocení v tvořivé výuce.....	53
3.2.3 Role učitele v procesu rozvoje kreativity.....	54
3.2.4 Aktivita a samostatnost žáků jako předstupeň tvořivosti.....	56
3.2.5 Aktivní osvojování nového učiva.....	58
4 Alternativní vyučovací metody	60
4.1 Problémová výuka	60
4.2 Projektová výuka	61
4.3 Kooperativní a skupinová výuka	62
4.4 Pojmové a myšlenkové mapy.....	64
4.4.1 Psychologické odůvodnění.....	66
4.4.2 Zásady pro tvorbu myšlenkových map	68
4.5 Výuková hra.....	69
4.5.1 Zásady pro zařazení výukové hry	69
4.5.2 Příklad výukové hry ve fyzice na základní škole – podle [64]	72
5 Metodika rozvoje kreativity při výuce fyziky	73
5.1 Charakteristika vyučovacího předmětu fyzika.....	73
5.2 Metodika rozvoje tvořivosti při výuce fyziky na základní škole	77
5.2.1 Práce jiných autorů.....	77
5.2.2 Vlastní práce.....	86
6 Netradiční nástroje pro rozvoj tvořivosti ve výuce fyziky	93

6.1 Divergentní fyzikální úlohy	93
6.2 Myšlenkové mapy ve vyučování fyziky	108
6.2.1 Prezentace učiva a diagnostika.....	108
6.2.2 Mentální mapování při řešení problémových úloh – grafický záznam řešení kvantitativních úloh.....	110
7 Úspěšnost při řešení divergentních fyzikálních úloh	120
Výzkum se žáky sedmých ročníků základních škol v Českých Budějovicích	120
7.1 Definování výzkumného problému a cíle výzkumu, postup výzkumu.....	120
7.1.1 Výzkumné hypotézy	120
7.1.2 Testovací nástroj.....	121
7.1.3 Zpracování statistických dat a jejich interpretace	126
7.2 Závěr výzkumu	133
8 Experimentální výuka tvořivé fyziky	135
8.1 Výuka v experimentální skupině	135
8.2 Porovnání výsledků experimentální skupiny s výzkumnou skupinou	143
Závěr.....	146
Resume.....	Chyba! Záložka není definována.
Literatura.....	147
Seznam příloh.....	153

Seznam tabulek a grafů

Tab. 0.1: Četnost činností prováděných ve vyučování fyziky na základní škole a víceletém gymnáziu.	13
Tab. 0.2: Četnost výskytu činností podle TIMSS1999.	14
Tab. 1.1: Shrnutí výsledků testu.	19
Tab. 2.1: Význam jednotlivých výstupů v Guilfordově operačním schématu řešení problému.	30
Tab. 5.1: Oblíbenost jednotlivých školních předmětů na základních školách a víceletých gymnáziích.	74
Tab. 5.2: Hodnocení obtížnosti předmětů.	75
Tab. 5.3: Oblíbenost a výskyt činností při výuce fyziky	75
Tab. 5.4: nástroje používané v tvořivé výuce podle Chengové.	81
Tab. 5.5.: Konkrétní návrh aktivit podle Chengové.	82
Tab. 5.7: Struktura tvořivé výuky fyziky.	91
Tab 6.6: Četnost typických řešení divergentní úlohy.	106
Tab. 7.1: Test hypotézy H01.	128
Tab. 7.2: Test hypotézy H02.	129
Tab. 7.3: Test hypotézy H03a.	131
Tab. 7.4: Test hypotézy H03b.	131
Tab. 7.5: Genderové rozdíly v oblíbenosti fyziky – parametry korelace.	132
Tab. 7.6.: Genderové rozdíly a vnímaná obliba fyziky – parametry korelace.	133
Tab. 7.7.: Vnímaná obtížnost fyziky a obliba fyziky – parametry korelace.	133
Tab. 8.1. Grafický záznam řešení úloh - výsledky experimentu.	140
Tab. 8.2: Porovnání výsledků experimentální skupiny s „kontrolní skupinou“ zařazenou do výzkumu.	144
 Graf 7.1: Průměrný bodový zisk chlapců a děvčat v testových úlohách	 128

Úvod

Za vzniku demokracie a moderních průmyslových podmínek je nemožné přesně předpovědět, jaká bude civilizace od nynějška za dvacet let. Proto je také nemožné připravovat dítě pro nějaký přesný soubor podmínek (John Dewey, 1897 in [62])

Můj zájem o problematiku rozvíjení tvořivého myšlení žáků při výuce fyziky pochází z doby, kdy jsem pracoval na diplomové práci, která byla zaměřena především na možnosti počítačem podporované výuky fyziky v oblasti rozvoje tvořivosti. V té době jsem měl již možnost teoretické poznatky ověřovat v praxi při vyučování fyziky na základní škole a byly to především tyto praktické zkušenosti, které vzbudily mou chuť věnovat se této problematice dále jak v rámci své učitelské praxe, tak teoreticky. Během mého magisterského studia zůstalo mnoho otázek nezodpovězeno. Uvědomoval jsem si, jak vágně je v pedagogické praxi zacházeno s pojmem tvořivost. Zatímco samotný pojem mezi učitelskou veřejností zprofanoval, obsah zůstal většině učitelů skryt. Debaty o tvořivosti žáků většinou připisují především učitelé přírodovědných a technických předmětů jakýmsi módním humanizačním trendům ve vyučování a dílu teoretiků od zeleného stolu. Přitom i tito učitelé se shodují v tom, že je nutné u žáků rozvíjet myšlení a nikoliv jen „nalévat“ informace a velmi se rozčilují, když jejich žáci schopnost „myslet“ neprojevují na úrovni, kterou oni, jejich učitelé, očekávají.

Důležité pro mě byly zkušenosti získané při zpracovávání mé rigorózní práce. Intenzivní teoretické studium dostupné české i zahraniční literatury mi postupně pomohlo lépe porozumět podstatě tvořivosti, a to mi zase pomohlo lépe poznat a pojmenovat problém. Mohl jsem se tak pustit do ambiciózního úkolu navrhnout metodiku rozvíjení tvořivosti žáků a schopnost tvůrčího řešení problémů ve vyučování fyziky. Spojení pedagogicko-psychologických poznatků, poznatků z oblasti didaktiky fyziky a praktických zkušeností umožnilo vytvořit ucelenou sadu metodických doporučení a nástrojů, které tradiční metodiku doplňuje o efektivní postupy vedoucí k rozvoji tvůrčích schopností žáků. Hlavním inovativním prvkem této metodiky byl návrh vysoce otevřených „**divergentních fyzikálních úloh**“. Ty samy o sobě nedokážou přispět k rozvoji tvořivosti, ale

jsou důležitým „stavebním materiálem“, se kterým lze tvořivost úspěšně rozvíjet při dodržení všech dalších metodických postupů.

Rigorózní práci završovala výzkumná sonda ověřující účinnost této metodiky. Malý rozsah tohoto předvýzkumu sice neumožňuje vyslovit statisticky významné závěry, poskytl ale důležité praktické zkušenosti a přesvědčení, že vynaložená snaha nebyla zbytečná. Do současné doby nebylo technicky možné výzkum zopakovat na statisticky významné úrovni. To by totiž znamenalo mít k dispozici skupinu proškolených učitelů ochotných na takovém projektu spolupracovat. Provedený předvýzkum ovšem otevřel další otázky a postavil mě před další úkoly.

Předkládaná práce navazuje na zmíněnou rigorózní práci. Dříve navržená metodika tvořivého vyučování fyziky je zde doplněna o nové poznatky a zkušenosti mé i jiných autorů. První část této práce je pokračováním mé dlouhodobé snahy o vytvoření metodiky vyučování fyziky, která kromě fyzikálních znalostí rozvíjí schopnost tvořivého řešení problémů. Druhá část obsahuje zprávu o výzkumu v oblasti úspěšnosti žáků při řešení divergentních fyzikálních úloh. Ve výzkumu předkládám sadu těchto úloh žákům základních škol, kteří nemají dosavadní zkušenosti s podobnými úlohami. Cílem je pozorovat, jak se na úspěšnosti při řešení těchto úloh projeví pohlaví žáka, jeho studijní výsledky a vztah k fyzice jako vyučovacímu předmětu. Mimo výzkum jsem provedl srovnání se svými žáky, kteří jsou vedeni pomocí nově navržené metodiky. Ačkoliv výsledky takového srovnání nejsou statisticky prokazatelné, je možné toto srovnání považovat za předvýzkum pro další výzkumné projekty. Výsledky předvýzkumu jsou pozitivní.

Úvaha o změně paradigmatu – od katechismu ke konstruktivismu

V průběhu historie lze zaznamenat změny pohledu na cíl a prostředky vzdělávání i na žáka samotného. V pracích mnoha myslitelů počínaje Sokratem (asi 469 – 399 př. n. l.), jenž vystoupil s kritikou sofistů, je kladen důraz na vlastní poznání svých žáků – vlastní hledání pravdy, nikoliv pouze nekritické přebírání znalostí. S významným útlumem v období středověkých církevních škol, kde dominantní metodou vyučování bylo pamětní mechanické učení a přísné tresty, se pozornost k žákovi a k rozvoji individuální osobnosti obrací zpět v období renesance. Významným kritikem středověké pedagogiky

v této době byl Michel de Montaigne (1533 – 1592), který především usiluje o překonání tradičního pamětního učení a pěstování žákovského samostatného úsudku. Vědění má podle Montaigneho být získáno pozorováním a nikoliv vnucováním myšlenek učitelem. Montaigne současně zdůrazňoval, že vědění není vše, je rovněž nutné pečovat o charakter žáka. „Snažíme se naplnit paměť a soudnost a svědomí necháváme prázdné“ [45]. Zdůrazňoval veselé a hravé individuální vyučování. Na jeho myšlenky později navázal mimo jiné francouzský pedagog a filosof J. J. Rousseau (1712–1778), pro kterého byla hlavní hodnotou především osobní svoboda člověka [7]. O sto let dříve, než Rousseau navrhl svou pedagogickou koncepci, vytvořil své revoluční dílo český pedagog J. A. Komenský (1592–1670), jehož vliv na vývoj pedagogiky byl tak značný, že se jím zabývá dokonce samostatný vědecký obor – komeniologie [33]. Komenského pedagogický přístup, který o staletí předběhl dobu, je i dnes stále aktuální.

Na revoluční myšlenky zmíněných pedagogických myslitelů a jejich neméně významných následovníků navázaly různé alternativní školy současnosti, které se pokoušejí převést jejich myšlenky do praktického vyučování. Cílem této práce je ale hledat řešení některých dlouhodobých problémů v rámci „mainstreamového“ školství. Tato podkapitola pak nemá být komplexní analýzou dějin pedagogického myšlení, ale spíše úvahou, reflexí současné situace v tak zvané moderní škole.

Letmým pohledem na vývoj pedagogického myšlení lze vysledovat dvě základní pedagogická paradigmaty. V prvním případě je na žáka pohlíženo jako na pasivního příjemce hotových myšlenek. Individualita žáka je zanedbána, převládajícím stylem učení je mechanické memorování. Ve druhém případě je žák považován za řídicí činitel vlastního poznání. Jak kdosi poznamenal, učitel je „pouze“ tím, kdo „přivádí koně k vodě“ – tj. připravuje pro žáka podmínky, v nichž potom tento sám aktivně vytváří své poznání. Výuka respektuje individuální potřeby žáka.

První přístup byl napaden pedagogy již v 16. století. Lze najít poměrně přímou „dějovou linii“, která vede od těchto myslitelů až k současné pedagogice zdůrazňující konstruktivistické přístupy ve vyučování. Mnohem pomaleji ovšem, zdá se, probíhá tato změna uvnitř samotných škol. Tabulka 0.1 ukazuje četnost činností prováděných učite-

lem ve vyučování fyziky, jak vyplývá z výzkumu provedeného v roce 2005 na základních školách a víceletých gymnáziích [21].

Činnost	Pokusy učitele	Video	Film	Pokusy žáků	Internet	Výklad	Referáty	Vyprávění	Úlohy	Opakování
Výskyt ZŠ	2,79	1,36	1,06	2,15	0,86	5,07	1,42	0,94	4,01	3,56
Výskyt VG	2,39	0,88	0,59	1,51	0,4	5,39	1,01	0,94	4,01	4,11

Tab. 0.1: Četnost činností prováděných ve vyučování fyziky na základní škole a víceletém gymnáziu. Bodování prováděli žáci na škále 0 – 6, přičemž 6 znamená nejvyšší četnost.

Zkoumanými činnostmi, k nimž se měli žáci vyjadřovat, byly:

- pokusy prováděné učitelem (demonstrační pokusy),
- promítání výukového videa, promítání filmu,
- pokusy prováděné žáky (frontální pokusy),
- využití internetu ve výuce,
- výklad nové látky,
- referáty,
- vyprávění učitele,
- řešení početních úloh,
- opakování učiva.

Výsledky výzkumu TIMSS z roku 1999 uvádí obdobné výsledky pro přírodovědné předměty obecně (viz tabulka 0.2). V tabulce je uvedeno procentuální zastoupení jednotlivých činností ve vyučování v ČR a mezinárodní průměr [17].

činnost	výskyt v ČR	mezinárodní průměr
výklad látky	34 %	24 %
žáci procvičují látku pod dohledem učitele	18 %	14 %
žáci procvičují samostatně	11 %	10 %
testy a kvízy	8 %	10 %
opětovný výklad a vysvětlení již probraného učiva	8 %	10 %
učitel provádí demonstrační pokusy	7 %	10 %
žáci dělají pokusy	5 %	15 %
kontrola domácích úkolů	4 %	9 %

Tab. 0.2: Četnost výskytu činností podle TIMSS1999 [17].

Z obou výzkumů vyplývá, že ve vyučování přírodních věd převládá frontální demonstrační činnost učitele a naopak samostatná poznávací činnost žáků – zde experimentování prováděné žáky – je zastoupena jen málo (v ČR je tato situace oproti mezinárodnímu výzkumu ještě výrazně horší!). Lze se jen domnívat, jaká je příčina tohoto jevu, podstatné ovšem je, že v současnosti je ve školách stále upřednostňována transmise hotových poznatků směrem od učitele k žákům formou výkladu. Přitom již Rousseau zdůrazňoval, že *našimi prvními učiteli přírodní filosofie jsou naše nohy, ruce a oči. Kdybychom je nahradili knihami, nenaučili bychom se uvažovat. To by nás naučilo spíše užívat rozumu jiných než svého vlastního* (in [62]). To ovšem znamená, že se pedagogické smýšlení našich učitelů stále příliš nevzdálilo pojetí vyučování středověkých církevních škol! Na tuto provokativní úvahu je zajímavé pohlédnout ještě z jiného úhlu: Nakolik se pamětní učení fyzikálních vzorců bez hlubšího porozumění jejich obsahu liší od memorování latinských náboženských textů ve zmiňovaných církevních školách šestého století? Ne příliš. Bohužel je stále běžné se s takovým stylem vyučování a učení setkat.

Pietrasinsky [57] se zmiňuje o potřebě *nahradit didaktiku paměti didaktikou myšlení*, tj. zaměřit se ve školním vyučování na rozvoj myšlení namísto tréninku paměti memorováním množství informací. V tom podle mého názoru spočívá základní změna pedagogického paradigmatu, které musíme dosáhnout nejen v pedagogické vědě, ale v návaznosti na teorii především přímo ve školách, aby tyto připravovaly své žáky a studenty na život v komplikovaných podmínkách současné společnosti, která se tak dynamicky vyvíjí, že jen těžko je někdo schopen s jistotou předpovědět, jakým podmínkám

budou v budoucnu naši žáci čelit. Připravujeme žáky na povolání, která dnes možná ještě ani neexistují. Jak je možné stanovit potřebné penzum znalostí? V této situaci hrozí, že se velká část učiva, které předáváme našim žákům, stane samoúčelnou. Problémem je rovněž odborná připravenost učitelů. Bohužel se zdá, že ani více jak sto let po vydání knihy Johna Deweye – Moje pedagogické krédo – ze které pochází citát uvedený v samotném úvodu, se školní vyučování nezbavilo jednostranné fixace na znalosti navzdory formální rétorice oficiálních kurikulárních dokumentů, které se stále více přiklání k rozvoji kompetencí žáků a studentů namísto předávání izolovaných vědomostí.

S ohledem na další vývoj společnosti není dále udržitelné ztotožňovat vzdělání se sumou zapamatovaných informací. Na otázky žáků typu „K čemu mi to bude?“ se s čistým svědomím v dnešní době informačních technologií těžko odpovídá. Pominuli-li znalosti, které patří mezi základní vědomostní bázi nutnou k sebeurčení člověka a společnosti v historii a v přírodě, musí být informace chápány nikoliv jako cíl vzdělání, ale především jako prostředek k řešení problémů a seberealizaci. Tato zásadní změna paradigmatu předpokládá změnu obsahu i formy vyučovacího procesu. Hlavní důraz musí být kladen na rozvoj tvůrčího myšlení. To neznamená odklon od vědomostí, ale změnu vztahu k nim. Tvůrčí řešení problémů se neobejde bez velkého množství informací. V takto pojaté výuce se nutně nesnižuje množství získaných vědomostí, ale mění se jejich význam. Cíl se stává prostředkem.

1 Východiska disertační práce

1.1 Cíle práce

Disertační práce navazuje na dřívější rigorózní práci, jejíž hlavní součástí byl návrh metodiky rozvoje kreativity při výuce fyziky na základní škole. Ve své rigorózní práci jsem shrnul základní metodické aspekty rozvoje tvořivosti. Hlavní přínos práce spočíval v návrhu tzv. divergentních úloh, které představují otevřené fyzikální úlohy umožňující žákům plně uplatnit jejich tvůrčí myšlení a současně využívat fyzikální poznatky tak, aby úlohy mohly být zařazeny do vyučování fyziky. Výsledky výzkumné sondy provedené a prezentované v rigorózní práci v roce 2010 naznačovaly pozitivní přínos této metodiky.

Disertační práce si klade za cíl zrevidovat navrženou metodiku a na základě získaných zkušeností a dalšího teoretického studia tuto metodiku rozšířit. Kromě zmíněných divergentních úloh je v teoretické části disertační práce více rozpracován nástroj myšlenkového mapování, které nabízí žákům cennou oporu při řešení kvantitativních problémových úloh, kdy jsou žáci limitováni především omezenou úrovní abstraktního myšlení.

Experimentální část disertační práce spočívá v provedení výzkumu se žáky základních škol. Výzkum navazuje na výzkumnou sondu z roku 2010 a klade si za cíl nalézt případný vztah mezi úspěšností při řešení divergentních fyzikálních úloh, pohlavím žáků, postojem žáků k fyzice a jejich úspěšností ve fyzice.

Vzhledem k velikému zájmu odborné veřejnosti o mnou navržené divergentní úlohy jsem se současně rozhodl zařadit do své práce jako přílohu tematicky členěnou databázi těchto úloh.

1.2 Současný stav řešené problematiky

Rozvoji kreativity a tvůrčímu řešení problémů je v psychologii a pedagogice věnována pozornost již řadu desítek let počínaje prací J. P. Guilforda [20]. Mezi současné hlavní

autory z oblasti psychologie tvořivosti a pedagogiky patří Amabile [1], Dacey [12], de Bono [15][16], Csikszentmihalyi [9], Isaksen a Trefflinger [28][29]. Tito autoři vymezili současné pojetí kreativity a stanovili směr dalšího vývoje teorie kreativity. Teoretické závěry prací zmíněných autorů byly východiskem mé práce. Z autorů, kteří se zaměřili především na metodiku tvůrčího řešení, je možné jmenovat Buzana [5][6]. Ten rozpracoval metodu mentálního mapování, kterou jsem ve své práci aplikoval na výuku fyziky.

Významnými českými a slovenskými autory v oblasti psychologie kreativity, z jejichž práce jsem vycházel, jsou Hlavsa [24][25], Bakalář a Erazím [3] a Jurčová [30][24]. V oblasti pedagogiky pak především Lokšová [40][41], která problematiku pedagogické tvořivosti zpracovala velmi komplexně, a Maňák [42][43]. Marta Jurčová spolupracovala se slovenskými didaktiky fyziky z Univerzity Komenského v Bratislavě. Výsledkem této spolupráce je návrh konkrétních výukových aktivit pro rozvoj tvořivosti ve vyučování fyzice [32].

V oblasti technické tvořivosti, která mi byla cenným zdrojem inspirace i nových poznatků, je z českých autorů možné jmenovat Wimmera [76][77], Votrubu [75], Andrejska a Beneše [2].

V oboru didaktiky fyziky publikoval v letech 1979/1980 sérii zajímavých článků o výchově k tvořivosti při výuce fyziky Volf [71] [72] [73]. Z dalších autorů, ze kterých jsem vycházel při zpracovávání oblasti didaktiky fyziky a speciálně problematiky řešení fyzikálních úloh, je možné jmenovat Vachka a Lepila [70], Svobodu a Kolářovou [65] a Tesaře [69]. V oblasti problémové výuky fyziky trojici autorů Kašpara, Janoviče a Březinu [35] a později Kličkovou [36].

V oblasti vlivu problémového vyučování technických předmětů na schopnost řešení problémů je možné nalézt několik výzkumů různých autorů. Statistické vzorky využitě při citovaných výzkumech ovšem nedosahují potřebného rozsahu k tomu, aby bylo možné závěry výzkumů generalizovat:

- H. Pochanke se v Zelené Hoře v 60. letech zabýval problémovou výukou v technickém vyučování. Výzkum provedl na čtyřech šestých třídách. Tři

z nich byly vedeny metodikou problémového vyučování, jedna třída byla kontrolní. Experimentální skupina dosáhla výrazně lepších výsledků (Pochanke in [51]).

- Kupisiewicz se zabýval problémovou výukou fyziky a chemie. V roce 1962 ve Varšavě srovnával ve dvou osmých a třech devátých třídách účinnost různých vyučovacích metod – názorně slovní, laboratorní, laboratorně problémová. Výzkum uzavřel tím, že třetí metoda – laboratorně problémová – je prokazatelně nejefektivnější (Kupisiewicz in [52]).
- U nás provedl experiment malého rozsahu v rámci své disertační práce na Masarykově univerzitě Pecina v roce 2005. V experimentu sledoval vliv problémového vyučování fyziky na rozvoj kreativity. Do experimentu zahrnul dvě třídy gymnázia v Brně. Experimentální skupina byla po dobu jednoho pololetí vyučována metodami problémového vyučování a v závěru vykazala (statisticky málo významné) zlepšení v testu měření tvořivosti na rozdíl od kontrolní skupiny, která zůstala beze změny [52].

Vlastní výzkumná sonda provedená v roce 2010

Výzkumná sonda spočívala v porovnání dvou paralelních tříd sedmého ročníku základní školy. Jedna z nich byla náhodně určena jako experimentální skupina (24 žáků), v ní jsem vyučoval fyziku podle navržené metodiky tvořivé fyziky, druhá třída plnila funkci kontrolní skupiny (23 žáků), zde jsem vyučoval fyziku s využitím tradičních metod. V závěru byl žákům obou skupin předložen test, jehož cílem bylo porovnat výsledky obou skupin v oblasti znalostí vybraného učiva a úspěšnosti při řešení divergentních úloh.

Test se skládal ze tří částí:

1. Základní úroveň poznatků tematického celku kapaliny a plyny. Tato část celku měla prověřit, nakolik se liší úroveň osvojení nových poznatků u žáků vyučovaných tradiční formou a žáků experimentální skupiny.

2. „Slepá myšlenková mapa“. Žáci měli za úkol do předkreslené mapy doplnit vybrané pojmy. Tato část testu doplňovala první část a zároveň zjišťovala schopnost žáků v obou třídách chápat vztahy a souvislosti mezi pojmy.
3. Test kreativních dovedností. Klíčovou součástí testu bylo zjišťování úrovně tvůrčích dovedností a schopnosti tvůrčího řešení problémů. Jednotlivé úkoly svým obsahem sice vycházely z probrané oblasti učiva, úroveň znalostí učiva ovšem nebyla součástí hodnocení těchto úloh.

Shrnutí výsledků

Výsledky testu – průměrný dosažený počet bodů v jednotlivých zkoumaných oblastech (v závorce je uveden maximální možný bodový zisk)		
Zkoumaná oblast	Zkoumaná skupina	
	Experimentální (24 respondentů)	Kontrolní (23 respondentů)
Základní poznatky (10 bodů)	6,4 bodu	5,4 bodu
Myšlenková mapa (> 14 bodů)	11,2 bodu	5,8 bodu
Kreativní dovednosti (bodový zisk není omezen)	14,5 bodu	9,2 bodu

Tab. 1.1: Shrnutí výsledků testu.

Výsledky testu naznačují ve všech zkoumaných oblastech převahu experimentální skupiny a poukazují na možnost, že výuka fyziky upravená v souladu s navrhovanou metodikou s důrazem na skupinovou práci, řešení divergentních úloh a užití myšlenkového mapování, přispěla ke schopnostem tvůrčího řešení úloh a oproti výuce tradiční byla tvořivá výuka též efektivnější v oblasti osvojování poznatků a vytváření vztahů mezi pojmy. Rozsah prováděného experimentu byl ovšem příliš malý na to, aby bylo možné vyvodit z výsledků objektivní závěr.

2 Kreativita a tvůrčí řešení problémů

2.1 Definice a klasifikace tvořivosti

Kromě pojmu tvořivost/kreativita se v literatuře často objevuje pojem tvůrčí řešení problémů (creative problem solving) k označení procesu řešení problému, při němž řešitel nepostupuje čistě algoritmicky, ale originálně.* V kognitivní psychologii byly ovšem pojmy tvůrčí myšlení a řešení problémů ztotožněny J. P. Guilfordem již v roce 1967, když tento autor porovnal oba procesy (detailně viz kapitola 2.3), upozornil na jejich společné znaky a usoudil, že vzájemné oddělování obou pojmů nemá smysl. V následující práci tedy budu oba pojmy – tvořivost a tvůrčí řešení problémů – používat jako synonyma. Ač svádí ke zjednodušování, je pojem tvořivost velmi obsáhlý a komplexní. Je příznačné, že v současné literatuře dosud neexistuje univerzální obecně přijímaná definice tvořivosti. Starší zahraniční učebnice (např. [59]) odlišují dva odlišné přístupy ke klasifikaci tvořivosti. Tyto dva směry jsou označovány jako **společenský** a **osobnostní** (social / personal), přičemž rozdíly mezi nimi spočívají v rámci, ve kterém je posuzována novost vzniklého produktu (myšlenky, nápadu). **Osobnostní pojetí** kreativity vychází z humanistické psychologie a posuzuje originalitu nového produktu vzhledem k tvořícímu jedinci. Pokud je produkt nový z pohledu tvůrce, je výsledkem jeho tvůrčí činnosti a je vyjádřením jeho samotného, pak je možné hovořit o kreativním produktu, aniž by tento produkt musel nutně být originální z pohledu společnosti. V protikladu k osobnostnímu pojetí kreativity vymezuje **společenské pojetí** novost jak v individuálním, tak v celospolečenském měřítku. Současně je ovšem zdůrazňována i užitečnost vzniklého produktu pro určitou část společnosti: „Kreativní proces musí ústít v něco, co je nové z pohledu kulturního i individuálního a zároveň je společensky využitelné (Torrance in [59]).“

* Vtipná definice říká, že tvůrčí řešení problémů znamená „vědět co dělat, když nevíte co dělat“ [61].

Současné definice používané v oblasti pedagogiky jsou zpravidla kombinací obou přístupů. Přejímají osobnostní pojetí tvořivosti ve smyslu seberealizace jedince, současně ovšem obsahují požadavek společenské užitečnosti vzniklého originálu. Kreativita tedy bývá nejčastěji vymezena jako aktivita, která přináší doposud neznámé a současně společensky hodnotné výtvořiny (například [41][12]). Tvořivý proces je potom charakterizován pomocí dvou základních prvků, za které je považována originalita, ale současně i využitelnost produktu, která může být definována z hlediska celospolečenského, z pohledu jedince, případně z pohledu malé sociální skupiny. Poslední hledisko odpovídá pedagogickému pojetí kreativity, kde sociální skupinou je školní třída.

Tvůrčí proces vedoucí k produktu, který má společensky negativní hodnotu (moderní zbraně, důmyslné mučící přístroje v historii, počítačové viry) je různými autory označován jako *antikreativita* [3] *negativní tvorba* či *protispolečenská tvořivost* [55].

Obdobně jako ve snaze definovat tvořivost, ani klasifikace tvořivosti není dosud ustálená. Jednotliví autoři se liší mimo jiné tím, zda se ve své klasifikaci zaměřují na vzniklý produkt nebo na předcházející tvůrčí proces. První cestou je klasifikovat míru originality a využitelnosti vzniklého tvůrčího produktu. Podle Bakaláře [3] může být výsledkem tvůrčí činnosti:

- **objev** – nejvyšší stupeň – základní vědecké poznání,
- **vynález** – aplikace vědy nebo tvořivé inženýrské práce,
- **pedagogický vynález** – řešení objektivně známé, z hlediska subjektu – řešitele – ovšem nové – tvůrčí produkt s didaktickým významem,
- **nekonvenční řešení** – nové jsou některé postupy a podmínky. Vzniklý produkt ovšem nelze klasifikovat jako vynález.

Druhou zmíněnou možností je přesunout pozornost z finálního produktu na cestu, která vedla k jeho vzniku. Takovou klasifikaci nabízí například Lokšová [41], která definuje tři úrovně tvůrčího procesu:

1. Prvním stupněm je **imitace** – bezprostřední využití informace bez tvůrčího přístupu.

2. Přejídným stupněm na cestě od napodobování ke kreativitě je **přizpůsobení určitého stávajícího řešení** odlišným podmínkám. Jedinec využívá známé poznatky bez toho, aby se řešení ve své kvalitě nějak změnilo. Oproti předchozímu se tento stupeň liší pouze v posouzení nového problému a aplikaci známého řešení.
3. Konečně o kreativitě hovoříme tehdy, když dojde ke **zdokonalení určitého řešení** daného problému změnou kvality oproti doposud známým principům. Na problém je aplikován upravený nebo zcela originální postup řešení.

Výsledkem kreativní činnosti ovšem může být dětská kresba nebo vědecká teorie. Kreativní činnost je tak nutné dále rozlišovat podle rozsahu a významu vzniklého díla. Maňák [43] rozlišuje:

- **tvůřivost expresivní (spontánní)** – živelné produkty vznikající z náhlého vnuknutí, ze silného nutkání,
- **inovativní** – inovace vzniklá záměrným úsilím vykonat něco netradičního,
- **invektivní** – vysoká originalita, objektivně uznávaný přínos, zcela nové řešení,
- **emergentní** – projev génia.

Podle oblasti lidské činnosti, v níž je uplatňována, je tvořivost často uměle členěna na **tvůřivost uměleckou, vědeckou a technickou** (resp. vědecko-technickou). Základní znaky tvořivosti jsou ovšem vždy společné. „Umělecká tvorba je projevem téhož tvůrčího potenciálu jako jiná tvorba, ale zatím co výsledky vědy a techniky pronikají do lidské činnosti ve smyslu objektivního zkoumání a přetváření světa i člověka, umění hledá především lidské rozměry tohoto pronikání. Umění završuje vývoj člověka a jeho díla, započatý vědeckými a technickými prostředky.“[25] Pietrasinski [57] dále upozorňuje, že ve své podstatě je tvořivost technická základem tvořivosti umělecké – nejdříve totiž musel vzniknout nástroj a každý nový nástroj je produktem tvůrčí činnosti člověka. Rozdíl mezi tvořivostí uměleckou a vědecko-technickou spočívá ve struktuře tvůrčího procesu. Zatímco u umělecké tvořivosti je zdůrazňována imaginativní složka tvořivosti (fantazie, intuice), u tvořivosti vědecko-technické je kladen důraz především na stránku metodologickou.

2.2 Myšlenkové operace uplatňované v kreativním procesu

2.2.1 Divergentní a konvergentní myšlení

Myšlenkové procesy spojené s kreativitou a řešením problémů obecně jsou označovány jako divergentní myšlení a konvergentní myšlení. *Divergentní myšlení* je charakterizováno jako myšlenková operace směřující k velikému množství nápadů či řešení. Typickým testem divergentního myšlení je například úkol navrhnout co nejvíce možností využití běžného předmětu, například cihly [59]. *Konvergentní myšlení* je potom opakem myšlení divergentního v tom smyslu, že myšlenkový proces směřuje k jednomu správnému řešení. Příkladem je výběr jedné správné položky v testu s více možnostmi výběru [59]. Myšlení spojené s kreativitou je často spojováno s divergentní složkou myšlení a myšlení konvergentní, je naopak základem procesu řešení běžných problémů, například řešení matematické úlohy [59]. V procesu kreativního myšlení jsou ovšem ve skutečnosti zastoupeny obě složky myšlení, tedy i konvergentní myšlení. Skutečný proces tvorby totiž nekončí vygenerováním velikého množství asociací, hypotéz či řešení (divergentní proces), ale v závěrečné fázi tvorby přebírá roli konvergentní myšlení, když je z navržených možností vybrána jedna, která se jeví jako nejvhodnější či nejprínosnější [59]. Tvořivý proces je tedy ve skutečnosti interakcí konvergentních a divergentních myšlenkových postupů [40]. Z hlediska rozvoje kreativních schopností ovšem považují roli divergentního myšlení za klíčovou, a to především kvůli situaci v současném vzdělávacím systému, kde je divergentní složka myšlení stále potlačena na úkor myšlení konvergentního. Ideální zastoupení úloh zaměřených na divergentní složku myšlení ve výuce by podle Lokšové [40] mělo být 15 – 30% divergentních úloh. V roce 1999 přitom uvádí autorka pouze asi čtyřprocentní zastoupení divergentních úloh ve výuce.

2.2.2 Laterální myšlení

V souvislosti s kreativitou a řešením problémů zavádí de Bono [16] termín *laterální myšlení*. To je podle něj blízce spojené s intuicí*, kreativitou a humorem. De Bono jej po-

* Autor v anglickém originále používá slovo *insight*.

užívá pro označení té složky kreativity, kterou lze cíleným tréninkem rozvíjet podobně, jako je možné rozvíjet logické myšlení [14]. Rozvoj kreativity pak podle de Bona spočívá především v rozvoji tohoto druhu myšlení.

Laterální myšlení se zabývá změnami vzorů, které byly vypěstovány na základě dřívějších zkušeností, tedy změnami pojetí a vnímání. Je charakterizováno jako přechod od vzorce ke vzorci a spojeno s bouráním pout, kterými nás svazují naše staré myšlenky. Osvobození od těchto starých myšlenek a stimulace nových je klíčovým aspektem laterálního myšlení. Protikladem laterálního myšlení je *myšlení vertikální*, které probíhá v krocích, jež mají svou logickou stavbu a posloupnost [16][14]. Při řešení problému je ovšem často nutné z původního postupu laterálně odstoupit a začít jinak. Výstižný de Bonův příměr hovoří o člověku kopajícím studni. Pokud se mu nedaří najít vodu, může kopat do stále větší hloubky (paralela s vertikálním myšlením) nebo začít kopat o kus dále (paralela s laterálním myšlením). Běžná praxe ukazuje, že řešení nějakého problému, který se zdá po dlouhou dobu neřešitelný, se může nakonec často ukázat jako velmi jednoduché, stačí opustit dosavadní myšlenkovou linii a začít odjinud. Tento jev je známý z řešení různých hádanek. Problémem často bývá, že se řešitel nedokáže odpoutat od prvního nápadu.

Stejně jako konvergentní myšlení, i myšlení vertikální je velice užitečné. Vertikální myšlení rozvíjí myšlenky, vytvořené laterálním myšlením [14].

2.3 Struktura tvůrčího procesu

Zavedením laterálního myšlení se de Bono vyhnul hlubšímu rozboru kreativity a tvůrčího procesu. Záměrně nepoužívá pojem kreativita z důvodu určité vágnosti tohoto pojmu. Rozvoj kreativity omezuje na rozvoj laterálního myšlení. Obávám se, že tím ovšem může dojít k zanedbání některých důležitých prvků kreativity. Je proto nutné provést pečlivý rozbor tohoto nejasného pojmu a celého procesu, který vede k vytvoření tvůrčího produktu.

Především je nutné odlišit tři různé „**operativní složky tvořivosti**“ [25]. Jejich znalost je důležitá pro správné pochopení obsahu kreativity a tvůrčího procesu, které mo-

hou být nesprávně ztotožňovány pouze s imaginací a fantazií. Součástí tvořivosti jsou ovšem i vysoce systematické heuristické a kognitivní procesy. Jednotlivé složky, které spolu vytváří komplexní kreativní proces, jsou:

- **imaginativní složka tvořivosti** obsahující imaginaci, intuici, představivost a fantazii;
- **heuristická složka tvořivosti** obsahující semiempirické postupy řešení problémů;
- **schematická složka tvořivosti** obsahující základní myšlenkové operace, které byly probírány v předchozí podkapitole – divergentní a konvergentní myšlení, laterální myšlení, logika).

V tvůrčím procesu je přitom vždy zapojena více či méně každá složka. Není proto vhodné soustředit se při rozvoji tvořivosti pouze na kultivaci jedné z nich. Na rizika jednostranného rozvoje určité složky upozorňuje Petrová [55]: „Při pěstování imaginativní složky kreativity se nedočkáme od tvůrce realizace výsledku, při pěstování pouze heuristické složky se doba hledání řešení podstatně prodlouží a od lidí s vypěstovanou schematickou složkou můžeme očekávat jen kopie.“ V imaginativní složce kreativity jsou obsaženy *představivost a fantazie* – dva nepostradatelné prvky tvořivosti, které umožňují „*vytvářet variace a kombinace jevů mimo dotyku s konkrétní realitou*“ [42]. Tyto dvě složky jsou základem objevování a tvoření nových skutečností ve všech oborech tvorby. Jsou ovšem také nejhůře uchopitelné, pokud jde o jejich cílený rozvoj. Maňák [42] definuje tyto dva prvky následovně:

- **představivost** = schopnost znovu vyvolat dříve vnímanou skutečnost;
- **fantazie** = schopnost vytvářet představy, které neodpovídají skutečnosti, mění ji nebo jí nově tvoří.

Dalšími aspekty, které se do značné míry zúčastňují kreativního procesu, jsou *imaginace* a *intuice*, přičemž imaginací je označováno „nepřímé“ myšlení, na rozdíl od myšlení logického, které je považováno za přímé, systematické. Intuicí je míněno postihování podstaty jevů bezprostředním nazíráním bez logického důkazu [42].

V podkapitole 2.2.1 jsem uvedl, že klíčovou složkou tohoto komplexního kognitivního procesu je fáze divergentního myšlení, kterému je potřeba věnovat při rozvoji kreativity zvláštní pozornost. Aby bylo možné divergentní myšlení efektivně rozvíjet a měřit, je nutné blíže prozkoumat jeho vnitřní strukturu. J. P. Guilford [20] rozlišuje ve své práci šest složek divergentního myšlení, které tvoří „vnitřní stavbu“ kreativity. Petrová [55] uvádí ke každé z nich jednoduché cvičení pro její rozvoj. Cituji je zde pro lepší pochopení významu jednotlivých složek divergentního myšlení:

- **fluence** (plynulost) – vlastnost charakterizující plynulost toku nápadů;
 - o Příklad cvičení: Uved'te vše, co se vám vybaví, slyšíte-li slovo klíč;
- **flexibilita** – pružnost myšlení;
 - o Příklad cvičení: K čemu jinému než k zamykání lze použít klíče? Uved'te co nejvíce možností.
- **originalita**;
 - o Příklad cvičení: „Uved'te osobité použití klíče, na které dosud nikdo nepřišel.“
- **senzitivita** – citlivost na odhalení problému (zde autorka příklad cvičení neuvádí);
- **redefinování** (nová interpretace) – změna významu či reorganizace informací, použití starých poznatků novým způsobem;
 - o Příklad cvičení: Upravte klíč tak, aby se dal použít zároveň jako otvůrák konzervy.“
- **elaborace** (propracování) – schopnost najít, doplnit, vypracovat funkční detaily při řešení problému, jejichž spojením se vytvoří kompletní řešení.
 - o Příklad cvičení: Vypracujte návod, jak použít klíče k měření délek.

Znalost struktury divergentního myšlení umožňuje správně strukturovat metody rozvoje a diagnostiky kreativity. Proto se k nim ještě vrátím při návrhu „divergentních“ fyzikálních úloh určených k rozvoji kreativity při vyučování fyziky.

2.3.1 Guilfordův operační model řešení problému

Americký psycholog J. P. Guilford [20] provedl v 60. letech 20. století srovnání jednotlivých fází řešení problémů podle Deweyho z roku 1910 a fází kreativní produkce podle Rossmana z roku 1931. Pro ilustraci zde uvádím oba staré modely, z nichž Guilford ve svém díle vychází:

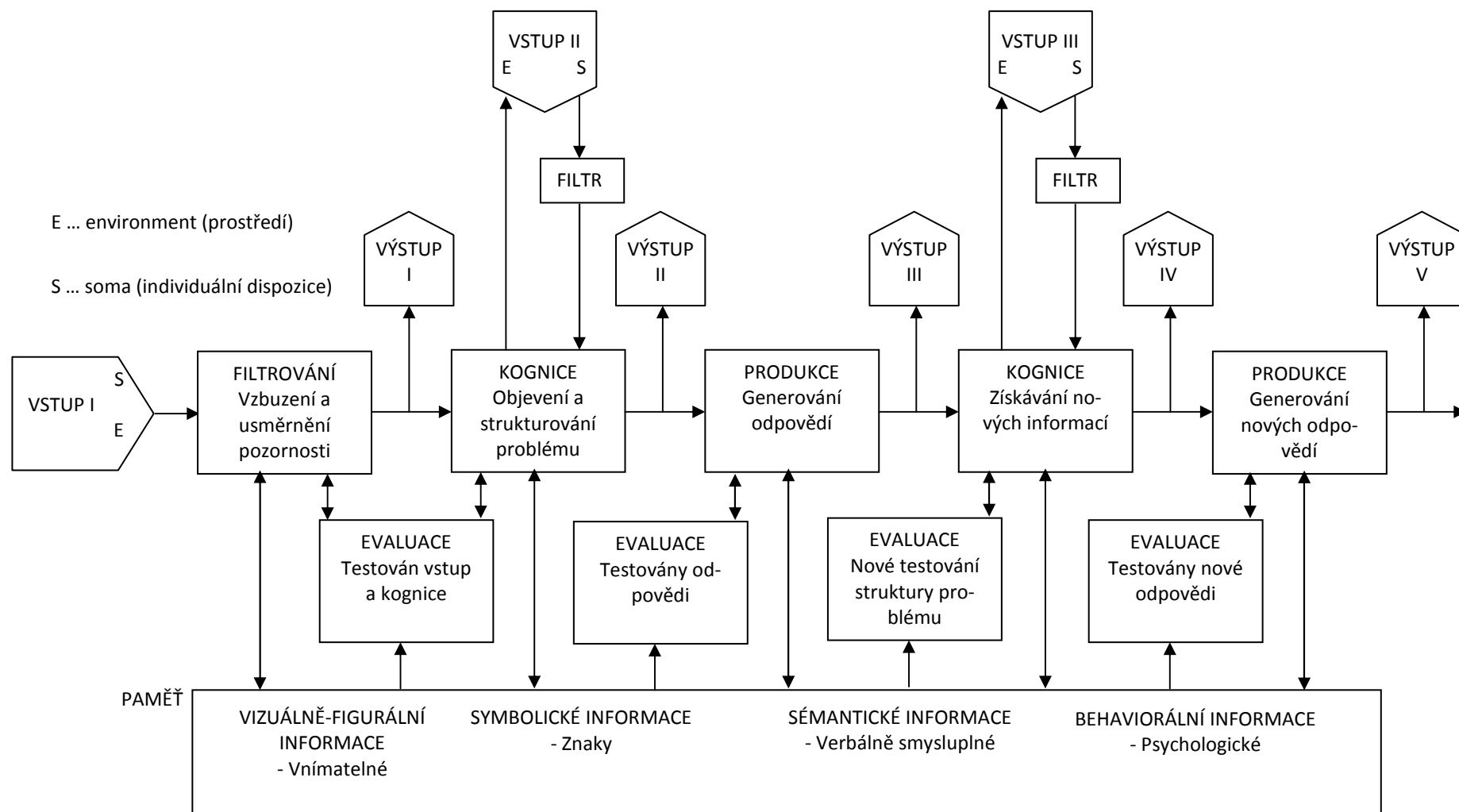
Fáze řešení problémů podle Deweyho (in [20]):

1. Je pocíťována potíť.
2. Problém je lokalizován a definován.
3. Jsou naznačena možná řešení problému.
4. Jsou zvažovány důsledky.
5. Řešení je přijato.

Fáze kreativní produkce podle Rossmana (in [20]):

1. Objevení obtíťe či potřeby.
2. Formulace problému.
3. Objevení potřebných informací.
4. Formulace řešení.
5. Kritické posouzení navrhovaného řešení.
6. Formulace nových myšlenek.
7. Nové myšlenky kriticky ověřovány a přijaty.

Na základě analýzy těchto tradičních modelů a struktury intelektu pak Guilford navrhuje **obecný operační model řešení problémů** (viz obr. 2.1).



Obr. 2.1: Obecný model řešení problému podle Guilforda [20].

Model je uvažován jako komunikační systém obsahující jednak vstupy z prostředí, ve schématu označovány jako E (environment), tak z jedince samotného, ve schématu označovány jako S (soma), které je spojeno s individuálními dispozicemi, motivací a emocionální kondicí jedince (ve schématu dodržují označení v souladu s originálním autorovým dílem). Směr toku informací je znázorněn šipkami, jež vedou někdy jednocestně, jindy obousměrně. Hlavní časová sekvence je znázorněna linií vedoucí zleva doprava počínajíc Vstupem I zcela vlevo. Celé schéma podkládá blok paměti (dlouhý obdélník v dolní části), v němž jsou uvedeny jednotlivé kategorie informací uložených v paměti v různých oblastech mozku. Šipky spojující paměť se všemi dalšími operacemi znázorňují význam paměti v celém procesu. Šipky vedoucí směrem k paměti znázorňují určitý stupeň vyhledávání vhodných informací v paměti a zároveň, v případě kognice a produkce, naznačují ukládání nových či modifikovaných informací zpět do paměti. Některé cesty z bloku paměti směrem k centrálním aktivitám vedou skrze evaluaci, která zastupuje filtrační funkci. Některé cesty vedou přímo a blok evaluace obcházejí. Tyto znázorňují stav odloženého úsudku (suspended judgement), citové výlevy mentálně nevyrovnaných jedinců, popřípadě sny. Evaluace je ve schématu rozložena tak, aby mohly být informace testovány ve všech krocích. Určitý druh hodnocení (evaluace) je obsažen ve fázi filtrování, kde popisuje selektivní funkci filtračního mechanismu. Není zcela zřejmé, zda je hodnocení v této fázi stejného charakteru jako evaluace v souvislosti s kognitivními procesy a produkcí. Guilford ke schématu navíc dodává, že zde chybí vztah znázorňující případné ovlivňování paměti hodnotícími operacemi, ačkoliv by tento vztah mohl být zaznamenán pro zohlednění případné represe jakožto psychoanalytického fenoménu. Evaluační proces by v takovém případě plnil funkci cenzury. Vstupy II a III zohledňují možnost vyhledávání informací jedincem ze svého okolí, což je znázorněno šipkami stoupajícími směrem ke vstupu, a zároveň slouží k zohlednění jakéhokoliv náhodného vstupu zvenčí, k němuž může dojít v okamžiku, kdy probíhají kognitivní operace. Takový vstup je opět filtrován a hodnocen (Guilford upozorňuje na fakt, že schéma je zde pro zachování názornosti zjednodušeno). Výstupy představují místa, v nichž může dojít k ukončení procesu. Autor prvním třem výstupním místům přiřazuje následující význam:

ČÍSLO VÝSTUPU	PŘÍČINA UKONČENÍ PROCESU
I	Jedinec problém ignoruje či odmítá.
II	Jedinec vnímá problém jako nedůležitý nebo neřešitelný.
III	Jedinec mohl dosáhnout uspokojivého výsledku.

Tab. 2.1: Význam jednotlivých výstupů v Guilfordově operačním schématu řešení problému [20].

Guilford dále upozorňuje na důležitou vlastnost schématu, jež umožňuje se v jakémkoliv místě produkce či kognice vrátit skrze smyčku jdoucí přes paměť a evaluaci zpět do některé z předchozích fází a zahrnout do procesu zpětnou vazbu. Tato vlastnost umožňuje určitou flexibilitu v rámci celého procesu, jež chyběla ve starších modelech, ačkoliv někteří dotazovaní vynálezci shodně poukazovali na fakt, že posloupnost jednotlivých kroků uváděná starými modely není vždy ve skutečném procesu dodržována. Poslední poznámkou autora k operačnímu schématu je, že zde není nijak řešen rozdíl mezi konvergentní a divergentní produkcí. Ve skutečnosti jsou ale v každé fázi produkce zahrnuty oba druhy myšlení. Tento Guilfordův model je nejkomplexnějším modelem řešení problémů a modelem tvůrčího procesu vůbec.

V Guilfordově modelu není explicitně zmíněna fáze řešení problému, o které hovoří někteří autoři a kterou literatura označuje jako *období inkubace*, které představuje fázi nevědomého „přemýšlení“ o problému. O této fázi *mentální inkubace* se toho ví velmi málo, přesto je ovšem pro tvůrčí proces velice důležitá. Je nutné si uvědomit, že základní tvůrčí proces zahrnuje i podvědomé pokračování v činnosti. Není-li řešení problému nenadále, je potřeba považovat inkubaci za užitečnou (ne)činnost [75]. V uvedeném modelu není tato fáze zdůrazněna proto, že se Guilford otázkami vědomé či nevědomé produkce nezabývá. Každá z fází uvedených v modelu může zřejmě probíhat na vědomé či nevědomé úrovni a tyto úrovně vědomí se v tvůrčím procesu vzájemně prolínají. V procesu tvůrčího řešení problémů je nezbytně nutné s touto fází počítat a poskytnout pro ni prostor a to i přesto, že si samotný řešitel neuvědomuje, že v jeho podvědomí takový proces stále probíhá.

Poznámka k metodice řešení školních úloh

V moderním vyučování je zdůrazňována potřeba rozvoje samostatnosti a kreativity žáků a schopnosti řešit problémy. Žákům jsou předkládány umělé školní problémy – školní úlohy, které slouží k procvičování učiva aplikací nabytých znalostí na jejich řešení. V předmětech, ve kterých tvoří řešení úloh tradičně podstatnou část vyučování, jako je matematika či fyzika, je zavedena osvědčená metodika jejich řešení, která je žákům vštěpována jako určitý algoritmus řešení problémů. Volf [74] například uvádí klasické blokové schéma řešení slovní fyzikální úlohy:

1. Čtení textu;
2. zápis textu;
3. náčrt situace;
4. fyzikální analýza situace;
5. obecné řešení úlohy;
6. určení jednotky výsledku;
7. řešení dané hodnoty;
8. konstrukce grafů;
9. diskuse řešení;
10. stanovení odpovědi.

Podobnou metodiku by bylo možné jistě najít v literatuře věnované didaktice matematiky. Taková metodika utváří správné návyky systematického řešení problémů a tím vychovává žáky k tomu, aby sami lépe zvládli řešit školní úlohy i reálné problémové situace. Klíčovým bodem schématu je bod 4, ostatní kroky jsou pak více či méně rutinní, popřípadě jsou otázkou příslušných matematických operací. Autor k tomuto bodu poznamenává: *„Řešitel si uvědomuje fyzikální zákony, o něž se bude při řešení opírat, zapisuje vztahy, které bude potřebovat při řešení úlohy ... pokouší se vybrat i způsob řešení a metodu řešení. Na závěr analýzy fyzikální situace stanoví řešitel plán řešení, který bude dále realizovat.“* [74] Dál jej bohužel nijak více nerozebírá. Zatímco u základních úloh, které spočívají v jednoduché aplikaci poznatků, je tato fáze často pouhým výběrem správného vztahu, u složitějších komplexních problémových úloh se právě zde odehrává celý složitý proces popsany Guilfordem. V současné době by proto bylo vhodné provést

revizi a doplnění této metodiky řešení problémových úloh s ohledem na tvořivé řešení problémů, ke kterému by měli být žáci systematicky vychováváni. Nástin této metodiky je uveden v podkapitole 6.1.1. To ovšem současně vyžaduje nabídnout žákům materiál v podobě vhodně zadaných úloh, které jim poskytnou prostor pro uplatnění tvůrčích schopností. Návrh takových úloh je součástí této práce (kapitola 6.1 a příloha 2).

2.4 Charakteristika tvořivého jedince

Snaha charakterizovat kreativního jedince byla v minulosti předmětem řady výzkumů. Dacey [12] odkazuje na systematickou analýzu osobnostních rysů vysoce tvořivých jedinců, jejímž výsledkem je deset typických rysů kreativního jedince. Vědci nebyli schopni určit, jestli osobnostní rysy mohou být přímou příčinou kreativity, zdá se však zřejmé, že tyto rysy jsou nedílnou součástí tvůrčího procesu. Těmito deseti rysy podle Daceyho jsou:

1. tolerance vůči nejednoznačnosti

V situaci, v níž neexistuje vodítko, pomocí kterého by bylo možné směřovat svůj postup, a kdy jedinci chybí jasná pravidla a potřebná fakta, se tvořivý jedinec projevuje sklonem shledávat tuto nejednoznačnou situaci zajímavou až vzrušující.

2. stimulační svoboda

Tvořiví lidé se projevují schopností obejít pravidla určité situace, jsou-li v konfliktu s jejich tvůrčími myšlenkami. Tito lidé tato pravidla jednoduše obejdou, aby mohli uspokojit své tvůrčí potřeby. A co je důležitější, tito lidé ignorují existenci pravidel, je-li situace dvojznačná.

3. funkční svoboda

Je opakem funkční strnulosti a objevuje se v problémech praktického typu. Řešiteli funkčně strnulému dělá problém použít nástroje k jinému účelu, než k jakému byly vytvořeny. Kreativní jedinec naopak nemá problém přiřazovat nástrojům nové funkce.

4. *flexibilita*

Tvořivá osoba je otevřena novotám a změnám a je kdykoli ochotná tyto změny nejen přijímat, ale i iniciovat.

5. *ochota riskovat*

Tvořiví lidé se nebojí postupovat při řešení problémů tvořivě a novátorsky, i když tím riskují nepochopení a konflikty se svým okolím.

6. *preference zmatku*

Tvořiví lidé dávají přednost asymetrii a složitosti, rádi se ujímají úkolu uvést do věci svůj vlastní řád. Dáte-li tvořivému jedinci vybrat si ze dvou obrázků, jednoduchého symetrického a složitého nepravidelného, vybere si ten složitější a nechá svou fantazii, aby vnesla do tohoto chaosu řád.

7. *prodleva uspokojení*

Tvořivý člověk je schopen velmi dlouho urputně pracovat na svém projektu bez nároku na jakoukoli odměnu nebo uznání.

8. *oproštění od stereotypu sexuální role*

Tvořiví lidé, dle výzkumů autora, vykazují jak ženské, tak mužské složky osobnosti, bez ohledu na jejich skutečné pohlaví. Pro tuto vlastnost je používán termín **androgynie** skládající se ze dvou řeckých slov: *andro* – mužský, a *gyne* – ženský. Dacey tento jev dále vysvětluje tak, že vysoká míra tvořivosti od jedinců vyžaduje určité vlastnosti, které jsou obvykle připisovány opačnému pohlaví. Tvořivý muž potřebuje ženskou senzitivitu vůči pocitům druhých a naopak kreativní žena potřebuje mužské umění prosadit se, aby mohla prosazovat a obhajovat své myšlenky.

9. *vytrvalost*

Typickou vlastností kreativních lidí je veliká vytrvalost tváří v tvář překážkám, které jim brání v dosažení vytčeného cíle. Csikszentmihalyi [9] užívá termínu *autotelická*

osobnost (z řeckého *auto*, sám, a *telos*, cíl), jenž vyjadřuje schopnost osobnosti vést sama sebe k cíli, k čemuž vynakládají nemalé úsilí a veliké množství energie.

10.odvaha

Jde o odvahu být odmítán a být menšinou v momentě, kdy člověk přijde s originální myšlenkou. Za zdroj takové odvahy lze považovat lásku a přesvědčení o své práci.

Další typické vlastnosti kreativních lidí

Dacey [12] dále na základě analýzy děl různých autorů uvádí výčet rysů tvořivé osobnosti, které se již nevztahují přímo k samotnému tvůrčímu procesu.

Tvořiví lidé:

- jsou vnímavější vůči existenci problémů;
- mají mírně větší sklony k emočním poruchám, zároveň ovšem disponují vyšší schopností sebeovládání;
- dokážou být ve svém myšlení analytičtí i intuitivní;
- zpravidla nedosahují velmi vysokých hodnot IQ;
- jsou otevřenější vůči zkušenostem a novým informacím;
- cítí zodpovědnost za většinu z toho, co se jim stane;
- rádi si hrají;
- častěji se zabývají samostatnými činnostmi, obzvláště v dětství;
- častěji zpochybňují status quo;
- jsou více nezávislí na mínění druhých;
- méně se bojí vlastních podnětů a skrytých emocí;
- rádi sami plánují a sami se rozhodují;
- neradi pracují s druhými lidmi;
- jsou optimističtí vůči složitým komplexním úkolům;
- často trvají na svém i navzdory kritice druhých;
- nejsou nezbytně nejlepšími studenty.

Vědci se dále v různých výzkumech zabývali biologickými faktory ovlivňujícími tvořivost jedince. Zkoumali vliv pohlaví, inteligence, pravolevé orientace a dalších faktorů, které by mohly míru kreativity ovlivnit. Výsledky ovšem neoznačily žádný z těchto faktorů jako ukazatel biologických dispozic kreativity.

Vztah tvořivosti a inteligence

Při studiu vlastností tvůrčích jedinců se přímo nabízí otázka, zda míra kreativity souvisí s inteligencí. Závěry výzkumů mohou znít překvapivě – tvořivost je vlastností jedince nezávislou na jeho inteligenci. Ačkoli by bylo možné očekávat přímou úměrnost mezi hodnotou IQ a mírou tvořivosti, ve výzkumech bylo zjištěno, že v případě hodnoty IQ nad 120 neexistuje prokazatelný vztah mezi kreativitou a inteligencí. Běžné hodnoty inteligence podle těchto výzkumů postačují k vysoké úrovni kreativity, pro vysokou míru tvořivosti tedy není nezbytná mimořádná inteligence. Ta může být v některých případech dokonce na překážku [12]. Zajímavý výzkum porovnával děti s různou mírou tvořivosti a inteligence v jejich studijních, psychologických a sociálních dovednostech. Výsledky lze shrnout takto [18]:

- **vysoká tvořivost + vysoká inteligence** – ideální případ, děti mají nejlepší předpoklady uspět a prosadit se v sociálním prostředí;
- **vysoká tvořivost + nízká inteligence** – konflikty se sebou a svým okolím, děti podle výzkumů často trpí pocity méněcennosti;
- **nízká tvořivost + vysoká inteligence** – školní úspěch a ocenění je pro takové dítě na prvním místě, dítě je na úspěchu ve škole prakticky závislé a případný neúspěch je schopno vnímat jako katastrofu;
- **nízká tvořivost + nízká inteligence** – žák je ve škole spíše zmatený, často se uchyluje k obranným reakcím, jako je pasivita nebo v krajním případě k psychosomatickým poruchám.

2.5 Sociální aspekty tvořivosti

2.5.1 Vliv rodiny

Výzkum v oblasti vlivu sociálního prostředí na kreativitu jedince provedl Dacey [12]. S odkazem na svůj výzkum uvádí, že s velikou pravděpodobností tím nejvlivnějším z hlediska rozvoje tvůrčích schopností jedince je rodina. Dacey se pokusil nalézt společné znaky u rodin tvořivých lidí. Výsledky mimo jiné ukazují, že:

- rodiče tvořivých jedinců se od dětství snaží podporovat tvořivé projevy svých dětí;
- rodiče mají často netradiční zaměstnání a neobvyklé koníčky, které jejich děti navíc často sdílejí;
- rodiny žijí v odlišných typech bydlení, vyznačujících se netradičním exteriérem i interiérem;
- důležitou úlohu v rodinách kreativních lidí hraje žertování, legrace a hravost.

Tyto závěry svědčí podle mého názoru o tom, že samotná rodina a rodiče tvořivých lidí vykazují značnou míru kreativity. Nezodpovězenou otázkou v tuto chvíli zůstává, zda je tvořivost přenášena z rodiče na dítě procesem dědičnosti či dobrým příkladem a vytvořením vhodného podpůrného prostředí. Zajímavé je, že rodiny kreativních jedinců se ve stejném výzkumu zároveň shodují na zanedbatelném vlivu školy na tvořivost svých dětí [12].

2.5.2 Vliv širšího sociálního prostředí

Sociální skupina, v níž se jedinec nachází, ovlivňuje, především v období dospívání, jeho hodnotový systém a zájmy. Nejdůležitějším faktorem rozhodujícím o tom, jestli budou tvořivé schopnosti jedince vlivem jeho sociálního prostředí podporovány nebo naopak utlumovány, je, nakolik toto prostředí přijímá a oceňuje projevy jeho kreativity. Pokud se vysoce kreativní jedinec nachází ve společnosti lidí, kteří jsou schopni rozumět mu a akceptovat jeho vlastní svět, bude se cítit příjemně bez potřeby plýtvat čas a energií na svou obranu. Může si pak dovolit být tvořivý a nekonformní bez neustálé defenzí-

vy a bez obav z odmítnutí nebo výsměchu. V přijímajícím sociálním prostředí je kreativní jedinec méně úzkostný a jeho prvotním zdrojem motivace je uspokojení ze zkoumání a objevování, namísto snahy vyhýbat se úzkosti. V těchto podmínkách dosahuje jedinec pocitu *psychologického bezpečí* (Rogers in [59]). Teprve tehdy, cítí-li se jedinec psychologicky bezpečný, neobává se rozvíjet své divergentní myšlenky a stává se *psychologicky svobodným*. Psychologická svoboda je výsledkem psychologického bezpečí. Je možné generalizovat, že „*k rozvoji kreativity potřebujeme přátelštější a oceňující prostředí povzbuzující ke kreativním činnostem.*“ [59]

2.6 Rozvoj tvořivosti

Literatura se v současnosti shoduje v tom, že kreativitu je možné systematicky trénovat a rozvíjet, byť každý jedinec je, zdá se, disponovaný k dosažení různé úrovně tvořivosti. Každý jedinec je ale schopen dosáhnout úrovně kreativity dostačující k úspěšnému tvůrčímu řešení běžných problémů jak v osobním tak pracovním životě. Vrozené jsou jen určité hranice tvořivého chování člověka, které vymezují minimální a maximální rozsah. Základní předpoklad ke kreativitě má ovšem každý člověk [42]! Neexistuje ovšem jednoznačná odpověď na otázku, jak tuto schopnost efektivně rozvíjet. Ve světě je známa celá řada programů pro rozvoj tvořivosti. Tyto programy využívají podobné principy a východiska, opakují se v nich obdobné metody a cvičení. Většinou se jedná o problémové úlohy, neobvyklé vidění věcí, cvičení na rozvoj fantazie, divergentní úlohy, úlohy produkčního charakteru, heuristika apod. [23].

2.6.1 Vývoj tvořivosti

Dacey [12] v odkazu na svůj výzkum kreativních jedinců uvádí zajímavou informaci. Mnozí ze zkoumaných lidí hovořili o rozhodujícím období svého života, kdy bylo jejich myšlení v neobvyklé míře otevřeno změnám. Pokud v takovém okamžiku nastaly ty správné okolnosti, podnítilo je to k větší představivosti v uvažování a v ochotě víc riskovat v následném konání. Na základě zmíněného výzkumu Dacey stanovil šest klíčových období ve vývoji osobnosti pro rozvoj kreativity, přičemž pravděpodobnost podstatného přínosu v každém dalším období klesá:

1. prvních pět let života,
2. počáteční léta dospívání (10 – 14),
3. raná dospělost (~ 20),
4. věk od 29 do 31,
5. začínající 40,
6. od 50 do 60.

Pro potřeby této práce má klíčový význam druhé z uvedených období. Zatímco první období je téměř výhradně pod kontrolou rodičů a rodiny a další období spadají do dospělosti, období 10 – 14 let věku se překrývá s obdobím povinné školní docházky na druhém stupni základní školy. Dacey navíc své dělení upřesňuje a dodává, že skutečná kreativita začíná ve věku kolem deseti let, kdy poznávací procesy začínají účinkovat na zralejší úrovni.* Právě toto období je tedy, zdá se, zásadní a citlivé pro rozvoj tvůrčích schopností ve školní výuce. V praxi požadavky tradiční výuky na tvořivost žáka právě v tomto období bohužel spíše klesají a narůstá faktografická složka vzdělání. V tvůrčím procesu není sice množství informací na překážku, ale současně platí, slovy Votruby, že *„chceme-li naučit příliš mnoho, trpí samostatné přemýšlení a jeho převádění do skutků. Škola se stává paradoxně překážkou rozvoje tvůrčích schopností a dovedností žáka. Návyk učit se a nepřemýšlet a nehledat nové se později obtížně odstraňuje.“* [75]

Důležitým poselstvím této krátké podkapitoly je, že tvořivost lze efektivně rozvíjet a že období povinné školní docházky je k tomu velmi vhodné, ba dokonce klíčové. Už jen z tohoto důvodu by mělo být morální povinností učitelů na základních školách se o to pokusit a nepotlačovat naopak tvořivost svých žáků.

* Ačkoliv zároveň Dacey připouští, že kolem puberty může nastat v oblasti rozvoje kreativity jakési „mrtvé období“.

2.7 Diagnostika tvořivosti

K měření kreativity je dnes využíváno několik přístupů a každý z nich má své příznivce, ale i své kritiky. Obecně je diagnostika kreativity poměrně obtížná. Existuje celá řada nástrojů sloužících k diagnostikování míry kreativity. Podle svého zaměření mohou být rozděleny na [52]:

1. měření úrovně divergentního myšlení;
2. autobiografické dotazníky;
3. posuzování výsledků tvůrčího procesu;
4. aplikace kritérií tvořivosti a jejího měření na bázi reálných životních situací.

Torrance (in [59]) uvádí příklad testů či testových položek na měření divergentního myšlení:

- Testovaný je požádán, aby uvedl všechna možná použití běžného předmětu, jakým je například cihla. Výkon testované osoby je přitom skórován s ohledem na množství různých použití a kategorií možných užití.
- Testovaná osoba je hodnocena podle množství asociací vytvořených k danému slovu.
- Testovaný jedinec je požádán, aby na základě předložených informací formuloval co nejvíce otázek, úloh či hádanek. Testovaný může také vymýšlet co nejvíce otázek k předloženému obrázku.
- Test „neobvyklých užití“ požaduje od testované osoby navrhnout co nejvíce netradičních využití běžných předmětů (hračka, plechovka, kniha,...).

Uvedený seznam pochází z roku 1962. Torranceho test kreativity, který navazuje na zmíněné testy divergentního myšlení, dodnes aktualizovaný, patří mezi nejkomplexnější a nejobjektivnější testy kreativního myšlení. Torranceho test se opírá o měření skóre v jednotlivých komponentách tvořivosti (fluence, flexibilita, senzitivita, originalita, redefinice, elaborace). Dále je rozdělen na část verbální, v němž testovaná osoba pracuje s textem a část figurální, v níž pracuje s obrázky. Blíže k Torranceho testu kreativního myšlení pojedná například Hlavsa a Jurčová [24].

Diagnostika tvořivosti se ovšem v praxi setkává s řadou obtíží, které je nutné překonávat i ve vyučování. Základní otázkou je, zda vůbec může být tvořivý proces testem vyvolán, zejména nejsou-li zajištěny nezbytné podmínky [42]. Protože k řešení problémů a k projevům tvořivosti je nezbytná silná motivace, je na místě též pochybnost, mohou-li testy potřebnou motivaci zajistit. Dále je otázkou, nakolik je řešení testovaných úkolů ovlivněno určeným časovým limitem, tvůrčí proces totiž nelze většinou jednoznačně časově vymezit [42]. Jurčová [30] navíc upozorňuje, že některé testy měří pouze některou ze složek kreativity, viz například testy zaměřené na měření divergentního myšlení.

Protože se tato práce zabývá rozvojem kreativity ve školní výuce, je otázkou, jaké nástroje k diagnostikování žákovy tvořivosti má k dispozici učitel (lze se domnívat, že učitel nebude v běžné výuce využívat standardní psychologické testy kreativity). Maňák [42] v tomto případě předpokládá využití všech dostupných diagnostických metod, se kterými učitel běžně ve výuce pracuje – pozorování, беседа, rozbor dokumentů a výsledků žákovy činnosti, školní hodnocení, rozhovor s rodiči, hospitace atd.

Ke konkrétním otázkám diagnostiky a hodnocení tvořivého výkonu ve výuce se vrátím dále v kapitole 6.1.1. Správná diagnostika a hodnocení jsou důležité prvky vzhledem k rozvoji motivace tvůrčího jedince. Nevhodné hodnocení se ovšem naopak může stát významnou překážkou tvůrčího výkonu.

2.8 Bariéry tvořivosti

Velice důležitou kapitolou v otázkách kreativity a jejího rozvoje je problematika bariér, které musí tvořivý jedinec (a učitel v tvořivém vyučování) překonávat. Odstranění bariér tvořivosti souvisí velice blízce s vytvářením vhodných podmínek pro tvůrčí práci. Abychom mohli úspěšně využívat metod rozvoje tvořivých schopností, musíme nejprve odstranit překážky tvořivé práce. Proto je znalost těchto bariér stejně důležitá, jako znalost metod rozvoje tvořivosti. Honzíková [23] uvádí následující překážky tvořivosti (některé z nich jsou vztažené přímo ke školní výuce):

- překážky v oblasti informací – nedostatek potřebných informací;
- překážky v oblasti mimorozumových složek – emotivní reakce, např. strach udělat chybu, selhat, riskovat, neschopnost relaxovat atd.;
- překážky v oblasti zaměření činnosti – překážkou při vyhledávání nových řešení a realizaci originálních nápadů je v tomto případě konformita a některé společensky přijaté názory, jako například, že řešení problému je vážná věc, ve které není místo pro humor a hravost, že fantazie je ztrátou času atd.;
- překážky v oblasti časového průběhu – 45 minut vyučovací hodiny bez možnosti pokračování je příliš málo;
- překážky v oblasti osobnosti řešitele – nízká odolnost vůči zátěži, neurotické reakce – řešením je dostatečná motivace řešitele;
- překážky v oblasti zpětné vazby – neschopnost hájit své názory a zároveň i přijímat kritiku. Autorka v tomto případě upozorňuje na potřebu vnímat názory ostatních, nikoliv kritizovat a v případě neúspěchu hledat příčinu selhání;
- oblast heuristických postupů – stereotypní činnosti během vyučování, které učitel nemění pro jejich osvědčenost – důležité vést děti k využívání analogií a schopnosti pozorovat, srovnávat, zařazovat pokusnické činnosti;
- oblast neurofyzilogických faktorů – pomalé reakce a nevyrovnanost při práci – tyto vlastnosti lze a je nutné trénovat.

V prostředí školní výuky definuje Maňák [43] typické školské překážky tvořivosti:

- orientace na úspěch;
- konformita se skupinou;
- zákaz otázek;
- zdůraznění role pohlaví – zbytečně se rozlišují činnosti mužské od ženských;
- rozlišování práce a hry;
- preference konvergentních úloh;
- autoritářství;
- nízká tolerance vůči selhání;
- práce pod tlakem;

- nedostatek sebekázně;
- preferování usedlého učení;
- zanedbávání motivace.

„Samostatná a tvořivá práce vyžaduje pohodu, důvěru, odstranění napětí a také dostatek času pro přemýšlení a prožívání.“ [43]

Uvedený výčet překážek tvůrčího procesu obou autorů je velmi závažný. Je nutné mít na paměti, že žádný sebeefektivnější nástroj k rozvoji kreativity nebude k ničemu, pokud učitel nezajistí v rámci možností co nejlepší podmínky, tj. neodstraní bariéry, které brání vzniku tvůrčího procesu. Pohled na tento výčet vede k pesimistické úvaze, že v prostředí tradičního školního vyučování je téměř nemožné kreativity u žáků dosáhnout. Otázka odstraňování bariér je tedy snad dokonce ještě závažnější, než volba nástrojů a úloh na rozvoj kreativity.

Poznámka k motivaci

S problematikou diagnostiky, hodnocení a překonávání bariér tvořivosti blízce souvisí otázka motivace, která obecně hraje ve vývojových procesech tvořivosti jedince významnou roli, přičemž její nejdůležitější funkcí je především řízení pozornosti [40]. Významný vztah existuje především mezi vysokou úrovní *vnitřní motivace* činnosti a tvořivostí, vnější motivace může naopak působit negativně, zejména když neodpovídá požadované úrovni tvořivého výkonu [40]. Očekávání velké odměny může odvracet pozornost od řešení úlohy – strach riskovat ztrátu odměny hledáním nejistého řešení. Prostor, ve kterém žáci nemají strach z hodnocení jejich výkonu, bude podporovat rozvoj tvořivosti v jejich činnosti. Problematikou motivace v prostředí školní výuky se budu detailněji zabývat v kapitole 3.1.1.

2.9 Metodické aspekty tvůrčího řešení problémů, heuristika

Metodologii tvůrčího řešení problémů lze rozdělit do dvou vzájemně komplementárních kategorií – první z nich obsahuje metody samotného tvůrčího řešení problému, druhá souvisí s rozvojem těch schopností, které vznik úspěšného tvůrčího řešení pod-

miňují. Záměrně zde začnu první skupinou, tedy heuristickými metodami tvůrčího řešení problémů.

Termín *heuristika* je definovaný jako *metodologie tvořivého řešení problémů* [23]. Název je odvozen od starořeckého výrazu „heureka“ – objevil jsem. Různé heuristické metody nevznikaly v průběhu let pouze jako kreativní hry, jejich účel je velmi prozaický a čistě praktický. Jde o snahu nalézt co nejlepší řešení technického problémů, co nejlepší reklamní upoutávku, co nejlepší design výrobku. Heuristické metody vznikly jako nástroj ke zvýšení efektivity řešení problémů v technických a vědeckých oborech, ale i v reklamním průmyslu (např. brainstorming). Teprve později byly některé heuristické metody převzaty pedagogy jako účinné nástroje rozvoje kreativity žáků (jde o rozvoj heuristické složky kreativity a tím posilování i dalších složek – viz kapitola 2.3), a tím rozvoje pracovních kompetencí, použiju-li rétoriku současných kurikulárních dokumentů.

V následující části uvádím příklady některých konkrétních metod kreativního řešení problémů.

2.9.1 Některé heuristické metody

Mnohé z představovaných metod jsou přejaty přímo z technických oborů, kde slouží jako prostředky řešení reálných konstruktérských a designérských problémů. Většina z nastíněných metod jsou metody kolektivní, tedy probíhající v řešitelských týmech tak, jak je to dnes ve vědecko-technických oborech běžné.

Strategie podnětných otázek (tzv. sokratovské otázky): pomocí souboru otázek je podněcována mnohostranná myšlenková aktivita řešitelů. Cílem je omezit živelnost, jednostrannost a stereotyp ve prospěch tvořivosti a soustavnosti [75].

Synektika: Vychází z předpokladu, že tvořivá činnost je nejen racionální, ale i emocionální [40]. Účastníci skupiny volně diskutují, jakoby „seděli u kávy.“ Vládne pohoda, všichni se vyjadřují k různým okolnostem a hlediskům řešeného problému, aniž by chvátali s jeho vyřešením. Originalita myšlení se projevuje mj. v hledání analogií a v metaforickém vyjadřování.

Brainstorming: Někdy bývá tato metoda označována jako burza nápadů. Tato metoda vznikla v USA v době před 2. světovou válkou v oblasti reklamy, kde šlo o vymýšlení reklamních sloganů – o volnou asociaci nápadů. Záměrem této metody je především oddělit samotné vymýšlení nápadů od jejich kritického posuzování a následného zpracování. [67]. Šťáva [67] popisuje jednotlivé etapy metody:

V první etapě jde o hravé vymýšlení jakýchkoliv nápadů souvisejících s řešením úkolu nebo problému. Provádí se v menších skupinkách. Prvořadým cílem je vyprodukování co největšího množství originálních a nosných nápadů.

Druhá etapa (detailní zpracování nápadů) se pak vyznačuje potřebou logického uvažování při třídění navržených nápadů. Tato etapa je relativně náročná na čas, trpělivost a energii, ale především také na motivaci a samotnou tvořivost.

Pravidla pro průběh brainstormingu [67]:

- Brainstorming děláme pro vzájemnou inspiraci, popust'me uzdu fantazii.
- Čím více nápadů, tím lépe, zvětšuje se tak pravděpodobnost nalezení optimálního řešení.
- Zapisujme každý nápad, i když sebenaivnější, protože může inspirovat ostatní. Různost pohledů je cílem.
- Každý nápad napíšeme na zvláštní lístek, čitelně a hůlkovým písmem, protože s nimi budeme dále pracovat.
- Brainstorming není debata, ale chrlení nápadů.
- Humor je vítán, agrese ne.

Závěrem dodává Šťáva několik metodických poznámek pro organizaci brainstormingu: Chceme-li použít metodu brainstormingu, potom sestavíme skupinu, která brainstorming provede, přičemž se za optimální počet považuje 3 – 12 lidí. Nemusí to být nutně ti, kteří potom provedou konečné zpracování jednotlivých nápadů. Dále je třeba

zvolit nebo jmenovat vedoucího, jehož úkolem je střežit dodržování pravidel a dále zodpovídat za produktivitu skupiny. Současně je třeba všem členům skupiny oznámit, kolik času mají na řešení problému, což podle autora zvyšuje vnitřní nasazení účastníků.

Velikým kritikem metody brainstormingu je Edward de Bono, který tuto metodu přirovnává k „poskakování opic po klavíru v naději, že složí symfonii“ [15]. De Bono kritizuje živelnost a nesystematičnost této metody. Zdůrazňuje, že, skupinové metody nemusí být vždy pro podporu tvůrčího výkonu nejvhodnější a že skupina může působit na výkon jednotlivce naopak rušivě. Domnívá se, že při řešení některých problémů bude jedinec úspěšnější, bude-li pracovat sám. Nemusí například namáhavě prosazovat své názory ve velké skupině.

HOBO metoda: forma brainstormingu doplněná o čas na samostudium jednotlivých účastníků [23]. Přednáška zajistí základní informace, následujícím individuálním studiem se zpracují dílčí problémy a výsledky se písemně zaznamenávají. Dalším krokem je diskuse o problému systémem oponentury a následuje diskuse v plénu [66].

Delfská metoda: K problému se sestaví dotazník, který je rozeslán několika odborníkům. Každý z nich, nezávisle na ostatních, dotazník vyplní a vrátí zadavateli, který odpovídky zhodnotí a takto zpracovaný materiál vrátí respondentům pro druhé kolo ankety. Podle této zpětné vazby mohou, ale nemusí, experti svá stanoviska přehodnotit. Výhodou metody je, že se vylučuje vzájemné ovlivňování, kterému se někdy nevyhnou skupinové diskuse [75].

Metoda Phillips 66 – šest osob tvoří skupinu, která šest minut diskutuje o daném problému. Ze shromážděných účastníků je vytvořeno několik skupin, každá z nich má svého vedoucího. Všichni vedoucí se po 6 minutách shromáždí, každý přispívá svým dílem a diskutují o tom, jak by bylo možné problém řešit [66].

Metoda 635 – účastníci jsou rozděleni do šesti skupin nebo šest osob vytvoří skupinu. Každý z řešitelů zapíše do formuláře tři své návrhy a předá je dalšímu. Postupuje se ve směru hodinových ručiček tak, aby formulář obešel postupně všechny zúčastněné. Celá akce se nejméně pětkrát opakuje [66].

Kromě popsaných metod uvádí literatura další, které jsou ovšem často pouze kombinacemi a drobnými modifikacemi zmíněných metod.

2.9.2 Zásady tvůrčího řešení

Osvojení metod je pro úspěch tvůrčího procesu velmi důležité. Samotná znalost metodologie ovšem nezaručí úspěch při řešení konkrétního problému. Výše popsané metody zvyšují efektivitu tvůrčího procesu, dávají tvůrčímu procesu strukturu, podněcují tvořivost a poskytují prostor pro tvůrčí práci a vzájemnou spolupráci jednotlivců. Pomineme-li v tuto chvíli další vlivy na tvůrčí proces a překonávání bariér tvořivosti, o nichž jsme již pojednávali, pro nalezení nového řešení je ovšem dále nutné osvojit si určité zásady tvůrčího řešení.

Bakalář a Erazím [3] ve svém díle uvádějí několik zásad tvůrčí práce při řešení problémů. Součástí výchovy ke kreativnímu řešení problémů by mělo být, kromě poznání metody, osvojování těchto zásad. Autoři tyto zásady formulovali následovně:

- První nejlepší nápad bývá často poslední dobrý.
- Odbourejte předsudky, rozvíjejte svou fantazii.
- Řešit problémy je těžké, těžší je problémy vidět. Pietrasinski [57] k tomuto dodává: *„Hlavní tajemství úspěchu je mnohdy ani ne tak v umění řešit problémy, jako spíše v umění objevovat je.“*
- Buďte k sobě nároční. Sebeuspokojení nechte druhým.
- Nemějte strach z vlastních nápadů.
- Nezdržujte se s dobrými nápady. Jsou ještě lepší.

2.9.3 Tvůrčí zkušenost

S rostoucím množstvím vyřešených úloh vzrůstá suma nabytých zkušeností řešitele. Ovšem zatímco v jiných oblastech lidské činnosti je množství zkušeností výhodné, v případě tvůrčí činnosti tomu tak být nemusí. Minulá zkušenost může řešení problémů i ztěžovat, a to tehdy, je-li jednostranná a vytvoří-li se návyk řešit úlohy určitým způsobem, který se pro nové podmínky nehodí (např. [55][76]). Petrová [55] definuje tvůrčí zkušenost jako osvědčené a vyhovující postupy činností, které odpovídají vlastnostem

tvůrce i druhům řešených problémů a upozorňuje, že se tato zkušenost může stát brzdou silou tvořivosti. Hovoří o tzv. *funkční fixaci*, kterou popisuje jako zvláštní druh návyku, který nám často ztěžuje vyřešení určitého problému. Nejsilnější je funkční fixace tehdy, tvrdí Pietrasinski [57], když máme objevit novou funkci předmětu bezprostředně poté, co jsme ho použili v původní funkci. Petrová [55] tento závěr objasňuje tak, že předměty, které nás obklopují, mají obvykle speciální poslání a my je v tomto smyslu používáme. Často nás vůbec nenapadne, že je můžeme použít jiným způsobem, odlišným od jejich obvyklého použití.

V návaznosti na problematiku funkční fixace upozorňuje Petrová [55] na nutnost existence určitého *provokativního podnětu*, jehož účelem je vytrhnout myšlení ze starých zaběhlých cest, které jsou brzdou tvůrčích postupů – Petrová to vyjadřuje lapidárně: „Potřebujeme ránu, která nás vyrazí z našich navykklých vzorců myšlení.“

O problematice funkční fixace již bylo nepřímo pojednáváno v kapitole 2.2.2 věnované konceptu laterálního myšlení Edworda de Bona. Připomínám, že podstata laterálního myšlení spočívá ve změně vzorce, kterým je naše mysl aktuálně spoutána a přechod ke vzorci kvalitativně novému. V soudobé zahraniční literatuře se lze rovněž setkat s termínem „Out of Box Thinking“, který dobře vyjadřuje podstatu této změny mentálního vzorce – myšlenkové „krabice“, v níž jsme často uvězněni.

Zbývající část práce je věnována pedagogickému pojetí kreativity, tedy rozvoji kreativity žáků ve vyučování s pozdější aplikací na vyučování fyziky. Kapitulu věnovanou psychologickému základu tvořivosti je možné ukončit úvahou nad postavením učitele ve výuce směřující k rozvíjení tvořivosti žáků. Tato úvaha vede předem k důležité premise tvořivého vyučování, kterému bude věnován zbytek práce: *Úkolem učitele je vytvářet podmínky pro kreativitu, poskytnout vhodný materiál pro uplatnění kreativity a vhodnou metodu tvůrčího řešení*. Při splnění těchto podmínek by mělo dojít k uplatnění přirozené potřeby žáka v tomto vývojovém období, kterou je seberealizace prostřednictvím kreativní činnosti.

3 Rozvoj tvořivosti ve školním vyučování

„Škole, která je hlavním článkem ve vytváření systému vědomostí a formování intelektuálních aj. dovedností, patří mezi výchovnými činiteli v rozvoji tvořivosti nejvýznamnější místo.“ (J. Semrád [60])

Období školní docházky je z pohledu rozvoje tvořivosti člověka jedním z klíčových období. Tento fakt uvedený v předchozí kapitole, je výchozí motivací pro celou kapitolu následující a vlastně pro celou tuto práci.

Pojetí kreativity se v pedagogice poněkud liší od obecného pojetí kreativity, byť podstata tvůrčího procesu je pochopitelně tatáž. Tvořivost ve vyučování se liší především svým rozsahem a významem vzniklého produktu z pohledu širší společnosti. Jako kritérium novosti se ve vzdělávání považuje subjektivní novost, která nemusí být novostí z hlediska společnosti [41]. Význam kreativity ve výuce spočívá především v rozvoji osobnosti jedince a z tohoto pohledu je také posuzována. Hledíme na ni nejčastěji jako na přirozenou vlastnost člověka, nástroj jeho seberealizace a schopnost, kterou je nutno rozvíjet, připravovat pro ni vhodné podmínky a odstraňovat překážky jejího rozvoje [52]. Produkt pedagogické tvořivosti není cílem, nýbrž prostředek k posouzení vývoje tvůrčích schopností jedince.

3.1 Pedagogický konstruktivismus

V úvodu k této práci jsem uvažoval o změně paradigmatu spočívajícím v pohledu na žáka a cíl vzdělávání. Dva, do určité míry antagonistické přístupy ke vzdělávání, je možné charakterizovat pojmy transmisivní respektive konstruktivistické vyučování.

Transmisivní vyučování

Pojem lze do určité míry ztotožnit s pojmem tradiční výuka. Transmisivní výuka je charakteristická přímým osvojováním nových znalostí, při kterém jsou žáci pasivními příjemci hotových poznatků. Hlavní výukovou metodou je zde výklad zpravidla v kombinaci s metodou názorně demonstrační [53].

Transmisivní přístup k výuce nelze zcela zavrhnout, neboť stále tvoří základ vyučovacího procesu. Pecina [53] uvádí situace, ve kterých je transmisivní přístup k výuce přímo doporučován:

- Zprostředkování těžce pochopitelné látky, která vyžaduje širší znalosti i z dalších oblastí a odborných předmětů.
- Zprostředkování abstraktního nebo složitého učiva.
- V jazykové výuce k zprostředkování pouček a pravidel.

Konstruktivistické vyučování

Počátek pedagogického konstruktivismu je spojen se jmény dvou významných osobností, kterými jsou Jean Piaget a Gaston Bachelard. Jean Piaget vyjadřuje východisko konstruktivismu (Piaget in [4]): *„Padesát let experimentování nás naučilo, že neexistuje žádné poznání, které by bylo výsledkem pouhého zaznamenávání pozorovaného a jež by nebylo strukturováno aktivitou subjektu. Avšak (u člověka) neexistují ani žádné apriorní či vrozené struktury poznání – dědičnou je jediné sama činnost inteligence a z té se struktury rodí výlučně organizováním postupných aktivit vykonávaných s předměty. Plyne z toho, že epistemologie respektující psychogenetické danosti nemůže být ani empiristická, ani preformistická*; může být chápána pouze jako konstruktivismus, v němž jsou nové operace a struktury průběžně vytvářeny.“*

Konstruktivismus zdůrazňuje proces *konstruování poznatku* učícím se žákem. Ten sám buduje nové poznatky během aktivní činnosti, při níž pracuje s předloženými informacemi i svými dosavadními znalostmi a zkušenostmi [53]. Konstruktivistické pojetí výuky pracuje s „prekoncepty“ dítěte. Snahou je vyvolat vědomí problému a pocitu napětí mezi dosavadní představou a novou informací. V první fázi konstrukce poznání je žákovi předložen nový předmět či myšlenka, což vede k nerovnováze – žák zjišťuje, že tato nová

* Empirismus klade důraz na zkušenosti přicházející z vnějšího prostředí, preformismus na vnitřní činitele – na vrozené předpoklady a struktury [4].

informace není v souladu s jeho dosavadní zkušeností. V následující fázi má dojít k nastolení nové rovnováhy změnou dosavadního pojetí. Hlavní metodou konstruktivistické strategie vyučování je problémové vyučování, o němž je stručně pojednáváno v kapitole 4.1.

Je ale potřeba poctivě přiznat, že nám v současné době stále chybí dostatečné množství empirických výzkumů hodnotících přednosti konstruktivistického přístupu – veškeré závěry prozatím vychází pouze z teorie. Základní otázkou je, zda nahrazením tradiční výuky konstruktivistickou výukou nedojde ke zhoršení studijních výsledků. Řada srovnávacích studií provedených v USA naznačuje, že tradiční výuka je vhodnější k dosažení vyšší úrovně studijních výsledků, zatímco učební strategie odpovídající konstruktivistické výuce jsou vhodnější k rozvoji kreativity, samostatnosti, zvědavosti a pozitivního vztahu ke škole a učení [58]. Ukazuje se též, že psychický proces přeměny prekonceptů na kvalitativně vyšší úroveň je mnohem složitější a že žákovy staré koncepce učiva jsou ve skutečnosti mnohem odolnější proti změně, než jak teorie původně předpokládala. Veliká trvalost žakových konceptů někdy paradoxně vede k existenci více konceptů jednoho pojmu, kdy jeden odpovídá světu mimo školu a druhý požadavkům školní výuky [4]. Skutečná změna konceptů navíc vyžaduje velikou míru angažovanosti a motivovanosti žáků, které není možné dosáhnout vždy a na dostatečně dlouhou dobu.

Domnívám se proto, že ani v budoucnu nebude možné tradiční vyučovací postupy zcela opustit. Jsem ale přesvědčen, že strategie konstruktivistické výuky mají své opodstatněné místo v moderní výuce a to právě pro svůj potenciál pro rozvoj samostatnosti a tvořivosti žáků, schopnosti samostatně zpracovávat informace a trvanlivostí takto získaných poznatků, které jsou výsledkem žakova samostatného poznání. Dobrých výsledků je podle mého názoru možné dosáhnout jedině kombinací obou zmíněných přístupů.

3.2 Pedagogicko-didaktické aspekty rozvoje kreativity ve vyučování

Obecné pedagogicko-didaktické aspekty řadím pro potřeby své práce do následujících vzájemně interagujících oblastí vyučovacího procesu:

- **Motivace žáků** – dostatečná míra motivace je nutným předpokladem ke vzniku tvůrčího procesu. Klíčová je především míra vnitřní motivace.
- **Obsah vyučování** – v užším významu ve smyslu učiva, jehož skladbu ovšem do značné míry definují kurikulární dokumenty, a především aplikační a opakovací úlohy, během nichž je s učivem manipulováno.
- **Metodika** – zásadní je především úroveň aktivizace žáka. Tomu by měl odpovídat výběr vhodných výukových metod. Některé metody vhodné pro zařazení do „tvůrčího“ vyučování jsou představeny v samostatné kapitole (kapitola 4).
- **Diagnostika a hodnocení** – diagnostika a hodnocení úrovně znalostí sleduje zcela jiné cíle než v případě hodnocení tvořivosti. Obě úrovně hodnocení musí být v reálném vyučovacím procesu zastoupeny, musí být ovšem vzájemně oddělené.
- **Osobnost a učitele a jeho funkce** – pozice učitele ve vyučování se mění, jeho význam se ovšem nesnižuje. Jeho funkce spočívá především v zajišťování vhodných podmínek a materiálu a pomoci žákům.
- **Prostředí vyučování** – ve smyslu materiálního prostředí, ale především ve smyslu atmosféry vyučování, která musí zajistit dostatečný pocit bezpečí a pohody.
- **Osobnost žáka** – nejhůře ovlivnitelná složka komplexního vyučovacího procesu, pokud je vůbec v moci učitele nějakým způsobem individualitu žáka ovlivňovat. Musí jí ovšem respektovat a totéž vyžadovat i od ostatních.

V následující části se některým ze zmíněných oblastí budu věnovat podrobněji. Další aspekty tvůrčího vyučování budou řešeny v následujících kapitolách. Metodice vyučování je věnována samostatná kapitola, která obsahuje stručný přehled alternativních vyučovacích metod, jež přispívají k rozvoji kreativity žáků. Otázka vhodného vyučovacího obsahu je řešena v rámci vybraného předmětu – fyziky – dále.

3.2.1 Motivace žáka k učení

V kapitole 2.8 jsem se stručně zmínil o vztahu motivace a tvořivosti. Ve skutečnosti není možné bez silné motivace tvořivosti vůbec dosáhnout. O otázce motivace a možnosti jejího rozvoje ve výuce je tedy nezbytné pojednat poněkud podrobněji. Motivace k tvůrčí činnosti musí vycházet ze samotného jedince. V prostředí tradiční výuky ovšem jednoznačně převládá motivace vnější vyjádřená nejčastěji využitím různých odměn a trestů. V tvořivé výuce je nutné rozvíjet a posilovat vnitřní motivaci žáků. Rozvoje vnitřní motivace žáka lze dosáhnout aktualizací přirozených potřeb žáka. Psychologické potřeby, které mají vztah k motivaci žáka ke školní práci, jsou [10]:

- **Potřeba poznávací** – žák musí chápat smysluplnost předmětu, činnosti při výuce jsou problémového charakteru, žák cítí potřebu vyhledávat chybějící informace k vyřešení rozporu a uspokojení své potřeby.
- **Potřeba pozitivních vztahů** – v kolektivu vládne pozitivní atmosféra, žákova aktivita při vyučování je kolektivem pozitivně hodnocena, nečinný žák naopak není oceňován učitelem ani spolužáky. Takového stavu lze dosáhnout v celkové příjemné uvolněné nestresující atmosféře při smysluplné činnosti.
- **Výkonová potřeba** – žák vykonává i relativně obtížnou činnost, pokud má naději být odměněn vlastním úspěchem a oceněním učitele a spolužáků. Kromě pozitivních vztahů v kolektivu je nutné dbát na přiměřenou obtížnost předkládaných úkolů.
- Kreativní činnost je sama o sobě přirozenou potřebou jedince a možnost uplatnit svou tvořivost při vyučování je tedy sama o sobě silně motivující [36][59]!

Aktualizací potřeb žáka, příležitostí k tvůrčí činnosti a smysluplností předkládaného učiva, se zvyšuje zájem žáka o předmět a tím i důležitá vnitřní motivace k další tvůrčí činnosti! Takovýto způsob motivace, byť pro učitele zcela jednoznačně mnohem náročnější, se musí stát dominantním způsobem motivace ve výuce, která má žáky směřovat k samostatnému tvůrčímu výkonu.

3.2.2 Problematika diagnostiky a hodnocení v tvořivé výuce

V prostředí školní výuky neočekáváme použití speciálních diagnostických metod, jaké byly stručně zmíněny v kapitole 2.7. Pro tyto metody zde chybí prostor a nakonec i prostředky (dostatečně kvalifikovaní odborníci v oblasti psychologie kreativity, profesionální testy). Pokud navíc nejde o předmět zaměřený a priori na rozvoj kreativity, je jeho cílem stále výuka konkrétní oblasti učiva – cílem diagnostiky a hodnocení jsou tedy také nabyté znalosti. Protože ale současně v tvořivé výuce vyžadujeme od žáka tvořivý přístup, musí být žák za svůj kreativní výkon také ohodnocen. Žák musí především dostat jasný signál, kdy se nachází v situaci, ve které je od něho kreativita vyžadována a je mu poskytnut prostor pro tvůrčí činnost, a kdy mají být hodnoceny jeho faktografické znalosti. Tvůrčí výkon je poté v praxi hodnocen na základě posouzení tvůrčího produktu.

S hodnocením ve výuce se pojí další důležitý problém současného vzdělávání, jímž je nízká tolerance vůči žákovu selhání. Výsledek písemné práce může mít pro žáka relativně zásadní dopady. Je zde hrozba případného trestu ze strany rodičů, špatné vysvědčení, otázka přijetí na školu. S touto subjektivně pocíťovanou hrozbou souvisí malá ochota riskovat a hledat alternativní řešení [23][75]. V takové stresující atmosféře není možné od žáka vyžadovat tvůrčí přístup, vlastně není ani dost dobře možné tvůrčí proces vyvolat [42]. Protože ve výuce bude vždy existovat potřeba diagnostikovat faktografickou složku učiva a objektivně ji hodnotit, nelze se zmíněnému problému ani v budoucnu zcela vyhnout.*

Alternativní způsoby hodnocení v tvořivé výuce

Nejběžnějším způsobem hodnocení v současné škole je tradiční pětistupňová klasifikace. Její výhodou je srozumitelnost pro žáka i rodiče a časová úspora pro učitele. Problematickou je vypovídací schopnost. Tu naopak plní dobře hodnocení slovní, které je považováno za protiklad tradiční klasifikaci. Funkční slovní hodnocení je ovšem velice

* Výzkumy potvrzují podstatné zlepšení výsledků anxiózních (úzkostných) žáků v testech při zařazení **humoru** [31]. Věřím, že není nezbytně nutné striktně oddělovat vážnou práci od humoru a zábavy a že určitá (nikoliv rušivá a rozptylující) míra humoru může příjemně uvolnit škodlivé napětí i u takových činností, jako je zkoušení či psaní písemné práce.

náročné pro učitele. V praxi je pak užívána kombinace klasifikace a slovního hodnocení, které probíhá během kontaktu učitel – žák či učitel – rodič.

Jinou alternativou může být například **hodnocení bodové**, které je na některých školách s úspěchem využíváno. Bodové hodnocení nachází uplatnění zatím na některých středních a především vysokých školách [39]. Žáci při takovém způsobu hodnocení nejsou hodnoceni klasifikačními stupni, ale určitým počtem bodů podle předem stanoveného klíče. Na závěr klasifikačního období je poté podle dosaženého počtu bodů žákovi udělen klasifikační stupeň za dané pololetí či semestr. Zajímavou alternativou je kombinace klasifikace s bodovým hodnocením. „*Bodové hodnocení je oproti pětistupňové klasifikaci přehlednější a jasnější. V případě, že je bodové skóre propojeno s klasickou známkou, je hodnocení průhlednější a jasnější i pro rodiče.*“ [39]*

3.2.3 Role učitele v procesu rozvoje kreativity

Škola plní svou funkci především prostřednictvím učitele. Ten stanovuje cíle vyučování, plánuje cestu k jejich dosažení, řídí průběh výuky, motivuje a hodnotí žáky. Určuje, co se bude při výuce dít a jaká bude činnost žáků. Je zřejmé, že v procesu tvořivé výuky je jeho pozice nejen nezastupitelná, ale přímo klíčová. Požadavky kladené na učitele v tvořivé třídě jsou ovšem krajně náročné. Již nestačí tradiční nároky na učitelovu profesní výbavu, nové pojetí výuky staví před učitele nové úkoly. Tvořiví studenti požadují od učitelů více než studenti průměrní. Základní požadavky na učitele stanovil Smékal [63]:

* V rámci mé práce učitele fyziky na základní škole se mi osvědčil bodový systém hodnocení. Tento způsob hodnocení se ukázal jako méně stresující a lépe motivující, a tím lépe vyhovující tvůrčímu pojetí výuky. Žáci jsou hodnoceni pomocí bodů po určité předem stanovené období (vymezeného například určitým probíraným tematickým celkem). Na závěr tohoto období jsou žáci ohodnoceni klasickým klasifikačním stupněm. Uvedený způsob hodnocení je i samotnými žáky hodnocen velmi kladně. Kvitovanou vlastností tohoto hodnocení je především menší stresování z hodnocení. Nepovedená písemná práce totiž nemusí v tomto případě znamenat neštěstí a trest, ale případnou bodovou ztrátu je možné v dalších hodinách dohnat. Zkušenosti s bodovým systémem ve výuce popisují v kapitole 8.1.

- Učitel by měl být systematick.
- Měl by být s to formulovat svá sdělení přehledným, jasným stylem.
- Závažná je osobnostní zralost a odolnost vůči zátěži, resp. vysoká frustrační tolerance.
- Neurotický učitel dokáže velmi rychle „zneurotizovat“ mnoho dětí ve své třídě.

V tvořivé výuce množství požadavků vzrůstá. Učitel by měl znát problematiku tvorivosti, její psychologické základy a činitele podněcující její rozvoj. Petrová [55] tvrdí, že pro uplatnění tvořivého přístupu a vzniku tvořivé atmosféry ve vyučovací hodině je důležité, aby učitelé sami měli vlastnosti, které jsou příznačné pro tvořivé osobnosti, tedy aby sami byli tvořivými. Základní předpoklad lze generalizovat tak, že tvořiví učitelé mají i tvořivé žáky!

Znaky tvořivého učitele

O vyjádření znaků tvořivého učitele se v naší literatuře pokusily mimo jiné Petrová [55] a Honzíková [23]. Tvořivý učitel:

- nepracuje tradičními autoritativními metodami, ale hledá a objevuje kreativní postupy a techniky;
- podněcuje učební iniciativu žáků;
- zajišťuje žákům příležitost k tvořivé práci;
- nežádá jednoznačné správné řešení problémů, naopak je podněcuje k vytváření alternativních řešení;
- podporuje žáky při překonávání frustrace a neúspěchu, nepotlačuje u žáků samostatnost a humor;
- vystupuje komunikativněji, dominantněji, projevuje větší intelektovou kapacitu a preference;
- má větší toleranci, větší škálu hodnocení, více se směje a mračí;
- klade častěji různorodé otázky, svůj výklad bohatě ilustruje a více s žáky jedná;

- projevuje se v činnosti dynamičtěji;
- oproti dogmatickým učitelům své žáky více chrání (zatímco dogmatickými učiteli je dávana přednost méně tvořivým žákům);
- podněcuje žáky k řešení problémů, vytváří ve třídě přátelskou atmosféru, nepřehání náročnost řešených témat, avšak ani nedemotivuje příliš jednoduchými úkoly;
- je otevřený vůči svému okolí, vnímá nové a komplexní problémy a vytrvale pracuje na jejich řešení. Je iniciativní, životaschopný, flexibilní, originální a schopen podstoupit rizika;

Smékal se naopak soustředil na ty vlastnosti učitele, které brání žákům v samostatnosti a tvořivosti [61]:

- učitel, který nezvládá žáky kázeňsky;
- učitel, který látku nevysvětluje, ale často diktuje i ve výchovných předmětech;
- učitel, který trvá při zkoušení na doslovném memorování;
- učitel, který nevyužívá signálních instrukcí nebo je formuluje neosobně;
- autoritářský učitel;
- restriktivní učitel;
- neurotický učitel;
- znechucený učitel – rutinér;
- učitel s jednostranně kriticky hodnotícím postojem k žákům.

3.2.4 Aktivita a samostatnost žáků jako předstupeň tvořivosti

Pojem tvořivost je pro praktické účely poněkud široký. Pro potřeby další práce je vhodné vytvořit určitou strukturu tvůrčího rozvoje žáků, což umožní lépe směřovat pedagogické působení vedoucí k rozvoji tvořivosti. Maňák [42][43] navrhuje posloupnost – **aktivita → samostatnost → tvořivost** – jako tři stupně angažovanosti a kvality žákovy činnosti, tedy vlastně fáze rozvoje tvořivosti žáka. Takové členění považuji za velmi užitečné. Pořadí jednotlivých složek nelze porušit, na každou je nutné pohlížet jako na vývojový předstupeň další kvality. Výuka tak postupně směřuje žáka od pasivního příjemce informací k aktivnímu, samostatnému a konečně kreativnímu jedinci.

Aktivita

Aktivita žáka je stav, kdy je tento žák přímo zapojen do konkrétní činnosti. Je opakem pasivity, se kterou se setkáváme v situacích, jakou je například učitelův výklad nového učiva. Smékal [61] upozorňuje nezávisle na Maňákovi na výsledky předběžných výzkumů, z nichž vyplývá, že učiteli se snáze daří rozvíjet samostatnost a tvořivost u žáků, pro něž je typická vyšší úroveň aktivity. Ostatní žáky je nutné předem vhodně aktivizovat.

Stupně žákovské aktivity:

1. aktivita **vynucená**;
2. **navozená** – ve školní práci nejčastější, žáci se zapojují na pokyn učitele, důležitou roli zde hraje míra motivace;
3. **nezávislá** – vlastní zájem žáka o činnost;
4. **angažovaná** – silná aktivizace žáků, připravenost řešit problémy relativně samostatně a uvědoměle.

Poslední stupeň aktivity žáka je předstupněm jeho samostatnosti.

Samostatnost

Samostatnost je chápána jako učební aktivita, při níž žáci získávají nové dovednosti a poznatky vlastním úsilím, relativně nezávisle na cizí pomoci a cizím vedení, a to zejména řešením problémů [42]. Žák je již schopen řešit problémy samostatně a do určité míry také problémy vyhledávat. Autor dále dodává, že zařazením samostatné práce do fáze osvojování si nového učiva přestává být vyučovací proces pouhým předáváním hotových poznatků, ale mění se v usilovné hledání a individuální poznávání nových faktů, v objevování světa v jeho rozmanitých projevech, v odhalování vztahů, souvislostí a zákonitostí mezi pozorovanými jevy, v zajímavou cestu vlastní angažovanosti a aktivní účasti na osvojování a ovládání skutečnosti. Přitom prvním a nejdůležitějším rysem učební látky vhodné pro samostatnou práci žáků je přiměřený stupeň obtížnosti, novosti a problémovosti.

Pro lepší pochopení a správné strukturování metodiky samostatné práce uvádí Maňák [42] opět posloupnost vývoje žákovské samostatnosti:

Stupně samostatné práce žáků:

1. žakovská samočinnost, učitel organizuje a řídí veškerou činnost;
2. řešení drobných problémů – problémové otázky, heuristický rozhovor, žáci mají vymezený prostor v rámci svých sledovaných cílů;
3. samostatnost v některých fázích řešení problému;
4. relativní samostatnost v celém průběhu řešení problému – žáci pracují bez neustálého zasahování a pomoci;
5. schopnost vidět problémy a samostatně je řešit – učitel nezasahuje přímo, případná pomoc je individuální;
6. tvůrčí činnost – učitel podává podněty, rady, osobní příklad.

Tvořivost je pak chápána jako nejvyšší a nejuznávanější stupeň aktivity žáka [53].

Posun žakovy angažovanosti a jeho přístupu k výuce popsany výše uvedenou posloupností aktivit – samostatnost – tvořivost, není podle mého názoru z hlediska rozvoje tvůrčích dovedností ještě dostatečný. Je však nezbytným předpokladem pro další práci, která spočívá v rozvoji jednotlivých složek kreativity (kapitola 2.3), tréninku myšlenkových postupů uplatňovaných v tvůrčím procesu (kapitola 2.2) a osvojování metod tvůrčího řešení (kapitola 2.9). Námět konkrétních postupů však uvádím až později v aplikaci na výuku fyziky.

3.2.5 Aktivní osvojování nového učiva

Současná výuka ve školách se stále ještě často vyznačuje nepřiměřeným důrazem na množství předaných informací, což vede k přetěžování žáků a k pamětnímu učení. Jak ale upozorňuje například Maňák [42], taková výuka ve svých důsledcích znamená ztrátu zájmu o samostatnou práci a také nezbyvá čas na experimentování, problémové učení a tvořivost. Protože tvůrčí práce nemá předem stanovený rámec, v němž se tvořící jedinec pohybuje, je nutné, aby se žák především naučil samostatně se orientovat ve složitém komplexu nových informací. Je proto nezbytné vytvářet takové podmínky, které by zabezpečily aktivní a samostatné osvojování učiva. Ideální podmínky pro takové osvojování učiva poskytuje podle mého názoru a zkušeností problémová výuka. Zcela se při-

tom ztotožňuji s názorem M. Kličkové [36], která tvrdí, že žák by se měl především naučit myslet a překonávat obtíže. Nové informace potom tvoří prostředek k překonávání těchto obtíží. Žák musí být motivován k vyhledávání a přijímání nových informací na základě aktivizace jeho poznávacích potřeb. Nejprve se setká s problémem, k jehož úspěšnému vyřešení musí získat určité nové informace. Tím je zajištěno aktivní osvojování nových poznatků žákem. Žák si navíc uvědomuje, co jej vedlo k potřebě tuto informaci získat a chápe tak souvislosti. Získaný poznatek tak není pouze izolovaným faktem [36].

V praxi se ovšem není vždy možné vyhnout fázi výuky, kdy učitel musí žákům předat větší množství informací. V takovém případě není vždy dobře možné zajistit plnou angažovanost a činnost žáka. V případě abstraktnějšího učiva potom často hrozí neschopnost žáka tyto informace správně zařadit a asociovat se stávajícími znalostmi. Učitel by měl tedy při svém výkladu klást důraz právě na vzájemné vztahy mezi informacemi. Efektivním nástrojem k tomuto je použití vhodných grafických prostředků, jako jsou různé diagramy a především myšlenkové či mentální mapy. Stále ovšem platí, že v ideálním případě by měl výklad vždy následovat až poté, co vznikla u žáka problémová situace [36].

4 Alternativní vyučovací metody

V této kapitole budou stručně představeny metodické a organizační formy vyučování, které se vyznačují zvýšenou aktivizací žáků a důrazem na samostatnou činnost. Tvoří tak alternativu k tradičním názorně demonstračním postupům, při nichž je žák spíše pasivní. Mezi obecně přijímané a snad známé metodické formy vyučování patří problémové, projektové a kooperativní skupinové vyučování, které představuje odlišnou organizační formu práce ve třídě. Opomíjená především v oblasti přírodovědných předmětů je ale výuková hra, která je přitom cenná svým potenciálem pro navození tvůrčí nenásilné atmosféry vyučování. Mezi méně známé postupy, které si své místo v současné škole teprve hledají, patří pojmové a myšlenkové mapování.

4.1 Problémová výuka

Některé další důležité otázky teoretického rázu související s problémovou výukou již byly rozebrány v kapitole věnované tvůrčímu procesu (kapitola 2.3) a heuristice (kapitola 2.9) a dále v kapitole věnované konstruktivistické výuce (kapitola 3.1). Na tomto místě tedy pouze stručné doplnění. Problémová výuka je pokládána za nejčastější prostředek rozvoje tvořivosti [68]. Problémová metoda umožňuje nejlépe aktivizovat poznávací potřeby žáků. Při řešení problémových úloh se rozvíjejí schopnosti a myšlení žáků, rozšiřují se jejich vědomosti a formuje se osobnost [40]. Výzkumy navíc ukazují, že problémové vyučování kladně ovlivňuje úroveň osvojování vědomostí, je využitelná ve všech předmětech a ve všech fázích vyučovacího procesu [36]. Petrová [55] upozorňuje, že problémové vyučování nepůsobí pouze na rozvíjení tvořivosti žáků, ale významným způsobem ovlivňuje i rozvíjení pedagogické tvořivosti učitele. Maňák [42] charakterizuje problémovou výuku jako určitou modifikaci heuristických postupů ve školních podmínkách, jenž je účinným prostředkem vedení žáků k tvořivému myšlení. Předpokladem je, že žáci mají možnost projevit se samostatně a že zejména uplatňují divergentní myšlení a vytváření hypotéz, nikoliv direktivní řízení nebo algoritmické procedury. V takovém případě nejde o tvořivost, pouze o produktivní myšlení. Problémová metoda obecně spočívá v předkládání úloh, k jejichž vyřešení žákovi nestačí pouhá reprodukce

stávajících znalostí a použití starých osvědčených postupů, ale staré postupy je nutné modifikovat a případně vyhledat potřebné informace. Situace, v níž se žák setkává s rozporům mezi nabytými znalostmi a znalostmi a dovednostmi potřebnými k vyřešení úkolu se nazývá *problémovou situací*. Úloha vyvolávající problémovou situaci se nazývá *problémem*. Úloha se stává problémovou situací v okamžiku, kdy v žákovi vyvolává vnitřní konflikt, který ho aktivizuje k poznávací činnosti. Tímto konfliktem rozumíme rozpor mezi tím, co jedinec očekává, a tím co je mu předkládané. Tento vnitřní nesoulad, činí z objektivního problému problém subjektivní, bez čehož není možné vnitřně motivovanou poznávací činnost aktivizovat. Tento proces nazýváme *interiorizace problému*. Systematická výchova k interiorizaci úloh je velmi důležitá, vede žáky k vytvoření tzv. orientace na úlohu [40].

Domnívám se ovšem, že problémové úlohy nepřispívají k rozvoji kreativity automaticky a vždy. Obávám se, že častěji se v praxi setkáváme s problémovými úlohami, které vedou k aplikaci konvergentního myšlení (kapitola 2.2.2). Konkrétní náměty na tvořivé problémové úlohy divergentního typu uvádím v kapitole 6.1 a v příloze 2 k této práci.

4.2 Projektová výuka

Metodou, kterou považuji za nejlépe se přibližující řešení reálných situací, je metoda projektová. Svou podstatou je možné považovat projektovou metodu za pokračování metody problémové. Maňák [42] definuje projektovou výuku následovně: „*Projekt je komplexní praktický problém ze životní reality, je to plán konkrétní akce, činnosti, do níž se zapojují všichni žáci jedné nebo více tříd, anebo také celé školy, a to podle svých zájmů a předpokladů, a která je zaměřena na řešení takových otázek, jež žáky zajímají.*“

Projekty mohou nabývat mnoha rozdílných podob a mohou být různého rozsahu. Vždy se přitom jedná o velice hodnotný druh výuky, při které se činnost žáka maximálně přibližuje reálné činnosti.

Řešení projektu probíhá obvykle podle následujícího plánu [44]:

1. stanovení cíle – má zároveň motivační funkci;

2. vytvoření plánu řešení – konkrétní plán práce a rozdělení rolí, způsob prezentace výsledků;
3. realizace plánu – zpracovávání dílčích úkolů, vyhledávání informací, studium;
4. vyhodnocení projektu – zveřejnění výsledků, sebehodnocení, posouzení přínosu jednotlivců.

Zavedení projektové metody do výuky se však setkává s řadou potíží. Na základě vlastní zkušenosti se pokusím některé z nich generalizovat:

- Na většině škol je výuka stále rozdělena na jednotlivé předměty s nedostatečnou mezipředmětovou provázaností. Skutečná projektová výuka se ovšem pohybuje nad rámcem jednotlivých školních předmětů.
- Časový úsek 45 minut je příliš krátký na to, aby učitel (především v hlavních výukových předmětech) zvládl splnit očekávané výstupy stanovené školním vzdělávacím plánem respektive dokumentem RVP a zároveň realizovat kvalitní projekt.
- Nedostatečná teoretická vybavenost některých učitelů vede k zaměňování projektové výuky s jinými více méně banálními aktivitami, jakými je velmi často například zpracovávání nejrůznějších „plakátů“ či referátů na zadané téma.

Realizace kvalitního projektu vyžaduje spolupráci (minimálně vzájemnou toleranci) mezi vyučujícími a vedením školy, které musí realizaci projektu poskytnout potřebný prostor a prostředky, a mnoho věnované energie a volného času ze strany žáků i učitele.

4.3 Kooperativní a skupinová výuka

Reálný tvůrčí proces v současných vědeckých a technických oborech je zpravidla týmovou prací, ve které je uplatňován tzv. synergický efekt, tj. násobení efektivity práce při spolupráci více lidí. V týmové spolupráci platí, že dva lidé společně vytvoří více než

sumu výkonu dvou jednotlivců. Ačkoliv skupinová práce má i své odpůrce (např. Edward de Bono [15]), kteří svůj postoj hájí tím, že skupina lidí se navzájem ruší, je jisté, že v určité fázi tvůrčího procesu je nutné „dát hlavy dohromady“, navzájem se inspirovat, diskutovat, hodnotit a ve výsledku dosáhnout konsenzu v řešení problému. Některé heuristické metody popsané v kapitole 2.9 jsou postaveny tak, aby měli jednotlivci po úvodním seznámení s problémem prostor pro vlastní nerušené přemýšlení o problému a samostudium, a teprve poté následuje skupinová práce (viz. metoda HOB0 popsaná v kapitole 2.9).

Význam týmové spolupráce je při řešení reálných problémů tak značný, že by již u žáků na základní škole a dále studentů na vyšších stupních škol měla být rozvíjena schopnost a dokonce snad potřeba kooperace při řešení složitějších problémů. Žáci a studenti by měli být během různých skupinových aktivit ve vyučování vedeni k poznatku, že složité a nestrukturované problémy je třeba řešit ve spolupráci v týmu. Využitím takových metod současně přispíváme k důležitému rozvoji komunikativních a sociálních dovedností, které se v současné společnosti stávají klíčovými.

Před zařazením kooperativní skupinové práce do výuky je ale nutné pečlivě zvážit její výhody a úskalí, na něž v literatuře upozorňuje například Kasíková [34]:

Výhody kooperativní výuky:

- Zvýšení aktivity.
- Je zapojeno více žáků, včetně pomalejších.
- Žák před spolužáky snáz přizná, že něco neví.
- Vyjadřování je přirozenější.
- Žáci přebírají zodpovědnost za učení včetně chyb.
- Žáci mají větší zájem o úkoly.
- Žáci mohou volit tempo práce.
- Ve skupině se přirozeně porovnávají postupy řešení.
- Žáci se učí komunikativním dovednostem.
- Učí se organizovat práci.
- Zvyšuje se jejich sebevědomí.

- Zvyšuje se frekvence úspěšné činnosti.
- Zvyšuje se samostatnost žáků.
- Ztráta zábran.
- Učitel se může věnovat slabší skupině.
- Učitel má čas na přípravu další činnosti.
- Obrana proti stereotypu výuky.

Nevýhody a úskalí kooperativní výuky:

- Nerovnoměrná práce ve skupině.
- Není systematickosti ve skupinové práci.
- Žáci si nedovedou organizovat práci.
- Práce poměrně hlučná.
- Nepochopí se příliš učiva.
- Žáci odbíhají od zadaného úkolu.
- Talentovaní žáci se triumfují a přestávají se starat o zbytek skupiny.
- V učení mohou vznikat chyby, které se ihned neopravují.
- Obtížné hodnocení učební činnosti.
- Příprava je náročná.

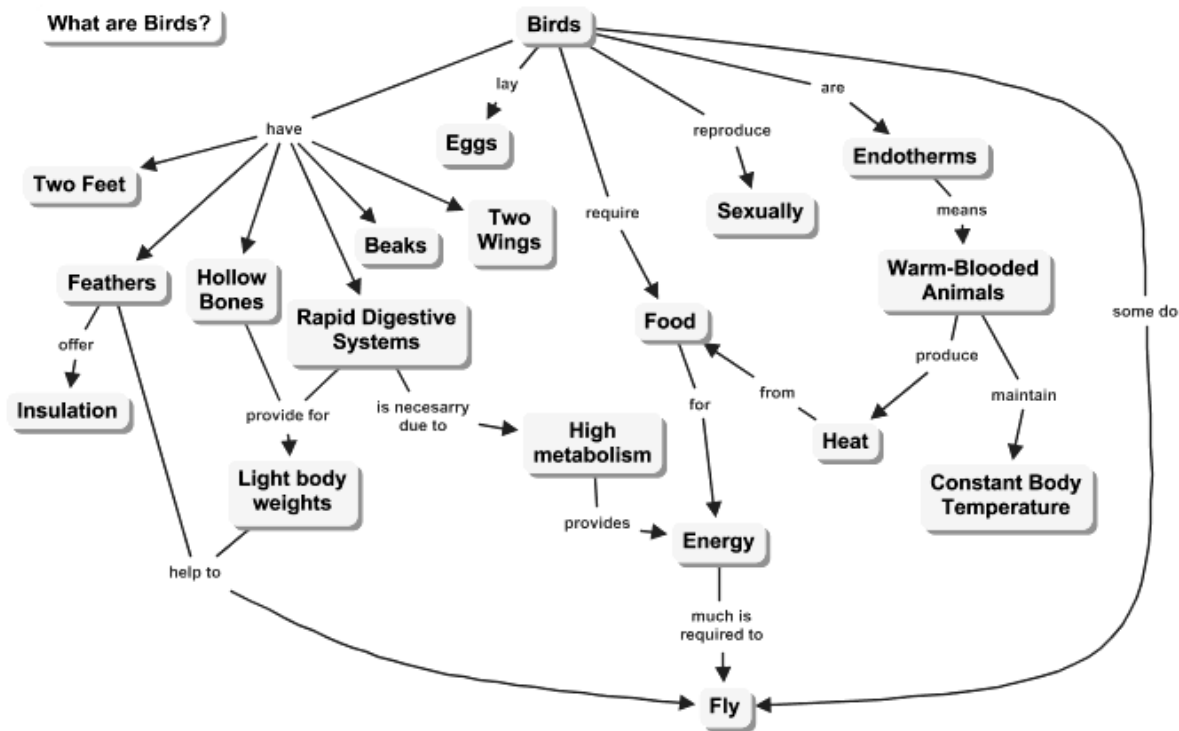
Podmínkou úspěšnosti skupinového vyučování je správná organizace vyučování. Podrobněji o tomto tématu pojednává například Mechlová [46][47].

4.4 Pojmové a myšlenkové mapy

V literatuře je možné setkat se se dvěma podobnými pojmy, které popisují využití ne-lineárních diagramů ve vyučování. Jde o *pojmové* a *myšlenkové* (mentální) *mapy*. Význam obou pojmů se liší.

Pojmové mapy poprvé popsal Joseph Novak v roce 1977 [49][50] jako nástroj vizuální reprezentace struktury informací znázorněním vzájemné interakce mezi jednotlivými pojmy. Cílem bylo zvýšení efektivity učení v souladu s aktuálními poznatky kognitivní psychologie vytvářením vztahů mezi novými informacemi a současně jejich asociováním k informacím, které jsou v mozku již uloženy. Pojmy v pojmové mapě bývají seřazeny

hierarchicky odshora dolů, vztahy mezi pojmy jsou kromě grafického propojení vyjádřeny jedním nebo několika slovy u tohoto spojení. Ukázka pojmové mapy je na obrázku 4.1.



Obr. 4.1.: Pojmová mapa (převzato a upraveno z [8]).

Podle Mareše usnadňuje pojmové mapování žákům [10]:

- pochopení učiva;
- překódování do podoby, která se lépe pamatuje;
- zapamatování učiva;
- vybavování učiva;
- rekonstruování učiva, pokud přibývají nové poznatky.

Kromě uvedených výhod využití pojmového mapování uvádí Mareš [10] další dva důvody pro zařazení myšlenkových map do výuky:

- Vytvářejí adekvátní „mentální modely“ světa.

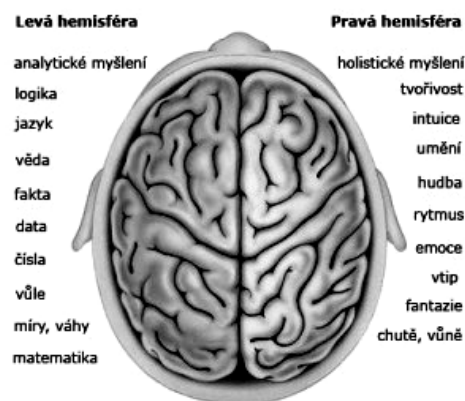
- Dávají žákům užitečný nástroj, jak si v budoucnu poradit se situací, kdy se setkají s novým složitým tématem, kterému se mají naučit.

Pojem mentální mapování rozvinul americký psycholog Tony Buzan [5][6]. Struktura myšlenkové mapy je odlišná od pojmové mapy. Ústřední pojem je umístěn uprostřed mapy a od něj se do všech směrů rozbíhají jednotlivé hlavní větve, které se dále dělí na vedlejší větve první úrovně, vedlejší větve druhé úrovně a tak dále. Pozornost je věnována grafické vizuální stránce mapy, která podle Buzana umožňuje synergické zapojení pravé mozkové hemisféry. Mentální mapa tak umožňuje mozku uvolnit se a přirozeně využít tvůrčí potenciálu obou mozkových hemisfér. Naopak o tradičním lineárním zápisu Buzan soudí: „Řádky působí doslova jako mříž, jejichž vinou se mozek ocitne v pomyslném vězení, v němž se metodicky odpojuje jedna myšlenka od druhé a brání se jakýmkoli vazbám novým. Je to, jako bychom vzali nůžky a rozstříhali spojení mezi svými mozkovými buňkami.“[6]

4.4.1 Psychologické odůvodnění

Při objasňování funkce mentální mapy využívá Tony Buzan [5][6] poznatku, že lidský mozek funguje synergeticky. Termín synergie pochází z řečtiny (synergazomai = spolupracovat) a užívá se pro označení stavu, kdy výsledný celek je větší než součet jeho jednotlivých součástí. [6] Zapsáno matematicky, pro synergetický systém platí, že $1 + 1 > 2$. V mozku je princip synergie reprezentován především součinností pravé a levé hemisféry.

V 60. letech 20. století objevil americký neurobiolog Roger Sperry během výzkumu epileptických pacientů specifické rozložení funkcí obou mozkových hemisfér. Zatímco levá mozková hemisféra, označovaná někdy jako akademická, má podle Sperryho na starost logické myšlení, matematiku, řeč a systematické třídění, pravá hemisféra obsahuje tvořivost, umění, prostorové vnímání, emoce, humor atd. (obr. 4.2) Za svůj objev získal Sperry v roce 1981 Nobelovu cenu [6][11].



Obr. 4.2.: Převzato a upraveno z www.studioartrelax.cz.

Buzan upozorňuje, že naše školství upřednostňuje tradičně levou hemisféru, čímž omezuje celkový potenciál mozku. „Způsob, jakým si levá a pravá strana velkého mozku mezi sebou předávají zprávy, vytváří synergetický vzorec myšlení a růstu. Jestliže se příliš spoléháme na úkoly, které zaměstnávají jenom jednu mozkovou hemisféru, odrážejeme hemisféry od vzájemného dialogu a velmi výrazně redukuje celkový výkon svého mozku. Stručně řečeno, omezujeme jeho synergetický způsob myšlení... Mentální mapy jsou tak mocným nástrojem mimo jiné proto, že zaměstnávají obě strany mozku, neboť se v nich uplatňuje zobrazení, barva a představivost v kombinaci se slovy, čísly a logikou.“ [6]

V současnosti již skupina neurobiologů upozorňuje na fakt, že Sperryho teorie není správná. Nicole Beckerová z Eberhard-Karls univerzity v Tübingenu například zpochybňuje, že by se funkce mozku daly takto jednoduše lokalizovat. Tvrdí naopak, že obě hemisféry jsou zodpovědné za výše zmíněné funkce stejnou měrou [11]. Tento závěr nemusí nijak zpochybňovat význam myšlenkových map. Jak správně vysvětluje autorka článku Mýtus pravé hemisféry [11] Barbara Hansen Čechová: „Z hlediska „uživatelů“ mozku je diskuze neurologů vlastně vedlejší. Nechme ji i pro její neuchopitelnost stranou. To, jestli funkce jsou „uhnížděny“ odděleně, nebo nejsou, nic nemění na tom, že programy, jež byly vyvinuty na základě teorie rozdělení hemisfér, nám přinesly něco nového a zároveň užitečného.“

4.4.2 Zásady pro tvorbu myšlenkových map

Následující zásady pro tvorbu myšlenkových map přejaté od Buzana [6] lze s úspěchem aplikovat i při tvorbu pojmových map. Ve výuce nemusí být z časových a dalších praktických a organizačních důvodů všechny zásady nutně splněny:

1. Doporučený začátek mapy je uprostřed šikmo položeného papíru – mozek tak může svobodně působit všemi směry a vyjadřovat se svobodněji a přirozeněji.
2. Ústřední myšlenku vyobrazujte nebo doplňte obrázkem, který má, slovy autora, hodnotu tisíce slov.
3. Tvůrce mapy by měl užívat různé barvy – pro mozek jsou podle autora stejně podnětné jako názorná zobrazení, tvůrčí myšlení získává energii navíc a celý proces je zábavnější.
4. K centrálnímu obrázku se připojují hlavní větve, k nim větve druhé úrovně, třetí úrovně atd. – vysvětlení autora spočívá v tom, že mozek pracuje pomocí asociací, rád si spojuje dvě (nebo více) věci dohromady. Propojením větví vytváříme základní strukturu.
5. Větve mají být tvořeny pomocí křivek, nikoliv přímek, zakřivené organické větve jsou pro mozek mnohem atraktivnější.
6. Každé lince by mělo náležet pouze jedno klíčové slovo.
7. Celou plochu mapy by měly provázet různá vyobrazení a obrázky, jejichž funkce jsou stejné jako funkce centrálního obrázku.

Oba nástroje, pojmové i myšlenkové mapování, využívají principu vytváření grafické reprezentace mentálních vztahů mezi pojmy. Myšlenkové mapy Tonyho Buzana ovšem podle mého názoru a zkušeností lépe znázorňují konkrétní myšlenkové procesy, lépe aktivizují tvůrčí potenciál mozku a jejich uplatnění je také širší. Z tohoto důvodu budu dál pracovat s pojmem myšlenkové mapování, který považuju za obecnější, neboť myš-

lenkové mapy v sobě zahrnují i vývojově starší pojmové mapy. Konkrétní ukázky myšlenkových map ve vyučování fyzice jsou uvedeny v kapitole 6.2.

4.5 Výuková hra

V souvislosti s rozvojem kreativity v předchozích kapitolách zazněla nutnost vytvářet podpůrné prostředí plné pohody a humoru. Takové prostředí může velmi snadno nastolit vhodně zvolená didaktická hra. Problematiku didaktických her ve vyučování fyziky dobře zpracovala studentka Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy Monika Šrajlová [64] v rámci své diplomové práce obhájené na katedře didaktiky fyziky v roce 2005. Svou obhajobu her ve vyučování uvádí výstižným komentářem: *„Zkuste dětem na základní škole oznámit, že jste si pro ně připravili hru. Třída najednou ožije. Zvědavě se začne zajímat o to, co se bude dít dál. Zbývá pak už jen menší krůček k tomu, abychom postupným přihazováním polínek na oheň, rozhořeli děti pro přemýšlení, kombinování, řešení příkladů a vyjadřování názoru.“* Je zřejmé, že citlivě zařazená výuková hra by čas od času v tvořivém vyučování neměla chybět. Jak dále dodávají autoři Hrkal a Hanuš: *„Hra se tak stává jedním z významných účinných prostředků výuky a vzdělávání, a také prostředkem výchovy. Její výjimečná účinnost je postavena na silném autentickém osobním zážitku a s ním spojených emocích, umocňujících zkušenosti získané v průběhu hry.“* [26]

4.5.1 Zásady pro zařazení výukové hry

Pro zařazení hry do vyučování stanovila Šrajlová [64] na základě kompilace dostupné literatury a osobních zkušeností zásady, které mají být dodrženy, aby se při hraní her neztrácel účel vyučování (upraveno a kráceno):

1. Stanovení cíle hry

- Jakou jednu konkrétní kompetenci či fyzikální dovednost chci u dětí rozvíjet?
- Proč chci využít formu hry?
- Opravdu rozvíjí mnou vybraná hra požadovanou kompetenci či fyzikální dovednost? Jakým způsobem?

2. Příprava hry

- Pokud nemáte možnost vyzkoušet si hru předem, zkuste si všechny její fáze krok po kroku představit. Promýšlejte možné problémové situace a organizační obtíže.
- Hra by měla dávat všem hráčům stejné šance a odpovídat jejich schopnostem a dovednostem. Překonání přiměřené obtížnosti naladí děti pro další hraní.
- Nespoléhejte jen na svou osobní zkušenost. Naše individuální životní zkušenosti bývají různé.
- Odhadněte potřebný čas.
- Stanovte a připravte potřebné pomůcky v dostatečném množství.
- Rozmyslete způsob motivace, zadávání instrukcí, rozdělování do skupin, vyhodnocení a reflexe.

3. Motivace

Otázka motivace jednotlivců je obecně velmi složitá, předpokladem je, že dobře zvolená a správně vedená hra bude pro děti motivací sama o sobě. Autorka uvádí několik bodů, jak lze žáky ke hře vhodně motivovat:

- „zápalem“ učitele;
- navozením atmosféry (příběhem, scénkou, hudbou, básní, prostředím, ...);
- humorem;
- odměnou;
- „hecováním“ (schválně jestli..., jen málo lidí zvládne....).

4. Instrukce

- Seznamte žáky s tím, kdy dostanou prostor na dotazy a kdy jim dovolíte připravit se na vlastní hru.
- Pravidla čtete či říkejte stručně, jasně, pomalu a v logickém sledu.
- Začněte těmi nejdůležitějšími. Používejte náčrtky, ukázky, příklady, popřípadě rozdejte pravidla i v tištěné podobě. Důležité věci opakujte.
- Seznamte žáky s povolenými pomůckami a tresty za porušování pravidel.
- Nezapomeňte na pravidla bezpečnosti.
- Dohodněte se s dětmi na pravidlech společného fungování.

- Objasněte, co je cílem hry, způsob hodnocení a seznámit s odměnou za výhru
- Seznamte se způsobem ohlášení začátku a konce hry a s předpokládanou dobou jejího trvání.
- Dohodněte způsob komunikace během hry (signály, posunky,...).
- Ujistěte se, že všichni pravidla pochopili.

5. Vlastní hra

- Průběh hry pozorně sledujte, citlivě a energicky řiďte, avšak zasahujte do něj co nejméně, i když nevychází přesně podle vašich představ.
- Dbejte o uvolněnou a vstřícnou atmosféru. Vyzývejte k toleranci.
- Povzbuzujte žáky a nezlehčujte jejich řešení či výkon.
- Občas připomínejte základní a důležitá pravidla. K jejich změnám v průběhu hry přistupte jen po pečlivém uvážení například v případech, kdy je hra příliš náročná, neuspokojuje potřeby hráčů, je nudná, nevyhovují časové a prostorové podmínky.
- Uplatňujte fantazii a tvořivost, je-li třeba.
- Nastane-li velký chaos nebo hrozí-li nebezpečí, okamžitě hru přerušete.
- Buďte spravedliví, děti jsou na to velmi citlivé.
- Nehrajte do omrzení, ale raději skončete v nejlepším.
- Nebojte se opakovat osvědčené hry.

6. Vyhodnocení a reflexe

- Hodnocení by vždy mělo být veřejné.
- Je vhodné vyhlásit nejen absolutní vítěze v jednotlivcích, ve skupinách, ale navíc pochválit i všechny ty, kteří úkol splnili, nebo ty, u nichž jsme zaznamenali zlepšení, snahu, fair-play chování, odvahu, dobrý nápad, atd. Pochvalami nešetřete.
- Následovat může diskuse – zhodnocení hry. Při ní vše soustředěně pozorujte a moderujte tak, aby myšlenky nezanikaly, ke slovu se dostali i méně průbojní žáci, diskuze měla spád a nevázla.
- Kritika by měla být konstruktivní, využitelná pro všechny hráče. Zabraňte hledání konkrétního viníka. Neadresně rozeberte, co fungovalo a co udělat příště lépe.
- Tlumte emoce mezi účastníky, snažte se o věcnou diskuzi.

- Pokud přeci jen někoho hodnotíte, měly by převažovat klady.

4.5.2 Příklad výukové hry ve fyzice na základní škole – podle [64]

Částice na scéně

Děti jsou rozdělené do skupinek po čtyřech až pěti, přičemž úkol plní vždy dvě skupinky současně. Dvojice skupinek si vylosuje lístek s názvem určitého fyzikálního jevu. Členové skupinky pak představují částice látky – atomy a molekuly – a předvádějí z pohledu těchto částic bez mluvení určený fyzikální jev (tání látky, difúze, Brownův pohyb, ochlazování, vedení tepla, ...). K dispozici nemají žádné pomůcky. Ostatní skupinky hádají, jaký jev je předváděn, a své tipy zapisují na papír.

Během vyhodnocení, které probíhá ihned po scéně, prozradí všechny skupinky postupně své tipy s odůvodněním. Za správné uhodnutí skupinka získává bod.

Grafseso

Velmi cenná hra z hlediska didaktického, která zábavnou formou rozvíjí schopnost čtení informace z grafu, která patří ve výuce fyziky ke klíčovým. Hra je obdobou klasického pexesa s tím, že na jednom lístečku je popsán fyzikální děj a na druhém grafický průběh tohoto děje. Vhodným tématem jsou například úlohy o pohybu, na vyšší úrovni pak například děje v plynech či V-A charakteristiky elektronických prvků.

Náměty pro výukové hry lze čerpat i v tradičních vědomostních soutěžích známých z televizních vysílání.

5 Metodika rozvoje kreativity při výuce fyziky

5.1 Charakteristika vyučovacího předmětu fyzika

V současnosti je kurikulum základních škol v České republice upravováno dokumentem – **Rámcový vzdělávací program** (s poslední aktualizací 1. 9. 2007) – dále **RVP**. Vyučovací předmět fyzika je v dokumentu RVP součástí vzdělávací oblasti Člověk a příroda současně s chemií, přírodopisem a zeměpisem. Dokument charakterizuje předměty této vzdělávací oblasti: „Svým činnostním a badatelským charakterem výuky umožňují žákům hlouběji porozumět zákonitostem přírodních procesů, a tím si uvědomovat i užitečnost přírodovědných poznatků a jejich aplikací v praktickém životě. Zvláště významné je, že při studiu přírody specifickými poznávacími metodami si žáci osvojují i důležité dovednosti. Jedná se především o rozvíjení dovednosti soustavně, objektivně a spolehlivě pozorovat, experimentovat a měřit, vytvářet a ověřovat hypotézy o podstatě pozorovaných přírodních jevů, analyzovat výsledky tohoto ověřování a vyvozovat z nich závěry. Žáci se tak učí zkoumat příčiny přírodních procesů, souvislosti či vztahy mezi nimi, klást si otázky (Jak? Proč? Co se stane, jestliže?) a hledat na ně odpovědi, vysvětlovat pozorované jevy, hledat a řešit poznávací nebo praktické problémy, využívat poznání zákonitostí přírodních procesů pro jejich předvídání či ovlivňování.“ [38]

Cílové zaměření vzdělávací oblasti Člověk a příroda

S ohledem na rozvoj klíčových kompetencí uvádí dokument cíle, k nimž by měla výuka jednotlivých předmětů směřovat. Výuka vede žáka k:

- zkoumání přírodních faktů a jejich souvislostí s využitím různých empirických metod poznávání (pozorování, měření, experiment) i různých metod racionálního uvažování;
- potřebě klást si otázky o průběhu a příčinách různých přírodních procesů, správně tyto otázky formulovat a hledat na ně adekvátní odpovědi;

- způsobu myšlení, které vyžaduje ověřování vyslovovaných domněnek o přírodních faktech více nezávislými způsoby;
- posuzování důležitosti, spolehlivosti a správnosti získaných přírodovědných dat pro potvrzení nebo vyvrácení vyslovovaných hypotéz či závěrů;
- zapojování do aktivit směřujících k šetrnému chování k přírodním systémům, ke svému zdraví i zdraví ostatních lidí;
- porozumění souvislostem mezi činnostmi lidí a stavem přírodního a životního prostředí;
- uvažování a jednání, která preferují co nejefektivnější využívání zdrojů energie v praxi, včetně co nejširšího využívání jejich obnovitelných zdrojů, zejména pak slunečního záření, větru, vody a biomasy;
- utváření dovedností vhodně se chovat při kontaktu s objekty či situacemi potenciálně či aktuálně ohrožujícími životy, zdraví, majetek nebo životní prostředí lidí.

Pojetí fyziky jako školního předmětu žáky

Tabulka 5.1 uvádí výsledky výzkumu oblíbenosti jednotlivých školních předmětů na základních školách a víceletých gymnáziích, jenž byl proveden v roce 2005. Oblíbenost předmětu je skórována od 0 do 6 bodů, přičemž 6 bodů představuje maximální pozitivní hodnocení [22].

Předmět	IT	TV	VV	HV	OV	P	D	Z	M	AJ	CH	NJ	F	ČJ
ZŠ	5,1	4,9	4,35	4,1	4,04	3,9	3,76	3,76	3,49	3,43	3,38	3,32	3,32	2,97
NG	4,5	4,84	4,16	3,95	3,61	3,52	3,81	3,87	3,27	3,96	2,83	3,19	3,38	2,96

Tab. 5.1: Oblíbenost jednotlivých školních předmětů na základních školách a víceletých gymnáziích [22].

Výše citovaný zdroj dále uvádí výsledky hodnocení obtížnosti fyziky z pohledu žáka základní školy a víceletého gymnázia (tab. 5.2). Fyzika je podle výsledků tohoto výzku-

mu hodnocena žáky základních škol jako třetí nejobtížnější předmět po českém jazyku a matematice, na víceletých gymnáziích jí předchází ještě chemie.

Předmět	TV	IT	VV	HV	OV	Z	P	D	NJ	CH	AJ	F	MA	ČJ
Průměr ZŠ	0,87	0,88	0,88	0,97	1,15	2,18	2,24	2,44	2,93	2,98	3,01	3,01	3,04	3,21
Průměr NG	1,11	1,42	0,93	1,34	1,25	2,23	2,89	2,35	3,24	3,6	2,72	2,93	3,3	3,03

Tab. 5.2: Hodnocení obtížnosti předmětů [22]. Bodování na škále 0 – 6; 6 odpovídá hodnocení krajně obtížný.

Citovaný výzkum dále zkoumal oblíbenost jednotlivých činností ve výuce fyziky a četnost jejich výskytu ve výuce (tab. 5.3). Zkoumanými činnostmi, k nimž se měli žáci vyjadřovat, byly:

- pokusy prováděné učitelem (demonstrační pokusy);
- promítání výukového videa, promítání filmu;
- pokusy prováděné žáky (frontální pokusy);
- využití internetu ve výuce, výklad nové látky;
- referáty;
- vyprávění učitele;
- řešení početních úloh;
- opakování učiva.

Činnost	Pokusy učitele	Video	Film	Pokusy žáků	Internet	Výklad	Referáty	Vyprávění	Úlohy	Opakování
Oblíbenost ZŠ	5,09	4,96	4,87	4,85	4,77	3,72	3,13	3,12	2,69	2,08
Oblíbenost NG	4,94	5,05	5,01	4,72	4,88	3,31	3,31	3,0	2,71	1,6
Výskyt ZŠ	2,79	1,36	1,06	2,15	0,86	5,07	1,42	0,94	4,01	3,56
Výskyt NG	2,39	0,88	0,59	1,51	0,4	5,39	1,01	0,94	4,01	4,11

Tab. 5.3: Oblíbenost a výskyt činností při výuce fyziky [22].

Bodování na škále 0 – 6; 6 – maximální pozitivní hodnocení; zařazení každou vyučovací hodinu.

Shrnu-li data prezentovaného výzkumu, lze jednoznačně vyslovit závěr, že fyzika je v očích žáků základních škol a víceletých gymnázií hodnocena jako obtížný a neoblíbený předmět. Na nízké oblibě předmětu se podílí i fakt, že činnosti, které by žáci ve výuce preferovali, jsou zařazovány nejméně. Na jiném místě výsledky stejného výzkumu navíc ukazují, že žáci učivo fyziky vnímají jako nepotřebné pro život a kromě dosažení dobrých známek nevidí často jiný smysl učení se fyzice. Ačkoliv bychom si všichni přáli zvýšit oblíbenost fyziky v očích žáků, není pochopitelně možné snižovat výrazněji nároky na žáka a začít zařazovat pouze ty činnosti, jež by žáka bavily a učivo, které by považovali za užitečné. Přesto je z výsledků možné určité doporučení vyvodit.

- Není důvod zařazovat do výuky více filmů a videa jen proto, že žáky taková výuka baví více, ale současně je možné zařazovat více demonstračních a frontálních experimentů. Tyto by měly být v praxi zcela běžnou a organickou součástí výuky fyziky. Budování poznatků z fyziky by mělo probíhat především v rámci experimentování.
- V současné době se otevírá řada nových možností ke konstruktivnímu využití výpočetní techniky a internetu ve výuce. Učitel by měl tyto možnosti vyhledávat a učit se novým možnostem jejich začleňování do výuky.
- Učitel by měl být schopen přiblížit fyziku každodennímu životu užíváním aktuálních případů a zařazováním předmětů každodenního použití. Měl by stavět nové poznatky na dosavadních zkušenostech žáka.
- Höfer a kol. [22] na základě provedeného výzkumu uvádí další doporučení: „V žebříčku oblíbenosti přírodovědných předmětů a matematiky na základní škole je fyzika statisticky nejméně oblíbená. Vzhledem k tomu je smysluplné zařazování témat z oborů biologie, biofyziky, zeměpisu a především informatiky ve vyučování fyzice.“

5.2 Metodika rozvoje tvořivosti při výuce fyziky na základní škole

5.2.1 Práce jiných autorů

5.2.1.1 Vivian Changová - Hongkong

Poměrně zajímavý návrh metodiky rozvoje kreativity ve výuce fyziky uveřejnila dr. Vivian M. Y. Chengová z Hongkongského vzdělávacího institutu. Podmínky, v nichž navrhuje svou metodiku Chengová, jsou zřejmě natolik odlišné, že je otázkou, nakolik je možné tuto práci přebírat do prostředí české školy. Práce Chengové však přeci jen stojí za pozornost. Situaci v čínských školách popisuje Chengová v jednom ze svých článků [27]:

„Vlády Hongkongu, pevninské Číny, Tchaj-wanu, Singapuru a dalších asijských zemí v současnosti zavádějí výrazné kurikulární reformy v oblasti základního a středního školství. Rozvoj kreativity je těmito novými reformami považován za jeden z hlavních výukových cílů. V Hongkongu je v současnosti kreativita jedním ze třech nejvýznamnějších obecných dovedností zdůrazňovaných napříč kurikuly všech vyučovacích předmětů. Nicméně metody vhodné pro posilování kreativity, především v přírodovědných předmětech vyšších stupňů, nejsou známy.

Pokud jde o posilování kreativity studentů, Hongkong trpí téměř všemi překážkami, jež jsou typické pro oblast Asie (a nejen pro ni – pozn. autora). Prostředí škol je vysoce soutěživé, orientované na zkoušení, učení je řízeno vnější motivací. Žáci i učitelé jsou zvyklí na mechanické učení a výklad. Pracovní zátěž učitelů je veliká, mnoho učitelů proto přijalo učebnicový přístup k učení. Školy mají velice početné třídy (kolem čtyřiceti žáků!), nedostatek zdrojů a fyzického prostoru, pevný časový rozvrh a téměř žádný prostor pro volitelné předměty (kromě volby mezi uměleckým a vědeckým zaměřením studia).

...

Kurikulum fyziky se soustředí především na učení se pojmům a znalostem a jejich následné použití při řešení numerických problémů. Zkoušky z fyziky jen zřídka nabízí otevřené otázky a tvůrčí myšlení chybí téměř úplně.“

Nakolik se bude tento popis lišit od situace v České republice, když namísto Hongkongu dosadíme Česko? Je zřejmé, že situace v hongkongských školách je složitější než v Česku, současně je ovšem patrné, že školství na nejrozličnějších místech světa řeší obdobné problémy. Domnívám se, že bude zajímavé se s prací této autorky alespoň stručně seznámit. Před tím je ale vhodné stručně nastínit školský systém platný v Hongkongu v době, kdy Chengová píše svou práci.

Školský systém v Hongkongu [78]

Žáci v Hongkongu zpravidla navštěvují dva až tři roky mateřskou školu, poté navštěvují šest ročníků primární školy. Po absolvování primární školy nastupují na tzv. juniorskou sekundární školu, kterou navštěvují tři roky. Juniorská sekundární škola je obdobou druhého stupně základní školy u nás. Pro mou práci je důležité, že v tomto období žáci ve škole ještě nemají samostatný předmět fyzika, ale po vzoru britských škol mají přírodní vědy integrovány v předmětu science. Následuje dvouletá seniorská sekundární škola – obdoba prvního a druhého ročníku střední školy u nás – která je ukončena první důležitou zkouškou – Hong Kong Certificate of Education Examinations. Po absolvování této zkoušky nastupují žáci podle výsledků zkoušky na školy odborného typu (učební obory) nebo na tzv. imatrikulaci – dvouletou přípravu na závěrečnou zkoušku – Hong Kong Advanced Level examinations – po níž mohou studenti pokračovat na terciální školu – univerzitu. Na seniorské sekundární škole se začíná student profilovat – může si vybrat mezi uměleckým nebo vědeckým směrem. Společné povinné předměty jsou čínština, angličtina, matematika a tělocvik. Na vědeckých seniorských sekundárních školách již studenti navštěvují předmět fyzika a zde se také pohybuje doktorka Chengová se svou tvořivou výukou. Přeneseno do Česka, práce Chengové by měla odpovídat prvním dvěma ročníkům střední školy, protože u nás začínají žáci s výukou fyziky již v šestém ročníku, je možné některé aktivity s úspěchem aplikovat i dříve.

Vivian Chengová a posilování kreativity studentů v Hongkongském kontextu

Chengová se ve své práci dlouhodobě zaměřuje na rozvoj posilování kreativity studentů a učitelů ve výuce přírodovědných předmětů, přičemž své závěry aplikuje nejčastěji právě na výuku fyziky. Studenti mají být podle Chengové trénováni, aby byli mimo jiné tvořiví v kladení otázek, vytváření hypotéz a navrhování experimentů. K rozvoji těchto dovedností autorka nejprve stanovuje kognitivní a afektivní cíle, které mají být výukou sledovány [27]:

- **Kognitivním cílem** je rozvoj strukturních složek divergentního myšlení (fluence, flexibilita, originalita, elaborace a senzitivita – viz kapitola 2.3) a tvořivosti vůbec (představivost a fantazie, a schopnost syntézy divergentních a konvergentních myšlenkových postupů).
- **Cílem afektivním** je rozvoj motivace, zájmu o předmět a sebedůvěry.

Kromě cílů kognitivních a afektivních považuje autorka za nutné seznámit studenty s některými speciálními strategiemi myšlení, jako je brainstorming, technika volných asociací, mentální mapování aj. Přidává další požadavky, jež klade tradiční hongkongský systém školství. Ve skutečnosti zde zaznívá mnoho cenných obecných rad pro praktickou tvůrčí výuku:

- Úlohy užívané v tvůrčích aktivitách mají být vysoce otevřené s velikým rozsahem možných řešení.*
- Aktivity mají být pokud možno zábavné a hravé, mají obsahovat prvky každodenního života a mají vzbuzovat chuť tvořit. Současně musí vyžadovat určité množství znalostí z fyziky.
- Aktivity mají být integrovány do klasického kurikula fyziky, neměly by sloužit pouze k rozvoji kreativity, ale současně by měly rozvíjet fyzikální znalosti.

* divergentní úlohy (pozn. autora)!

- Neměly by být delší než pět až deset minut, delší úlohy by měly být zpracovávány žákem jako domácí úkol.
- Aktivita by podle autorky měla být spíše hraním s myšlenkami než rukodělnou prací a když, tak by mělo jít o jednoduché úkony nejlépe s pomůckami z každodenního života.
- Aktivita by neměla být příliš náročná na prostor, pomůcky a znalosti studentů.
- Komunikace by měla být srozumitelná, studenty podporujeme ve volném vyjadřování, z toho důvodu tolerujeme gramatické nedostatky. Gramatika není součástí hodnocení studentů.
- Skupinová práce není vhodná, přináší především v začátku řadu obtíží. Aktivita by měla být použitelná jak ve skupině, tak pro individuální práci, učitel vybírá tu formu práce, která je pro daný okamžik nejvhodnější.
- Poslední důležitou podmínkou, aby mohly navrhované aktivity nalézt v současné škole široké uplatnění, je, aby byly srozumitelné a použitelné i pro samotné učitele, kterým chybí hlubší znalostní základ v oblasti tvorivosti.

V následující tabulce uvádí Chengová [27] vhodné nástroje k dosažení jednotlivých dílčích cílů v tvořivost rozvíjející výuce (tabulka 5.4).

Cíl	Nástroj
zvědavost a volné asociace	volné kladení otázek, mentální mapování
fluence	volné generování mnoha různých příkladů, návrh různých experimentálních metod, generování výzkumných otázek
flexibilita	nový pohled na věc, obrácené myšlení (reverse thinking)
sensitivita	odhad, vyhledávání problémů, otevřené objevování (open discovery)
představivost, fantazie	tvorba předpovědí, úlohy typu „Co se stane, když..?“
metaforické myšlení	tvorba analogií a metafor, porovnávání podobností a odlišností dvou příbuzných pojmů
zapojení více typů inteligence	konstrukce modelů, kreslení obrázků nebo diagramů, kreativní psaní, kreativní dramatizace
speciální strategie generování nápadů	například použití nucených asociací, tj. spojování jinak nespojujících prvků, metoda přidání a odebrání (adding & eliminating), brainstorming
pokročilé syntetické myšlení	tvůrčí řešení problémů, otevřené bádání (open inquiry), návrh systému (system design)

Tab. 5.4: nástroje používané v tvořivé výuce podle Chengové.

Některé konkrétní aktivity při výuce fyziky na střední škole pak uvádí Chengová v další tabulce (tabulka 5.5).

Nástroj	Příklad použití
volné kladení otázek	Co by sis přál vědět o tomto kouzelnickém triku? Napiš tolik otázek, kolik jen můžeš (nejméně 50)
mentální mapování	Co tě napadne, když se řekne „mechanika“? Nakresli myšlenkovou mapu.
volné generování příkladů	Napiš co nejvíce projevů tření (mohou jich být stovky).
návrh experimentálních metod	Vytvoř přinejmenším deset způsobů, jak demonstrovat zákon rovnováhy na páce za pomoci předmětů z každodenního života.
generování výzkumných otázek	Kdyby ses ocitl na nové planetě, jaké výzkumné otázky bys chtěl zkoumat?
nový pohled na věc	Najdi alternativní metodu, jak ilustrovat teorii demonstrovanou Galileovým myšlenkovým experimentem.
obrácené myšlení	Jak omezit ztráty energie ve stroji? Navrhni nějaký stroj (například kladkostroj), který by byl co nejhorší .
odhad	Míč padá volným pádem z desátého patra. Odhadni, za jak dlouho míč dopadne na zem a svůj odhad odůvodni.
vyhledávání problémů	Po připojení k rezistoru se ručička multimetru nepohnula. Vymysli deset možných příčin.
otevřené objevování	Objev co nejvíce fyzikálních jevů doma na toaletě.
předpovědi	Jaké výhody budou asi poskytovat komunikační technologie za 100 let?
metaforické porovnání	Uveď pět společných znaků a pět rozdílů mezi láskou a silou.
tvorba analogií	Nalezni analogii pojmům teplo a teplota. Vysvětli.
konstrukce modelů	Navrhni novou grafickou reprezentaci pojmu „pole“.
kreativní psaní	Napiš úvahu začínající slovy: „Jsem částice vzduchu ve zvukové vlně...“
dramatizace	Zahraj podélné a příčné vlnění.
nucené asociace	Spoj boty s magnetem (elektromotorem, teploměrem) a navrhni deset různých vynálezů.
přidání a odebrání	Navrhni jeden elektrický přístroj v laboratoři, který bys přidal nebo odebral. Odůvodni.
brainstorming	Navrhni tři vynálezy, které by učinily vaši toaletu příjemnější a užitečnější.
otevřené bádání	Máš dva druhy žárovek. Navrhni tři různé postupy, jak určit, která z nich je „lepší“.
tvůrčí řešení problémů	V hořícím baráku se nachází mnoho lidí. Jak bys jim pomohl? Použij zjednodušený CPS model, abys tento problém vyřešil.*
návrh systému	Navrhni systém pro život lidí na Měsíci. Popiš jeho jednotlivé prvky a jejich vzájemnou součinnost.

Tab. 5.5.: Konkrétní návrh aktivit podle Chengové.

* CPS = creative problem solving model Isaksena a Treffingera [28]. Model popisuje posloupnost událostí v průběhu objevování a řešení problémů: objevování potíží → vyhledání informací → identifikování problému → generování nápadů → objevení řešení → realizace.

Hodnocení „hongkongského modelu“

Navrhované aktivity pokrývají všechny důležité aspekty tvořivosti, včetně metod tvůrčí práce. Důležitá jsou východiska navržené metodiky, která autorka shrnuje v požadavcích na tvůrčí aktivity. Především požadavek, aby byly tyto aktivity plně implementovatelné do tradiční výuky fyziky bez toho, aby musela být výuka výrazně restrukturalizována. Důležitý je také požadavek, aby při tvůrčích aktivitách byly současně vyžadovány určité fyzikální znalosti a konečně to, aby navrhované aktivity nekladly zvláštní požadavky na učitele. Jedině tak je možné zaručit, že budou metody rozvoje kreativity ve vyučování fyzice skutečně prakticky využitelné. Autorka ovšem bohužel nepostihla dva důležité pilíře výuky fyziky. Nenavrhla žádný nástroj, kterým by bylo možné posilovat tvořivost studentů při řešení kvantitativních úloh, které, jak přitom tvrdí, tvoří podstatnou část výuky fyziky v Hongkongu, a také zcela přehlédla význam a možnosti experimentování ve výuce, které pravděpodobně není ve výuce fyziky v Hongkongu příliš zastoupené. Domnívám se, že bez toho se aktivity rozvíjející tvořivost nemohou stát organickou součástí výuky fyziky, ale budou vždy pouze zpestřením tradiční výuky. Tím spíše tyto aktivity pravděpodobně nenaleznou širší uplatnění, že se studenti během svého studia na střední škole musí připravovat hned na dvě veliké zkoušky. V takové atmosféře lze očekávat, že výuka fyziky bude vždycky převážně počítáním kvantitativních úloh a pasivním přejímáním znalostí.

Autorka navíc bohužel neprovedla žádný výzkum, který by potvrdil skutečnou účinnost navržených aktivit v rozvíjení a posilování kreativity studentů. Aktivity pouze vyzkoušela ve dvou třídách sekundární školy a dále se ve své práci soustředí především na vzdělávání učitelů v oblasti rozvoje kreativity studentů. Autorka je jednoduše přesvědčena o účinnosti metod, které navrhla na základě soudobých poznatků z teorie kreativity.

Pro mě osobně je práce Chengové především cennou inspirací. Hodnotný je systematický postup od analýzy psychologické a pedagogické teorie kreativity k navržení přesně cílených výukových aktivit.

5.2.1.2 Marta Jurčová a kol. – Univerzita Komenského v Bratislavě

Práce Jurčové a kol. [32] vznikla v rámci speciálního semináře pro studenty učitelství fyziky na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Komenského v Bratislavě. Práce obsahuje řadu konkrétních příkladů tvořivých aktivit ve vyučování fyzice, jejichž návrh vychází z teorie tvořivosti a které jsou aplikací „Williamsova“ programu pro rozvoj tvořivosti“ na výuku fyziky.

Autorský kolektiv se mimo jiné zabývá možností utváření tvůrčí pracovní atmosféry, posilování motivace k tvůrčí činnosti a zájmu o vyučování. Při této příležitosti zmiňují autoři důležitou funkci humoru, který výrazně snižuje napětí ve vyučování.

Ve druhé části navrhují autoři konkrétní aktivity, které jsou přímo cílené na rozvoj jednotlivých komponent tvořivého myšlení. V práci se také objevuje pojem divergentní fyzikální úlohy jako úlohy na rozvíjení jednotlivých složek divergentního myšlení (viz kapitola 2.3).

Williamsův model obsahuje 18 strategií vyučování. Jsou to (podle [32]):

1. **Paradoxy** – představení tvrzení a jevů, které odporují zažitým představám.
2. **Atributy** – odhalování vlastností, které se něčemu připisují.
3. **Analogie** – spočívá ve vyhledávání analogické situace, vzájemné porovnávání věcí.
4. **Diskrepance** – odhalování mezer ve vědomostech, chybějících propojení mezi informacemi.
5. **Provokativní otázky** – hledání nových významů známých poznatků, podněcování k přezkoumání vědomostí.

* Frank E. Williams - Encouraging Creative potential. In: A total creativity program for individualizing and humanizing the learning proces. N.J.: Educational technology publications, 1972. Vol. 2.

6. **Příklady změn** – poskytování příležitosti pro realizaci změn, modifikaci nebo nahrazení (jakou jinou metodu zvolit? Čím nahradíme poškozený měřicí přístroj? ...).
7. **Příklady návyků** – upozorňování na negativní účinky zaměřenosti myšlení a rozvíjení citlivosti na rigiditu myšlení – například poukazováním na historické příklady, kdy rigidní myšlení (funkční fixace) bránila novým objevům (heliocentrický model vesmíru, ...).
8. **Organizované pokusné pátrání** – využívání známých struktur při náhodném vytváření nových struktur - uvádění příkladů, u kterých se nové objeví náhodně.
9. **Výzkumné zručnosti** – hledání způsobů, jak něco bylo v minulosti objeveno, zkoumání současného stavu a vytváření experimentálních situací.
10. **Tolerance neurčitosti** – vytváření situací, které jsou tajemné, matoucí, vzbuzující zvědavost. Předkládání situací, které nejsou ohraničené – mají otevřený konec.
11. **Intuitivní projevy** – pocíťování věcí všemi smysly, vyjadřování emocí.
12. **Přizpůsobování se vývoji** – učení se z chyb a neúspěchů, rozvíjení mnoha různých pohledů na věc.
13. **Studium tvořivých lidí a procesů** – analýza vlastností mimořádně tvořivých osobností a studium procesů, které vedly k vyřešení problémů.
14. **Hodnocení situací** – hodnocení a ověřování nápadů a odhadů na základě faktů.
15. **Tvůrčí čtení** – rozvoj schopnosti využít informací z čteného textu a generovat nápady při čtení.
16. **Tvůrčí poslouchání** - rozvoj schopnosti generovat nápady při poslechu.
17. **Tvůrčí psaní** – učení schopnosti komunikovat nápady v psané podobě, generovat nápady během psaní.

18. **Schopnost vizualizace** – vyjadřování nápadů ve vizuální podobě, ilustrování myšlenek a pocitů.

Hodnocení „bratislavského modelu“

Autoři navrhnou pro každou z těchto učitelských strategií námět na konkrétní aktivity. Tento Williamsův model aplikovaný na vyučování fyziky pokrývá široké spektrum různých aspektů tvořivosti a tvůrčího procesu. Práce tak poskytuje mnoho zajímavých námětů, ze kterých jsem čerpal i já. Domnívám se ale, že práce se nevypořádala s nešvarem, kdy v takovém tvořivém způsobu vyučování fyziky bývá potlačena samotná fyzika. Aktivity jsou hravé a pro žáky jistě atraktivní, ale není možné opomíjet, že cílem vyučování fyziky je současně především budování fyzikálních znalostí, což je proces, který samotný zabere mnoho času a úsilí žáků i učitele. Na tvořivé aktivity proto v praxi nezbyvá příliš času.

Inspirujícím prvkem Williamsonova programu je především námět na studium historických příkladů tvůrčích řešení, které jsou jednak motivačním prvkem, jednak poukazuje na metodu tvůrčího myšlení a překonávání funkční fixace.

5.2.2 Vlastní práce

Ve své dřívější práci jsem navrhl metodiku tvořivé výuky fyziky a tuto metodiku posléze vyzkoušel v praxi při výuce fyziky na základní škole. V následujících odstavcích shrnu důležité závěry k jednotlivým aspektům výuky fyziky. Hlavními prvky výuky fyziky, při kterých se žáci setkávají s problémy, které je třeba překonat, je fyzikální úloha a experimentování. Mají-li být ale při řešení úloh a provádění experimentů rozvíjeny tvůrčí dovednosti, je nutné dodržovat některé metodické zásady.

5.2.2.1 Fyzikální úloha

Obsah tohoto pojmu je velmi široký. Svoboda jej například definuje následovně [65]: *„Fyzikální úloha je formulace požadavku na činnost žáka, kterou žák provádí za daných předpokladů a podmínek, a to poměrně složitou a bohatě strukturovanou aktivitou, která přispívá ke správnému chápání podstaty fyzikálních jevů a příčinných souvislostí mezi tě-*

mito jevy. Tato aktivita se projevuje v procesu řešení úlohy úvahou různé náročnosti, výpočtem, grafickou prací, provedením experimentu, popřípadě dalšími činnostmi. Proces řešení je zakončen nalezením výsledku.“ Při řešení úloh žák aplikuje dosavadní teoretické vědomosti a poznává jejich konkrétní praktický význam, zároveň se učí přemýšlet a řešit problémy. Další funkcí úlohy je ovšem také funkce motivační a kontrolní a především na základní škole pak funkce výchovná [65].

Řešení úloh (především ve smyslu úloh početních) je podle výzkumů (viz kapitola 5.1) hned po opakování nejméně oblíbenou činností ve výuce fyziky. V takovém stavu je velmi obtížné navodit tvůrčí proces, ve kterém hraje klíčovou roli úroveň vnitřní motivace. Protože ale početní úloha má ve výuce fyziky svou nezastupitelnou roli, nelze se této činnosti vyhnout ani jí výrazněji omezit. Na určité úrovni je nezbytné, aby žák zvládnul řešit základní fyzikální úlohy a především aby si osvojil potřebný algoritmus k jejich řešení.

Zvýšit motivaci žáka k řešení úlohy může učitel jednak vhodným výběrem tématu úlohy, které je **aktuální** a pro žáka **zajímavé**, a jednak tím, že nechá žáka zažít **radost z úspěšného vyřešení** úlohy (opak vede k frustraci a zavrnutí další aktivity). Toho lze dosáhnout vhodným „dávkováním“ úloh.

Aby mohl žák řešit komplexnější problémy, jež lépe odpovídají problémům reálného života, je nutné, aby si žák osvojil především vhodnou metodiku řešení problémů. Pouhá veliká praxe v řešení úloh vede často k osvojení zcela špatných algoritmů. Žák si například zapamatuje, že při výpočtu vztahové síly má vynásobit tři čísla. U základních úloh mu tento postup stačí k úspěchu. Pokud se ovšem trochu změní zadání, naprosto selhává.*

* **Skutečný případ:** Žáci řešili úlohu: „Největší současný český horkovzdušný balon určený pro 18 osob má objem 8500 m^3 . Urči velikost vztahové síly působící na balon.“ Žáci si sami měli dohledat chybějící údaje (hustota vzduchu, tíhové zrychlení). Mnozí žáci místo toho dosazovali do výpočtu číslo 18 – počet lidí na palubě – tedy vzhledem k řešenému problému naprosto irelevantní údaj!

Učitel by měl žáka vést tak, aby řešení úlohy našel pokud možno sám. Na řadu tedy přichází metody **heuristické** a **problémové pojetí výuky**. Po zvládnutí základní úrovně fyzikálních úloh by měli žáci řešit především **úlohy s neúplným zadáním**, kdy v zadání nejsou všechny potřebné údaje, případně chybí veškeré údaje. Tím dojde k žádoucímu oddělení problému od informací potřebných k jeho vyřešení a motivuje žáka k jejich aktivnímu zjišťování. Zvláštním případem velmi hodnotných úloh s neúplným zadáním jsou **úlohy nonverbální**, tedy úlohy zadané beze slov pomocí obrázku nebo videa [69].

Poslední fází řešení problémových úloh jsou v tvořivé výuce **úlohy divergentní**, tedy úlohy vyžadující divergentní složku myšlení. Tyto úlohy nabízejí prostor pro skutečnou tvořivost a tvůrčí řešení problémů. Bohužel jde o kapitolu, která v současné literatuře není téměř vůbec zpracována. Divergentním úlohám je věnována samostatná kapitola (kapitola 6.1) a příloha 2.

Výrazně motivačním a přitom podceňovaným prvkem při řešení úloh je **humor**. Zadání úloh může být vtipné a přitom nemusí odvádět pozornost od řešení úlohy.

5.2.2.2 Fyzikální experiment a rozvoj tvořivosti

Experimentování patří k základním metodám fyziky jako vědy i školního předmětu. Význam školního experimentu (pokusu) spočívá v propojení teoretických znalostí žáka s praktickými dovednostmi. Experiment současně poskytuje žákovi vlastní zkušenost se zkoumanou oblastí jevů. Jak navíc potvrdily výsledky výzkumu prezentované v úvodu této práce, experimentování žáky baví – zastává tedy významnou funkci aktivizační a motivační.

Zařazení fyzikálního experimentu do výuky musí vždy respektovat určité zásady. Ve své práci je shrnuje například Svoboda [65]:

1. Pokus má být přirozenou součástí výuky, významnou chybou je odkládání pokusů na další hodinu nebo dokonce hromadění pokusů z různých oblastí v jedné hodině.

2. Má být připraven a proveden tak, aby byl jednoduchý, názorný, přesvědčivý a pochopitelný, tedy srozumitelně interpretovaný.
3. Především pro děje, které probíhají velmi rychle, je nutné provádět experiment opakovaně. Ale i u dějů pomalých je vhodné pokus opakovat.
4. Žák má být přiměřeně motivovaný a má se pokusu aktivně zúčastnit.
5. Pokus musí žák chápat jako prostředek pro objevování fyzikálních zákonů a nikoli jako samoučelné show nebo zpestření výuky.
6. Vyučovací hodina nemá být přeplněna velkým počtem různorodých pokusů, které by do výuky vnesly spíše zmatek, než jakýkoli pozitivní efekt.
7. Každý pokus má být doprovázen náčrtem, nákresem, schématem, přičemž učitel vybere ty, které by si žák měl případně překreslit do sešitu. Nákrasy mají pomoci žákovi pochopit sestavení pokusu a funkci jednotlivých prvků.

Samotné zařazení pokusu do výuky ještě ovšem neznamena, že dochází k rozvoji tvořivosti žáka. Dodržuje-li učitel výše uvedené metodické pokyny, pak zařazení pokusu zvyšuje názornost výuky a umožňuje tedy žákovi lépe pochopit probírané učivo. Žák je rovněž zajímavým pokusem příznivě aktivován a motivován. To jsou nezbytné podmínky pro to, aby mohlo dojít k navození tvořivého procesu. Zároveň ovšem musí být žákovi poskytnut dostatečný prostor pro uplatnění jeho kreativity.

Obdobně jako u početných úloh, má-li experimentování ve výuce přispět k rozvoji kreativity žáků, je nutné, aby byly splněny určité podmínky:

- Výuka by měla být vedena problémově, experiment nemá pouze potvrdit vyslovenou teorii, ale teoretické poznání by mělo být vybudováno na základě myšlenkové aktivity žáka během experimentování.
- Součástí učitelových dovedností by mělo být řízení a usměrňování žákovy tvůrčí aktivity, aniž by mu předem prozradil závěr. V minimální míře to znamená experiment (demonstrační či frontální) doplněný heuristickým rozhovorem, v lepším

případě frontální experiment prováděný skupinou žáků, kdy žáci na základě řízení vlastní činnosti a diskuse v rámci skupiny (pod dohledem učitele) odhalují podstatu prezentovaného problému.

- Žákům by měl být umožněn prostor pro uplatnění divergentní složky myšlení. Toho může být dosaženo několika způsoby:
 - o Žáci dostanou za úkol navrhnout experiment, který by potvrdil určitou domněnku.
 - o Žáci mají za úkol vysvětlit podstatu určitého experimentu – vyslovují hypotézy a navrhnou postup k jejich ověření.

5.2.2.3 Metodika rozvoje tvořivosti při vyučování fyziky – obecná doporučení

Na základě závěrů předchozích kapitol a praktických zkušeností získaných ve výuce jsem již dříve vypracoval návrh **struktury tvořivé výuky fyziky**. Její efektivitu a účinnost jsem následně ověřoval ve výuce fyziky na základní škole. V následující tabulce jsou shrnuta doporučení pro jednotlivé fáze výuky:

1) Motivace		
Pro rozvoj tvořivosti je klíčová především úroveň vnitřní motivace.		
Aktualizace základních potřeb žáka	Potřeba poznávací	problémová metoda, řešení problémů
	Potřeba pozitivních vztahů	Navození pozitivní pracovní atmosféry, kdy je úspěch žáka ohodnocen uznáním učitele i spolužáků. Skupinová práce.
Zájem o předmět	Individualizace učiva	Žák má částečnou možnost výběru úloh podle svého zájmu.
Přiměřená výzva	Diferenciace učiva podle obtížnosti	Žák má možnost volby obtížnosti úlohy.
Mezipředmětové vztahy s více atraktivními předměty	IT, přírodopis, zeměpis	Do výuky začleňujeme témata těchto předmětů.
Přizpůsobení obsahu výuky	Důraz na aktivity, jež žáka baví a přitom jsou hodnotné.	Frontální a demonstrační experimenty, využití výpočetní techniky a internetu ve výuce.
2) Expozice nového učiva		
Nové učivo musí být osvojeno aktivně, nové poznatky se musejí stát pevnou součástí stávajících znalostí žáka. Informace jsou chápány jako stavební materiál řešení problémů.		
Konstruktivistické pojetí výuky	Žák buduje své poznatky na základě zkušeností získaných během aktivní činnosti ve vyučování.	
Problémový výklad	Ve výuce je navozen problém, který žáka silně aktivizuje a motivuje. K vyřešení problému musí žák získat potřebné informace. Vhodné je navození problému demonstračním experimentem, který je současně pro žáky motivující.	
Pojmové a myšlenkové mapování	Pojmové a myšlenkové mapy umožňují znázornit vztahy mezi pojmy. Tím pomáhají lépe vybudovat vztahový rámec probíraným pojmům, nové informace jsou lépe asociovány se stávajícími vědomostmi a jsou tak rychleji vybavitelné a k dispozici pro další použití.	
3) Aplikace a fixace učiva		
Řešení úloh	Problémové úlohy	Po zvládnutí úloh základní úrovně přichází na řadu řešení problémových úloh.
	Úlohy s neúplným zadáním a nonverbální úlohy	Další fází je oddělení problému od potřebných informací, tento proces je velmi důležitý pro osvojení vhodných algoritmů řešení.
	Divergentní úlohy (kap. 6.1)	Tradiční matematické a fyzikální úlohy jsou čistě konvergentního charakteru (vyžadující konvergentní složku myšlení). Pro tvořivost je ovšem klíčová divergentní složka myšlení.
	Heuristika	Žák si osvojuje některé metody tvůrčího řešení problémů, čímž se výrazně zvyšují jeho tvůrčí dovednosti a získává důležité pracovní kompetence.
	Myšlenkové mapování (kap. 6.2)	Užití myšlenkové mapy při řešení problémů umožňuje problém a jednotlivé kroky k jeho vyřešení analy-

		zovat, definovat informace potřebné k jeho vyřešení. Výrazně podněcuje kreativitu a umožňuje využít synergetický potenciál mozku.
4) Hodnocení		
<i>V tvůrčím procesu platí, že jedinec musí mít jednoznačnou a okamžitou zpětnou vazbu a musí být ke své činnosti silně motivován. Tuto roli plní ve výuce hodnocení, ve kterém obě tyto funkce částečně splývají. Motivace poskytovaná tradičním způsobem hodnocení je motivací vnější, přičemž pro tvůrčí činnost je klíčová především úroveň vnitřní motivace (viz první část této tabulky). Vnější motivace ve smyslu odměn a trestů má pro tvůrčí činnost minimální význam (tvůrčivý jedinec se odměňuje sám). Zásadní důležitost má tak především zpětnovazební složka hodnocení.</i> <i>V tvořivé výuce tradičních předmětů je nutné odlišit hodnocení tvůrčího výkonu od hodnocení znalostí žáků.</i>		
Hodnocení tvůrčího výkonu	Slovní individuální hodnocení	Zpětná vazba poskytnutá hodnocením tvůrčího výkonu žáka musí být bezprostřední, komplexní a individuální. V praxi to znamená slovní hodnocení vzniklého produktu včetně zhodnocení postupu vedoucího k tomuto produktu.
Hodnocení úrovně znalostí	Tradiční klasifikace	Tradiční pětistupňová klasifikace je přehledná a žáci i jejich rodiče jsou na tento typ hodnocení zvyklí. Obsah informace poskytované tímto hodnocením je velmi omezený. Tradiční postup v současných školách, kde žáci sbírají známky, z nichž je na konci pololetí vypočítán aritmetický průměr, nevypovídá o vývoji jedince. Tento druh hodnocení je pro žáka dosti stresující a současně vede k čistě vnější pragmatické motivaci k učení – sběr dobrých známek.
	Bodové hodnocení	Lépe informuje o vývoji žáka v průběhu času, případný dílčí neúspěch se nepřenáší dál, bodovou ztrátu je možné cílevědomou snahou dohnat. Bodové hodnocení vede k pozitivní soutěživosti, je lépe motivující a méně frustrující. Lidé nejsou na tento druh hodnocení zvyklí.
	Kombinované hodnocení	Kombinuje výhody tradiční klasifikace a bodového hodnocení. Žák je za své výkony hodnocen pomocí bodů, na konci stanoveného období je podle dosaženého počtu bodů přiřazen klasifikační stupeň.

Tab. 5.7: Struktura tvořivé výuky fyziky.

Závěry předběžného výzkumu prováděného na malém statistickém vzorku žáků v nedávné minulosti skutečně naznačily, že takto sestavená výuka vede v poměrně krátkém čase nejen k rozvoji tvůrčích dovedností, ale žáci si při takové výuce současně lépe osvojovali probírané učivo.

6 Netradiční nástroje pro rozvoj tvořivosti ve výuce fyziky

V následující kapitole představuji důležité dílčí výsledky své dosavadní práce. Ve snaze o navržení metodiky tvořivé výuky fyziky vyvstal problém nalezení vhodného materiálu, na němž by mohli žáci svou tvořivost rozvíjet. Výsledkem byl návrh tzv. *divergentních fyzikálních úloh*. Dále bylo potřeba nalézt efektivní nástroj tvůrčího řešení problémů. Jako vhodný nástroj se jeví *myšlenkové mapy*, které navrhl Tony Buzan a které jsem ve své práci aplikoval na řešení kvantitativních problémů. Všechny uvedené úlohy a příklady jsou originálním dílem.

6.1 Divergentní fyzikální úlohy

Jde o vysoce otevřené úlohy sloužící k rozvoji divergentního myšlení ve vyučování fyziky. Společným znakem těchto úloh je veliký počet možných řešení poskytujících žákovi prostor pro jeho tvořivost. Současně jsou tyto úlohy navrženy tak, aby při nich žák uplatňoval fyzikální znalosti. Praxe ukazuje, že je možné takové úlohy s úspěchem využít i při procvičování probraného učiva a diagnostice.

Následující výčet není zdaleka úplný, má být pouze inspirací pro vlastní tvůrčí činnost učitelů. Setkávají-li se žáci s podobnými úlohami poprvé, je vhodné zařadit „rozcvičku“ v podobě jednoduchých úloh 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 jejích 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 sedmého ročníku:

- 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 (stereotypy). Avšak i kvantitativní úlohy mohou být pojaty tvořivým způsobem. V prvním případě jde

o úlohy typu „Vypočítej a oživ úlohu“, kdy je úloha zadána pouze v podobě symbolů a čísel a úkolem žáků je vymyslet k 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 nejrůzněji dobře pobaví.

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

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

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

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

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

Myšlenkové postupy vedoucí k řešení nejsou 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 m³? 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 v plném rozsahu. 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 průměrné rychlosti, aby výsledek byl $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Ukázka práce žáků:

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

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

Ukázka práce žáků:

Nejrychlejší šnek urazil ve šnečím maratonu 1 km za 2,5 hodiny. Jakou rychlostí se plazil? (Ukázka žakovského řešení – viz obr. 6.1)



Obr. 6.1: 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.

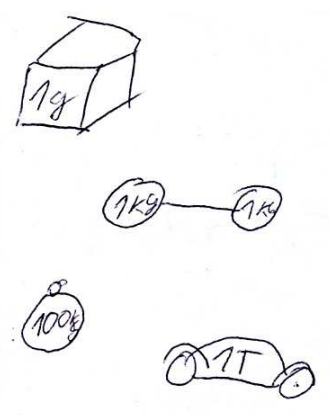
Jedním z důležitých úkolů při vyučování fyziky na základní škole je vypěstovat u žáků správnou představu o rozměru fyzikálních veličin. U žáků nižších ročníků se k tomuto

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:

Nakresli obrázek, na kterém budou spolu „účinkovat“ tělesa o hmotnostech 1 g, 1 kg, 100 kg a 1 t.

Dvě ukázky řešení. Čtenář necht' si sám udělá názor, nakolik byl který žák úspěšný:



Obr. 6.2.



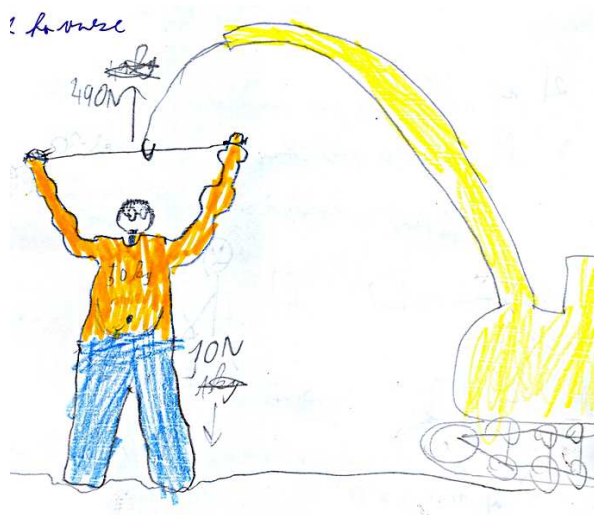
Obr. 6.3.

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...

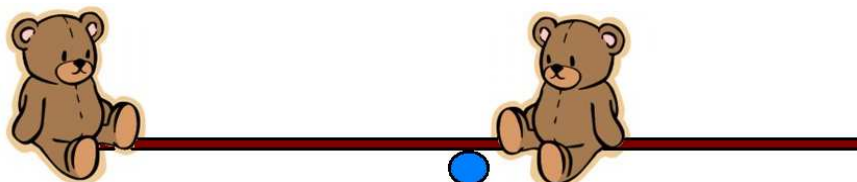
- *Nakresli obrázek na téma akce a reakce*
- *Nakresli obrázek na téma teplotní anomálie vody.*
- *Nakresli obrázek na téma $F = 10 \text{ N}$ (obr. 6.4).*
- ...



Obr. 6.2: Obrázek na téma $F = 10 \text{ N}$. Postavička o hmotnosti 50 kg je nadlehčována silou 490 N .

Divergentní úlohy mohou být často zadány formou obrázku. Následuje několik příkladů.

Na obrázku jsou vyobrazeni dva medvědi, kteří si hrají na houpačce:



Obr. 6.5: Dva medvídci na houpačce.

Po rozboru situace je úkolem vymyslet co nejvíce možných důvodů, proč zůstává houpačka na obrázku ve vodorovné poloze.

Výběr z odpovědí žáků:

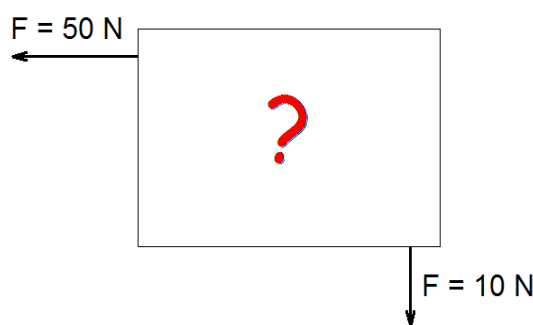
- Medvěd vpravo je těžší (naplněný kamením, nasáklý vodou);
- medvěd vlevo se opírá o zem;
- houpačka je zaseklá (například zarezlá);
- pravé rameno houpačky je ve skutečnosti mnohem delší než levé rameno;

- medvídci si hrají ve stavu bez tíže;
- u medvídky 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.

Do kategorie nonverbálních divergentních úloh lze také zařadit úlohy označované jako černá skříňka (black box), tj. úlohy, ve kterých má žák vymyslet – objevit zařízení, které se skrývá uvnitř „černé skříňky“, aby nastala zobrazená situace.

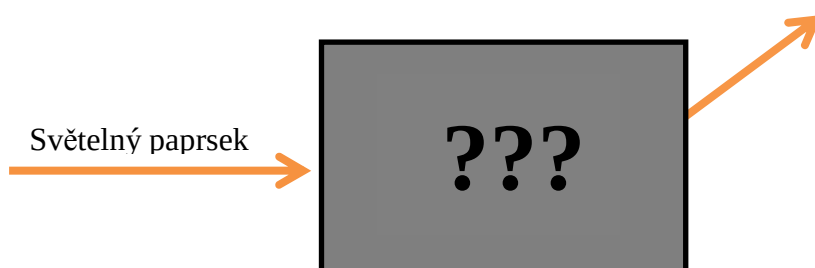
Příklad:

Odhal, jaké zařízení by se mohlo ukrývat uvnitř krabice.



Obr. 6.6: Černá skříňka – technický námet.

Kromě tradičních úloh z mechaniky a elektřiny lze zadávat i úlohy z jiných oblastí fyziky, vhodný je např. i tematický celek optika. Obrázek 6.7 ukazuje jednu variantu z mnoha zadávaných úloh.



Obr. 6.7: Černá skříňka – optika.

Na základě jednoduché analýzy obrázku, žáci dospějí k poznatku, že vnitřní zařízení (optický prvek) způsobuje změnu směru světelného paprsku. Následující úvahy potom

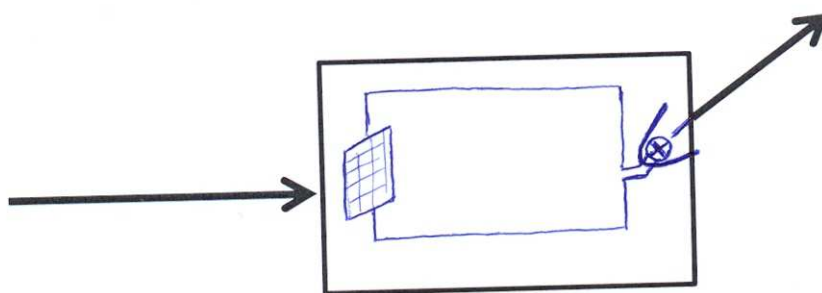
ukazují na žákovy znalosti z optiky a schopnost je použít, případně na schopnost vymýšlet různé složitější kombinace jednoduchých řešení. Od žáků můžeme očekávat následující řešení:

Uvnitř skřínky je:

- zrcadlo;
- čočka;
- optický hranol;
- optické vlákno;
-

Mnoho žáků uvádělo bližší specifikace uvedených optických prvků, tj. rovinné zrcadlo, rozptylka... Žáci s nejvíce vyvinutým tvůrčím myšlením vymýšleli různé kombinace těchto prvků, případně navrhovali vlastní „světlovody“ na principu opakovaného odrazu.

V několika případech se objevil návrh, ve kterém paprsek přicházející zleva, dopadem na solární článek či fotobuňku, spouští elektrický obvod obsahující vlastní světelný zdroj, který vyzařuje druhý lomený paprsek (viz obrázek 6.8).



Obr. č. 6.8: Zajímavé řešení divergentní úlohy.

Databáze divergentních úloh pro základní školu je součástí přílohy č. 2 této práce.

6.1.1 Metodické poznámky k zařazení divergentních úloh

Jednotlivé náměty divergentních úloh jsou natolik různé, že není možné uvést jednotný metodický postup pro jejich zařazení do výuky. Některé závěry je ale přece jen možné zobecnit.

Žáky motivujeme k originalitě. Utrpí-li přitom fyzikální správnost řešení, je nutné, aby po vyřešení úlohy následovala diskuse, ve které učitel společně se žáky uvede případné nedostatky na pravou míru. Tato následná diskuse je velmi důležitá a z didaktického hlediska současně hodnotná.

Řada z uváděných divergentních úloh je pro žáky poměrně náročná, proto je nutné k nim přistupovat zpravidla až po zvládnutí základní úrovně učiva. Žák rovněž musí být s podobnými úlohami seznámen. U některých úloh je zpočátku nutné, aby učitel poskytl žákům metodu řešení. Nejlépe patrné je toto v úloze typu „vymysli příklad“, které jsou pro žáky velmi náročné, současně jsou ovšem velmi cenné a snadno zařaditelné. Ze začátku je vhodné o postupu řešení se žáky diskutovat. U jednodušších úloh může být ovšem postup jiný. Konkrétní postup použitý v praxi může být například následující:

1. Žáci šestého ročníku dostali bez dalších instrukcí za domácí úkol navrhnout více způsobů, jak pomocí notebooku změřit šířku řeky Malše v centru Českých Budějovic.
2. Na další hodinu přinesli žáci svá řešení, která byla ve své podstatě až na výjimky shodná, lišila se v detailech. Žáci navrhovali zjistit rozměry notebooku a poté vícenásobným přikládáním notebooku šířku řeky změřit (například na mostě). Vtipnější řešení jedné žákyně spočívalo ve využití notebooku jako závaží na provaz, který přes řeku přehodí a poté změří délku provazu. Jeden chlapec navrhl řešení nalézt šířku řeky na internetu. Po zhodnocení všech obdržených řešení následovala diskuse a příklad „odvážnějších“ řešení:
 - Notebook je možné vyměnit za informaci o šířce řeky.
 - Z mnoha notebooků je možné postavit loď.

- Na internetu je možné loď objednat.
- Notebook je možné za loď vyměnit.

3. Po několika příkladech žáci rychle pochopili „pravidla hry“ a další originální a vtipné nápady se jen hrnuly.

Žáci budou zprvu přistupovat k řešení úloh tak, aby se úkolu co nejrychleji zbavili, a budou podávat nekvalitní neoriginální výkony. Je nezbytně nutné, aby žák znal kritéria hodnocení jeho práce (viz dále) a aby věděl, kdy bude hodnocena úroveň osvojení poznatků a kdy jeho tvořivost. Divergentní úlohy velmi dobře prokážou úroveň žákova porozumění probíranému učivu, dokonce lépe než tradiční úlohy. Bude-li je ovšem chtít učitel pro tento účel cíleně využít, nutně tím omezí tvořivost svých žáků, kteří nebudou ochotni riskovat neúspěch hledáním originálních řešení.

Z počátku je vhodné některé složitější úlohy zadávat jako skupinovou práci – skupina žáků se může navzájem inspirovat. Skupinová výuka je obecně považována za hodnotnou, někteří autoři [15] ovšem upozorňují, že skupina může jednotlivce v jeho tvořivosti spíše rušit. Různé organizační formy by měl učitel vhodně střídat.

Hodnocení divergentních úloh

Pro tvůrčí výkon při řešení divergentních úloh je hodnocení ve smyslu zpětnovazební informace o výkonu žáka klíčové. Tradiční klasifikace se ovšem jeví jako nejméně vhodná, protože odvádí žáka od procesu řešení a orientuje jej na splnění úkolu. Jako mnohem vhodnější se ukazují některé alternativní způsoby hodnocení, například hodnocení bodové. Nezbytné ovšem je, aby řešitel dostal jasnou informaci o splnění požadovaných kritérií.

Kritéria hodnocení divergentních úloh

Hodnocení divergentních úloh se liší od hodnocení tradičních úloh. Vzhledem k tomu, že správných řešení může být potenciálně velmi mnoho, je nutné stanovit kritéria, která budou předmětem hodnocení. Chceme-li hodnotit tvůrčí práci žáka pokud možno objek-

tivně, je nutné posuzovat každé kritérium zvlášť – pro každé z nich například zvolit určitou bodovou škálu. Při hodnocení tvůrčího řešení úlohy posuzujeme:

- **originalitu** řešení – ukazatelem originality je, kolikrát se obdobné řešení ve třídě objevilo;
- **propracovanost** řešení;
- **množství různých použitých kategorií** – lépe bude například hodnocen žák, který vymyslí více typově různých příkladů než žák, který bude množství úloh tvořit pouhou obměnou některých nepodstatných údajů;
- **fyzikální správnost** řešení.

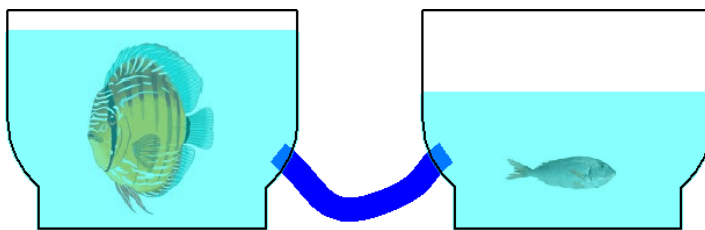
Znalost těchto kritérií je důležitá kromě učitele i pro žáka samotného. Pomáhá mu správně zaměřit svou snahu a současně umožňuje pochopit podstatu tvořivosti. Fyzikální správnost musí být posuzována vždy, a to přímým vyjádřením učitele nebo v rámci diskuse s ostatními žáky.

Závěrečnou poznámkou k hodnocení jakékoliv tvořivé práce ve výuce je, že toto hodnocení nesmí mít tak fatální charakter, jako tradiční klasifikace. Žák se nesmí cítit ohrožen, má-li být tvořivý. Tradiční honba za známkami jak ze strany učitele, tak ze strany žáka, tvořivosti neprospívá. Nejhorším nepřítelem tvořivosti je totiž orientace na úspěch a strach riskovat neúspěch hledáním alternativních řešení namísto starých osvědčených postupů.

Rozbor konkrétní úlohy

Pro ilustraci je snad vhodné na tomto místě provést hlubší rozbor konkrétní divergentní úlohy. Úloha byla vybrána z předběžného výzkumu, který jsem prováděl v rámci navrhování a ověřování metodiky tvůrčí výuky fyziky.

1. *Zadání úlohy: Na obrázku (obr. 6.10) jsou dvě akvária spojená trubicí. Pokus se vymyslet, proč není hladina v obou akváriích ve stejné výšce (důvodů může být mnoho):*



Obr. 6.9: zadání úlohy.

Úloha spadá svým obsahem do oblasti mechaniky kapalin. Rozpor vyvolaný obrázkem spočívá v tom, že hydrostatický tlak ve spojených nádobách musí být vyrovnaný. Je-li v obou nádobách stejná kapalina, k čemuž na obrázku vede přítomnost ryb v obou nádobách, měla by být hladina této kapaliny ve stejné výšce. Na základě fyzikální teorie se nabízí několik fyzikálně správných obecných řešení této úlohy (bez ohledu na reálnost):

- V nádobách je kapalina o různé hustotě (sladká voda / slaná voda; voda / líh).
- Tlak nad hladinou kapaliny v jednotlivých nádobách se liší.
- Každá nádoba se nachází na místě s jiným tíhovým zrychlením (například na jiné planetě).

Jiná správná řešení, která nevyplývají přímo z fyzikální teorie, jsou:

- Nádoby ve skutečnosti nejsou ve stejné výšce.
- Hladina kapaliny v nádobách se právě vyrovnává.
- Měřítko obrázku není správné, obrázek levé nádoby je zvětšen.
- Trubice je ucpaná, popřípadě není trubicí.

Rozdílná velikost ryb na obrázku má svést žáky k úvaze o množství kapaliny vytlačené rybou jako vysvětlení rozdílné hladiny. Taková úvaha, ač správná, ovšem nevede ke správnému vysvětlení situace na obrázku.

Odpovědi žáků

Jednotliví žáci se podle svých odpovědí rozdělili do dvou hlavních skupin. Určitá část omezila svá řešení na zodpovězení otázky, proč je hladina v obou nádobách rozdílná. Je zřejmé, že tito žáci nepochopili skutečný problém. Hladina by mohla být rozdílná prostě proto, že je v každé nádobě jiné množství kapaliny. Tito žáci často navrhovali svá řešení na základě úvah o rozdílné velikosti ryb, někteří navrhovali, že pravá ryba vodu upila a jiní, že vodu vycákala.

Druhá skupina správně identifikovala problém a hledala odpověď na otázku, proč se hladina kapalin nevyrovnává, ačkoliv hladina ve spojených nádobách má být stejná. Úvahy této skupiny byly většinou fyzikálně správné, lišily se konkrétním zpracováním odpovědi. Součástí hodnocení úlohy byla fyzikální správnost, originalita a množství různých správných odpovědí.

Jednotlivé odpovědi v obou kategoriích řešitelů jsem rozdělil do určitých typově shodných řešení (tab. 6.6). Celkový počet žáků, kteří řešili tuto úlohu, bylo 47:

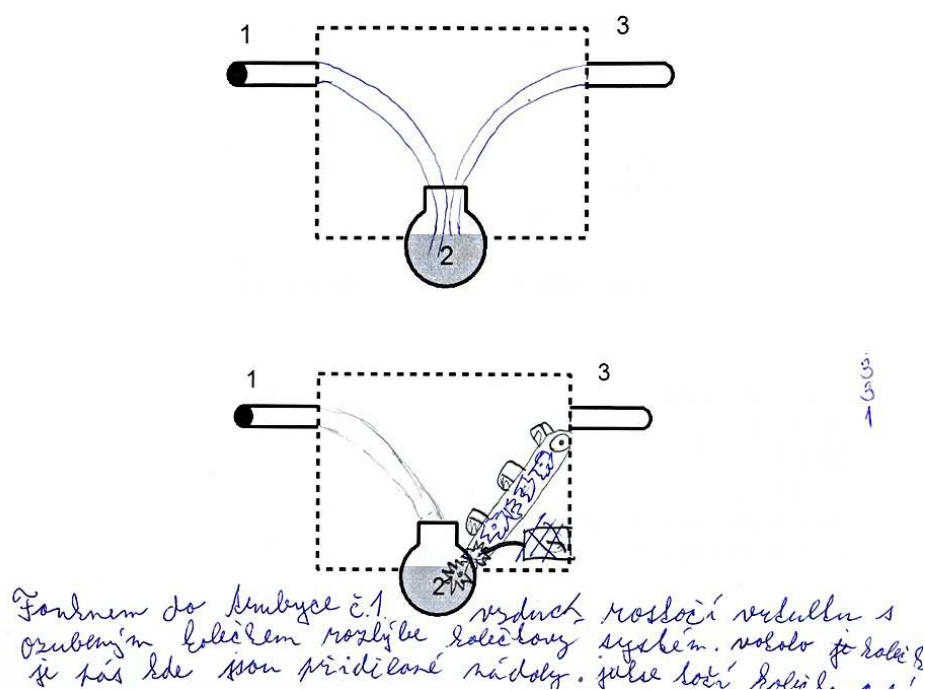
Typické řešení	Počet řešitelů
Ryba v prvním akváriu má větší objem, vytlačuje tedy větší objem kapaliny	29
Trubice je ucpaná, hladina se nemůže vyrovnat.	19
Pravé akvárium je ve skutečnosti ve větší výšce.	6
Je rozdíl v tlaku plynu nad hladinou kapaliny v obou nádobách.	5
Ryba v pravém akváriu vodu upila.	3
V nádobách jsou kapaliny o různých hustotách.	3
Kapalina se právě vyrovnává.	2
Ryba v pravém akváriu vodu vycákala.	2
Situace je znázorněna ve špatném měřítku, levá nádoba je na obrázku zvětšena.	2
Pravé akvárium je nakloněné.	1
Nádoby ve skutečnosti nejsou spojené, co vypadá jako hadice, ve skutečnosti není hadice.	1
V pravém akváriu je nalito méně vody.	1
Z pravé nádoby kapalina odtéká dírou rychleji, než přitéká z levé nádoby.	1

Tab. 6.6: Četnost typických řešení divergentní úlohy.

Odpovědi jsou seřazeny podle četnosti výskytu, nikoliv podle jejich správnosti. Správná řešení úlohy jsou zvýrazněna tučným písmem. Z nich jsou z pohledu teorie tvorivosti nejcennější ta, která svědčí o neobvyklém pohledu žáka na zadání, kdy se žák ne-

nechal tímto zadáním omezit a vnesl do obrázku vlastní řád. Tvořivý žák tak nemá problém uvést, že jsou nádoby ve skutečnosti v jiné výšce nebo že je každá nádoba znázorňena v jiném měřítku. Z pohledu fyzikálního odůvodnění situace na obrázku jsou naopak velmi zajímavé odpovědi uvažující rozdílnost hustot nebo rozdílný tlak nad hladinami, které svědčí o hlubokém porozumění látce.

Zadání následující úlohy znělo: Uvnitř krabice je ukryt neznámý mechanismus. Fouknu-li do trubice (1), kapalina z nádoby (2) začne vytékat z trubice (3). Odhal, jaký mechanismus by se mohl uvnitř krabice ukrývat. Dvě různá řešení jsou uvedena na obrázku 6.10.



Obr. 6.10: Dvě různá řešení úlohy.

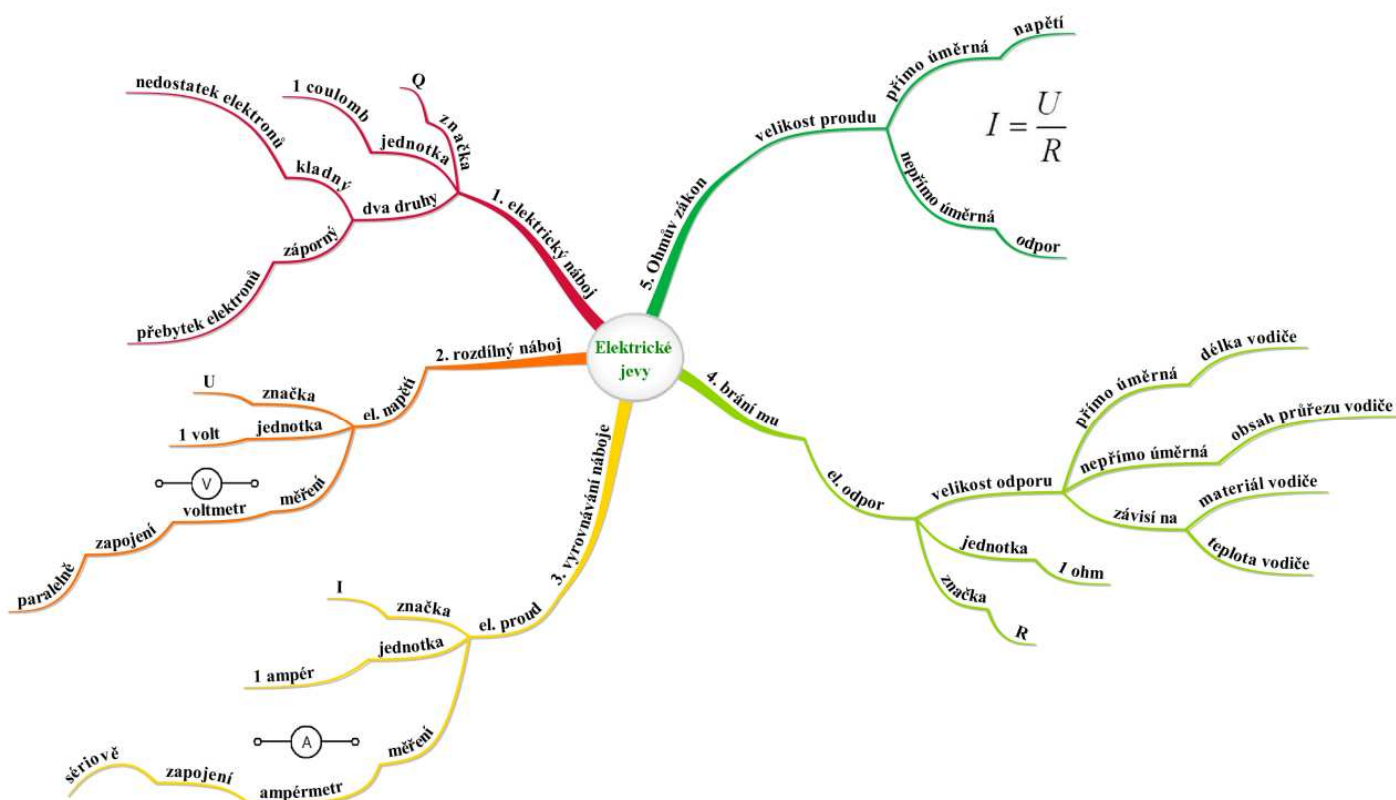
Horní řešení – fyzikálně správné – spočívá v úvaze, že fouknutím do trubice dojde ke zvýšení tlaku v nádobě a kapalina bude vytlačena druhou trubicí ven. Spodní řešení podle komentáře žáka spočívá v tom, že fouknutím dojde roztočením vrtulky k rozpořívání jakéhosi korečkového dopravníku, který dopraví kapalinu z nádoby do trubice č. 3. Obě řešení jsou v zásadě technicky a fyzikálně správná, rozdíl je v míře uplatněné kreativity.

Maximálního účinku při zařazení divergentních úloh dosáhne učitel důsledným hodnocením a následnou diskusí získaných odpovědí. Učitel, který úlohy hodnotí, ovšem musí vědět, které odpovědi jsou skutečně původní a které si žák zapamatoval při řešení podobné úlohy v minulosti. Má-li být hodnocení tvořivých schopností žáka objektivní, musí být předkládané úlohy po žáka nové. To je problém obecně známý z problémové výuky.

6.2 Myšlenkové mapy ve vyučování fyziky

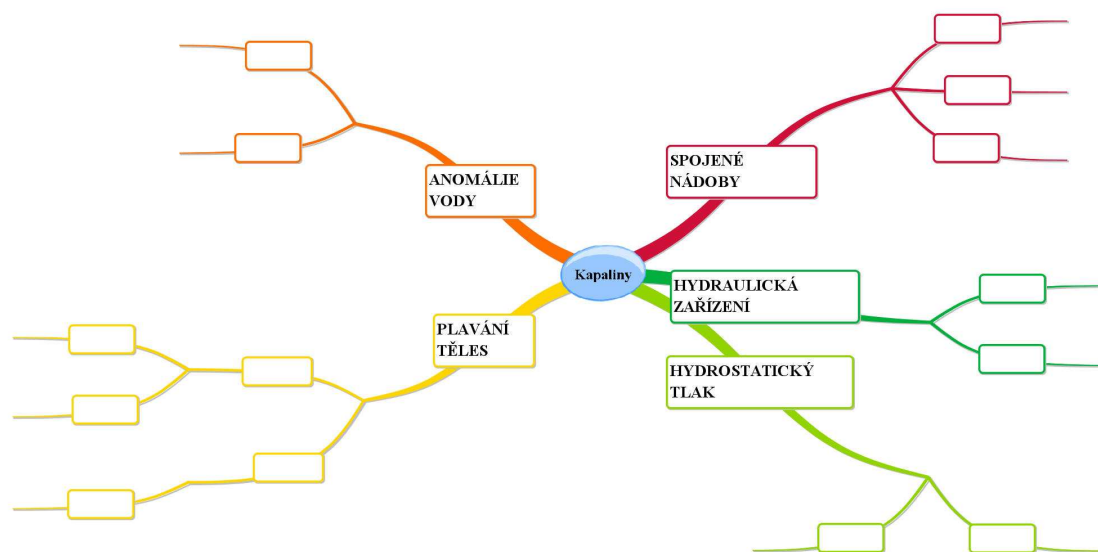
6.2.1 Presentace učiva a diagnostika

Využití pojmových map ve vyučování spočívá v prezentaci učiva grafickým znázorněním vzájemných vztahů a interakcí mezi pojmy. Abychom ovšem mohli tímto způsobem nahradit běžný zápis učební látky, musí být žáci na takovou formu záznamu učiva zvyklí. Výhodné je využívat pojmové mapy jako shrnutí určitého okruhu učiva (viz obr. 6.11), které pomůže žákovi vytvořit vhodnou strukturu učiva, propojit nové poznatky mezi sebou navzájem a současně vytvořit spojení se starými vědomostmi.



Obr. 6.11: Pojmová mapa učiva.

Pokud jsou již žáci seznámeni s tímto metodickým nástrojem, je možné využít myšlenkové a pojmové mapy též jako zajímavý nástroj k diagnostikování znalostí žáků a jejich porozumění učivu. K tomu lze využít úlohy předkládané formou „slepých map“, do kterých žáci vpisují jednotlivé pojmy, případně zakreslují nové větve. Příklad takové „slepé mapy“ je uveden na obrázku 4.4. Žáci mají za úkol do prázdných políček vpisovat pojmy *hustota kapaliny*, *zvedák*, *zdymadlo*, *voda u dna: 4 °C*, *vztlaková síla*, *hloubka*, *lis*, *hladina*, *ve stejné výšce*, *led plave*, *hadicová vodováha*, *hmotnost tělesa*, *hustota tělesa*, *objem tělesa*, *tíhová síla* a dále mohou do mapy zakreslovat vlastní větve a připojovat další pojmy.



Obr. 6.12: Slepá mapa.

6.2.2 Mentální mapování při řešení problémových úloh – grafický záznam řešení kvantitativních úloh

Při studiu myšlenkových map mě napadlo aplikovat tento nástroj na řešení problémových úloh, na které klade výuka fyziky tradičně veliký důraz. Toto využití se nakonec jeví jako velmi zajímavé a zaslouží si další pozornost.

Řešení fyzikálních úloh předchází fyzikální analýza popsané situace. Samotné řešení spočívá v nejjednodušších případech v uvedení jednoduchého vztahu pro výpočet hodnoty hledané fyzikální veličiny, ve složitějších případech musí řešitel ke konečnému obecnému řešení úlohy dospět postupnými úpravami. Analytický postup řešení úloh, při kterém jsou neznámé členy v základním vztahu postupně nahrazovány známými veličinami, je pro žáky základních škol v praxi značně obtížný. Obtíže zde žákům činí abstraktní matematický zápis postupu a příslušné matematické úpravy. Lépe zvládnutelný, a proto také na základní škole častější, je pro žáky postup syntetický, při němž řeší zvlášť jednotlivé členy základního vztahu a v závěru spojují dílčí řešení do podoby konečného výsledku. V obou případech ovšem platí, že ke schopnosti obecného řešení úlo-

hy musíme žáky systematicky vést. Řešení úloh je v praxi zpravidla kombinací analytických a syntetických postupů.

Alternativou k tradičnímu abstraktnímu matematickému zápisu postupu, která může rozvíjet žádané schopnosti řešení obtížnějších úloh, je právě využití myšlenkového mapování, které umožňuje názorné grafické zobrazení analyticko-syntetických myšlenkových procesů uplatňovaných během samotného řešení úlohy. Použití mentálního mapování, které je navrženo tak, aby bylo pro lidský mozek co nejpřirozenější a nejpřívětivější, je možné překonat úvodní obtíže s abstraktním matematickým zápisem. Nejde ovšem v žádném případě o nahrazení tradičních postupů, ale pouze o jejich doplnění tak, aby byly pro začátečníky a méně zdatné žáky „stravitelnější“. Tím získáváme ve vyučování možnost lépe u svých žáků rozvíjet příslušné schopnosti.

Typickým příkladem úloh, při jejichž řešení jsou již na základních školách vyžadovány relativně složitější matematické úpravy, jsou úlohy o pohybu. Příklad úlohy na výpočet průměrné rychlosti, která může být zadána již žákům na základní škole:

Pan Kotrba zaznamenává svou cestu do práce pomocí GPS. Prvních 15 min se pohybuje automobilem ve městě průměrnou rychlostí $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, po opuštění města se dále se po dobu 0,5 h pohybuje průměrnou rychlostí $80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Posledních 6 min jde pěšky průměrnou rychlostí $5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Urči průměrnou rychlost pana Kotrby na jeho cestě do práce.

Po předchozí analýze situace řešitel vychází z obecného vztahu pro výpočet průměrné rychlosti a do vztahu postupně dosazuje dílčí vztahy tak, aby veličiny v úvodním vztahu nahradil známými veličinami uvedenými v zadání úlohy. Takto vyřeší odděleně celkovou dráhu a celkový čas pohybu a poté dílčí výsledky spojí. Jde tedy o kombinaci analytického a syntetického řešení. V tradičním zápisu může řešení úlohy vypadat následovně:

$$v_p = \frac{s}{t}$$

$$v_p = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3}$$

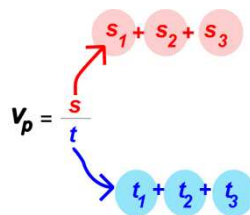
$$v_p = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2 + v_3 t_3}{t_1 + t_2 + t_3} \quad (\text{obecné řešení})$$

$$v_p = \frac{40 \cdot 0,25 + 80 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,1 \text{ km}}{0,25 + 0,5 + 0,1} \text{ h}$$

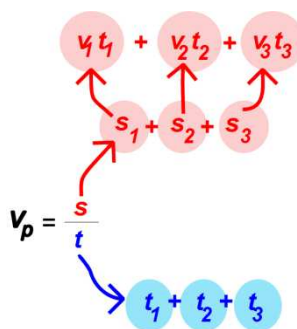
$$\underline{\underline{v_p = 59,4 \frac{\text{km}}{\text{h}}}}$$

Grafický záznam řešení je znázorněn následující sekvencí obrázků, přičemž konkrétní grafické zpracování je zcela individuální. Zprvu je ovšem vhodné zavést se svými žáky jednotný způsob.

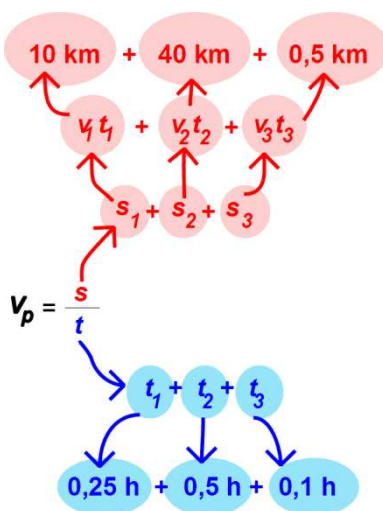
Řešení úlohy zaznamenané pomocí mentální mapy:



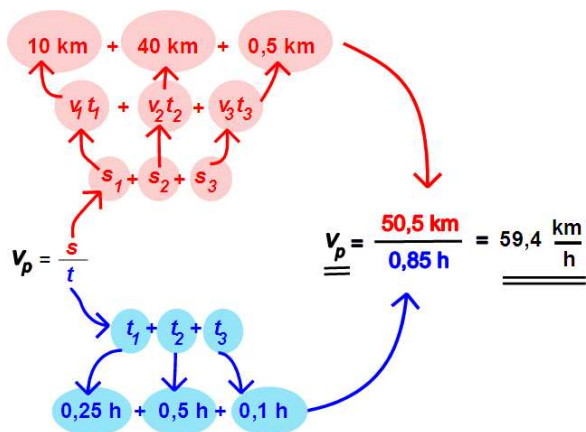
Obr. 6.13: Řešení úlohy, krok 1 – postupné rozvíjení dílčích členů základního vztahu.



Obr. 6.14: Řešení úlohy, krok 2.

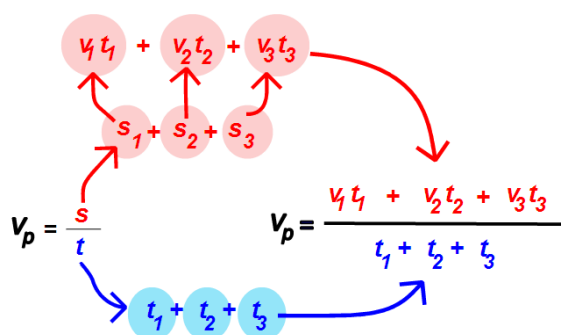


Obr. 6.15: Řešení úlohy, krok 3 – dosazení známých veličin a výpočet délky dílčích dráhových úseků.



Obr. 6.16: Řešení úlohy – závěr.

V průběhu řešení je též možné odbočit dříve a formulovat obecné řešení úlohy:



Obr. 6.17: Obecné řešení úlohy.

Důležité při použití myšlenkové mapy je, že řešitel nevidí hned celou hotovou mapu, ale je svědkem její tvorby, případně je sám jejím tvůrcem. Postupný rozvoj mapy kopíruje myšlenkový postup řešení a v případě frontální práce je doprovázen patřičnou diskusí. Žák tak může názorně sledovat myšlenkový proces vedoucí k řešení úlohy. Mapa je tedy tvořena během procesu řešení problému nebo během diskuse o možném řešení. Učitel může například na základě diskuse se žáky postupně mapu kreslit na tabuli nebo ji může vytvořit pomocí vhodného softwaru a promítat. Ať už mapu kreslí učitel nebo žák, postup je vždy takový, že tvůrce mapy začíná od ústředního obecného vztahu, v tomto případě vztahu pro průměrnou rychlost, a postupně mapu rozvíjí. Cílem by mělo být nejen názorně vysvětlit řešení určité úlohy či problému, ale především naučit žáka schopnosti takovou mapu sám vytvořit, což znamená, že je schopen uvědomit si a přesně zachytit svůj vlastní myšlenkový postup.

Jiný příklad využití myšlenkové mapy ke znázornění analytického postupu řešení úlohy:

Zadání: V popisu oběhového čerpadla je uvedeno: Výkon $3 \text{ m}^3/\text{hod}$ při maximální dopravní výšce 6 metrů. Určete z těchto údajů výkon čerpadla ve wattech.

Matematický zápis řešení:

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{F \cdot h}{t}$$

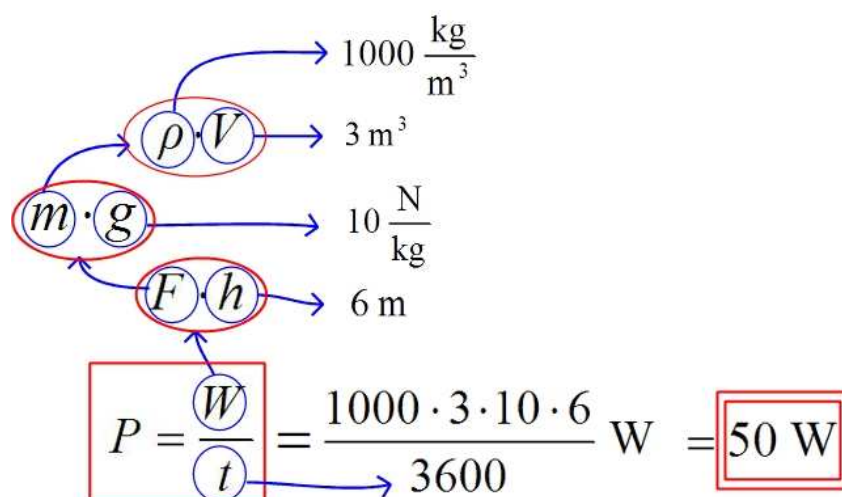
$$P = \frac{m \cdot g \cdot h}{t}$$

$$P = \frac{\rho \cdot V \cdot g \cdot h}{t}$$

$$P = \frac{1000 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 6}{3600} \text{ W}$$

$$P = 50 \text{ W}$$

Rozbor a řešení úlohy pomocí myšlenkové mapy:



Obr. 6.18: Řešení úlohy.

Výchozí definiční vztah pro výkon je postupně analyzován a rozvíjen, přičemž hodnoty známých veličin jsou postupně vypisovány do jednoho sloupce, kde jsou přehledně uvedeny pro další postup. Po provedení úvodní analýzy je úloha dále řešena tradičně.

Příklad úloha z oblasti řešení elektrických obvodů:

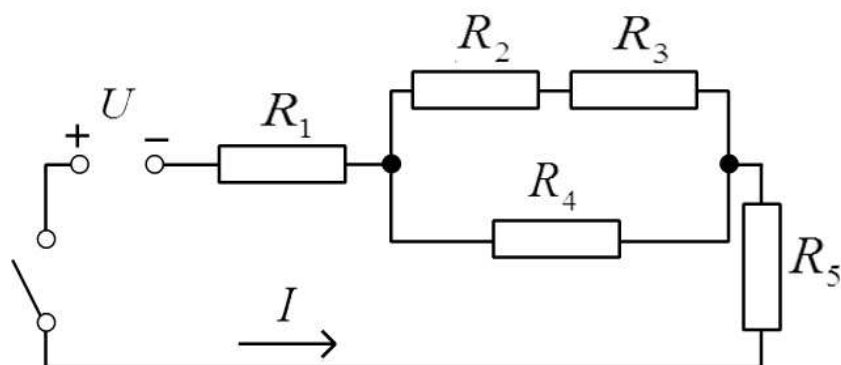
Urči celkový elektrický proud protékající obvodem podle schématu, je-li napětí na zdroji $U = 20 \text{ V}$ a jednotlivé rezistory mají hodnoty odporu:

$$R_1 = R_5 = 200 \, \Omega;$$

$$R_2 = 300 \, \Omega;$$

$$R_3 = 500 \, \Omega;$$

$$R_4 = 800 \, \Omega.$$



Obr. 6.19.: K zadání úlohy.

Obecné řešení úlohy pomocí matematického zápisu (na úrovni základní školy neočekáváme, že by žáci byli schopni dosáhnout této úrovně abstrakce, úloha by zde byla řešena po částech a teprve po určení celkového odporu by byla jeho hodnota dosazena do vzta-
hu pro výpočet celkového elektrického proudu):

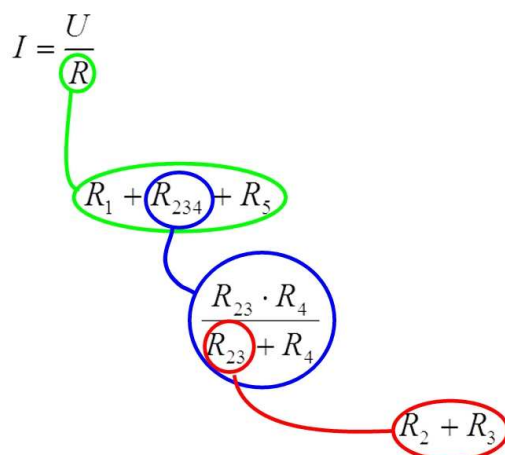
$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{U}{R_1 + R_{234} + R_5}$$

$$I = \frac{U}{R_1 + \frac{R_{23} \cdot R_4}{R_{23} + R_4} + R_5}$$

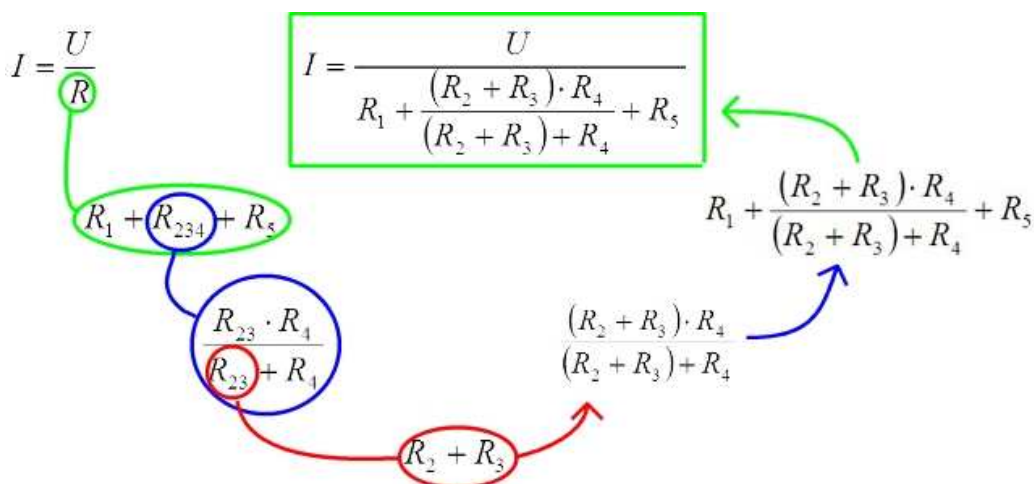
$$I = \frac{U}{R_1 + \frac{(R_2 + R_3) \cdot R_4}{(R_2 + R_3) + R_4} + R_5}$$

Rozbor pomoc grafického záznamu:



Obr. 6.20. Grafický záznam řešení.

V „mapování“ řešení by bylo možné dále pokračovat zpětným dosazováním dílčích vztahů až k dosažení obecného řešení (obr. 6.21). Takový postup je ale poněkud samoučelný a výslednou mapu činí nepřehlednou.



Obr. 6.21. Řešení úlohy.

Zajímavým cvičením správného matematického zápisu postupu řešení je dát žákům úkol, aby hotovou mapu řešení přepsali pomocí tradičního matematického zápisu. Tento postup lze provést i opačně – z matematického zápisu žáci kreslí myšlenkovou mapu, čímž se učí „překládat“ matematický jazyk do podoby grafického diagramu. V obou případech platí, že žáci musí být s tímto způsobem práce již obeznámeni.

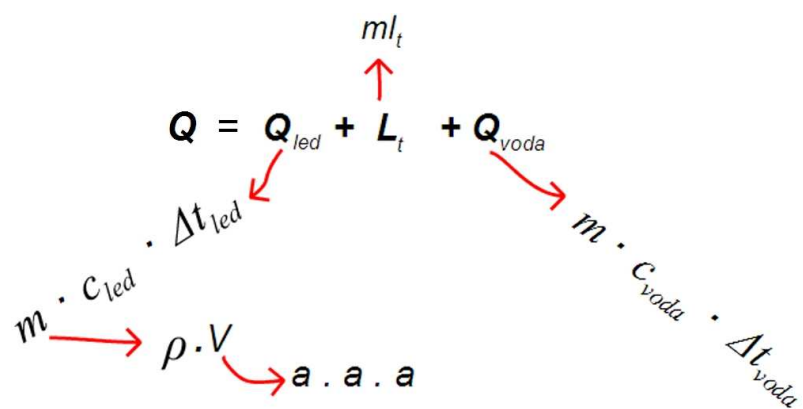
Na konečné úrovni by měli být žáci schopni řešit složitější úlohy oběma způsoby, tj. s využitím tradičního zápisu doplněného o myšlenkovou mapu řešení. Zadání může znít například: „*Urči průměrnou rychlost pohybu pana Kotrby na jeho cestě do práce a nakresli mapu řešení.*“

Už v posledním uvedeném příkladu – řešení elektrického obvodu – je zřejmé, že myšlenková mapa nemusí nutně obsahovat celé řešení úlohy, to někdy dělá u složitějších úloh výslednou mapu poněkud nepřehlednou a navíc není nezbytně nutné uvádět do mapy závěrečné, víceméně banální operace spočívající v dosazení zadaných hodnot a výpočet numerického výsledku. Mapa řešení má největší význam ve fázi analýzy budoucího řešení.

Příklad: *Urči, kolik tepla musí přijmout kostka ledu (tvaru krychle) o délce hrany 2 cm, aby se změnila na kapalinu o teplotě 10 °C. Počáteční teplota ledu je – 5 °C.*

Jde o úlohu s neúplným zadáním, k jejímuž vyřešení je nutné některé údaje zjistit z jiných zdrojů (hustota ledu, měrná tepelná kapacita ledu a vody, skupenské teplo tání ledu).

Vzniklá mapa (obrázek 6.22) je výsledkem předchozí fyzikální analýzy zadané úlohy, během které žáci objeví základní myšlenku řešení úlohy, a sice že je nutné rozdělit řešení na tři části – ohřev ledu z teploty -5 °C na teplotu tání (v mapě označeno Q_{led}), samotné tání ledu, při níž těleso musí přijmout skupenské teplo tání (L_t) a ohřev vody z teploty tání na teplotu + 10 °C (Q_{voda}). V tuto chvíli začínají tvořit mapu – postupně rozvíjejí jednotlivé větve, až všechny neznámé veličiny nahradí veličinami známými. Uvedená jednoduchá mapa přehledně a srozumitelně znázorňuje základní myšlenkový postup při řešení této úlohy. Je v ní záměrně znázorněna pouze základní struktura řešení uvedené úlohy. Konkrétní řešení je otázkou dalšího, víceméně standardního postupu.



Obr. 6.22: Myšlenková mapa – struktura řešení úlohy.

7 Úspěšnost při řešení divergentních fyzikálních úloh

Výzkum se žáky sedmých ročníků základních škol v Českých Budějovicích

7.1 Definování výzkumného problému a cíle výzkumu, postup výzkumu

Na základě teoretického studia dostupné literatury a vlastní pedagogické praxe byl stanoven následující cíl výzkumu: *Nalézt případné korelace mezi úspěšností při řešení divergentních fyzikálních úloh a individuálními vlastnostmi řešitele, mezi které byly zahrnuty genderové rozdíly, studijní výsledky a vztah k fyzice jako vzdělávacímu předmětu.* Výzkumu byli podrobeni žáci, kteří neměli předchozí zkušenosti s řešením úloh tohoto typu, což bylo ověřeno během rozhovoru s vyučujícími. Výzkumná zjištění mohou pomoci zaměřit budoucí práci v oblasti rozvoje kreativity a tvůrčího řešení problémů ve fyzice označením těch aspektů vstupujících do vyučovacího procesu, které lze cíleně ovlivnit a které nikoliv.

Ke splnění stanoveného cíle a vyřešení výzkumného problému byl sestaven test obsahující úvodní dotazníkovou část a sadu divergentních úloh vhodných k diagnostice schopnosti podobné úlohy řešit. Úvodní dotazník zjišťuje studijní výsledky žáků ve vybraných předmětech a jejich vztah k výuce fyziky a výuce obecně (viz příloha 1). Vypracovaný dotazník s připravenými úlohami byl během března a dubna 2011 upraven na základě analýzy výsledků předvýzkumu a v květnu 2011 byl zadán na vybraných základních školách.

7.1.1 Výzkumné hypotézy

Na základě výše stanoveného výzkumného problému byly stanoveny jednotlivé výzkumné hypotézy, které byly výzkumem ověřovány.

Pro potřeby matematického zpracování získaných dat byly hypotézy formulovány jako nulové, tedy předpokládající neexistující korelační vztah mezi měřenými prvky – pohlavím žáků, studijními výsledky, vztahem k fyzice a úspěšností při řešení vybraných divergentních úloh.

H₀₁: Neexistuje významný vztah mezi pohlavím řešitele a úspěšností při řešení divergentních úloh.

H₀₂: Neexistuje významný vztah mezi studijními výsledky žáka a úspěšností při řešení divergentních úloh.

H₀₃: Neexistuje významný vztah mezi vztahem žáka k vyučovacímu předmětu fyzika a úspěšností při řešení divergentních úloh.

Tato hypotéza byla následně rozdělena na dvě dílčí pomocné hypotézy označené jako H_{03a} a H_{03b}:

H_{03a}: Neexistuje významný vztah mezi oblíbeností fyziky jako vyučovacího předmětu a úspěšností při řešení divergentních úloh.

H_{03b}: Neexistuje významný vztah mezi vnímanou obtížností fyziky a úspěšností při řešení divergentních úloh.

7.1.2 Testovací nástroj

Připravený test zadávaný žákům při výzkumu se sestával ze dvou částí. V první vstupní části odpovídali žáci anonymně na otázky týkající se:

- jejich pohlaví;
- oblíbenosti vybraných vyučovacích předmětů – na škále 1 – 8 srovnávali předměty český jazyk, matematika, fyzika, přírodopis, zeměpis, dějepis, výtvarná výchova a hudební výchova, přičemž 1 znamená nejoblíbenější předmět;

- studijního prospěchu – žáci uváděli známku na posledním vysvědčení z předmětů český jazyk, matematika, fyzika, přírodopis, zeměpis, dějepis;
- míry toho, jak moc žáka baví fyzika – žáci vybírali z možností „Hodně mě baví“, „Docela mě baví“, „Moc mě nebaví“ a „Vůbec mě nebaví“;
- pocítované obtížnosti vybraných předmětů – na škále 1 – 6 srovnávali vyučovací předměty český jazyk, matematika, fyzika, přírodopis, zeměpis a dějepis, přičemž 1 znamená nejméně obtížný předmět.

Ve druhé části měli žáci za úkol řešit šest fyzikálních úloh divergentního typu, které byly vybrány tak, aby je mohl řešit žák bez předchozích zkušeností s takovými úlohami. Obsahem byly zaměřeny na učivo fyziky sedmého ročníku:

*B1 Jak lze využít v hodinách fyziky PET lahev? Navrhni **co nejvíce** možností.*

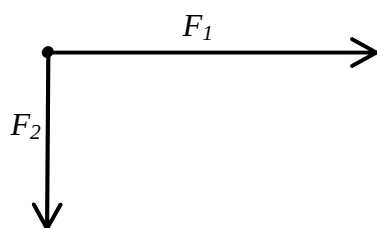
Komentář: PET lahev představuje předmět, který je běžně užíván ke specifickému účelu. Žák s nižší úrovní kreativity nedokáže tuto bariéru překonat a přiřadit tomuto předmětu jinou funkci. PET lahev není nutné používat pouze jako nádobu na kapalinu. Překoná-li žák tuto „funkční fixaci“, velmi rychle se jeho tvůrčí výkon zlepší. Žáci při vyplňování dotazníků také velmi často popisovali konkrétní pokusy s využitím PET lahve, které někdy v hodině fyziky viděli. Mezi časté odpovědi rovněž patřilo využití PET lahve jako tělesa, u kterého jsou zjišťovány rozměry, hmotnost, případně hustota. V několika případech se objevilo využití plné PET lahve jako závaží nebo využití PET lahve k podepření páky.

*B2 Představ si, že jsi byl převezen na Měsíc ($g = 1,6 \text{ N/kg}$). Vyjmenuj **alespoň pět věcí**, které zde nebudou fungovat nebo budou fungovat jinak než na Zemi.*

Komentář: Zatímco první úloha neklade téměř žádné nároky na fyzikální znalosti řešitele, druhá úloha již vyžaduje jistou analýzu informací na základě znalostí z fyziky. Žák si musí uvědomit (zpravidla mu to, i vzhledem k zadanému tíhovému zrychlení g , nečiní žádné potíže), v čem se liší prostředí Země a Měsíce. Nejčastější chybou v této fázi rozhodování byla chybná domněnka, že na Měsíci gravitační síla vůbec nepůsobí. Žáci uváděli, že na Měsíci působí menší gravitační, respektive tíhová síla, dále že Měsíc nemá at-

mosféru, že zde není voda a že není obydlen. V další fázi se měl řešitel zamýšlet, jaké důsledky takové změněné podmínky mají. Ne každý žák to udělal. Jen pro zajímavost – odpověď se zdaleka nejvyšší četností v různých formulacích bylo, že na Měsíci není signál mobilních operátorů a internetu.

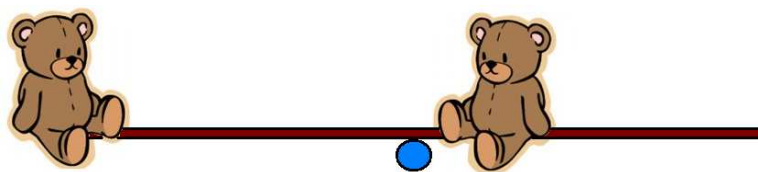
*B3 Popiš **různé situace**, které mohou být znázorněny dvojicí sil na obrázku:*



Obr 7.1: K zadání úlohy B 3.

Komentář: Řešitel měl vymýšlet a popisovat situace, při nichž na těleso působí dvě kolmé síly. Vzhledem k tomu, jak je silový diagram nakreslen, připisovali vektor F_2 nejčastěji tíhové síle. Povaha síly F_1 se pak lišila – například jedoucí automobil (tíhová síla a hybná síla motoru) nebo třeba parašutista, na kterého kromě tíhové síly působí kolmo síla větru. Menší počet žáků řešil silový diagram jako libovolnou dvojici kolmých sil – často srážka dvou těles, přetahování lanem kolem nějaké tyče, nebo například loďka plující přes řeku.

*B4 Dva medvědi si hrají na houpačce. Vymysli **co nejvíce možných důvodů**, proč zůstává houpačka na obrázku ve vodorovné poloze.*



Obr. 7.2: K zadání úlohy B 4.

Komentář: Houpačka, která může být modelována dvouramennou pákou, je na obrázku ve vodorovné poloze, ačkoliv dva stejně velcí medvědi sedící na houpačce jsou v různé vzdálenosti od osy otáčení. Žáci měli za úkol vymyslet co nejvíce důvodů vysvět-

lující tuto situaci. Tato úloha nabízela nejširší paletu různých odpovědí. Ve vypracovaných dotaznících se objevovalo několik kategorií řešení:

- Nejčastější odpovědí, která se okamžitě nabízí, byla rozdílná hmotnost obou medvědů. Méně žáků již řešilo, proč je tato hmotnost rozdílná:
 - vlevo plyšový medvěd, vpravo skutečný medvěd;
 - medvěd vpravo je naplněn kamením;
 - medvěd vpravo je mokrá (nasátý vodou).
- Více žáků vysvětlovalo, že jsou oba medvědi příliš lehcí, než aby „houpačka jejich tíhu vůbec pocítila“, čímž nepřímou a nevědomě připustili existenci třetí síly v ose otáčení.
- Na pravé straně je houpačka ve skutečnosti delší – započítali tedy tíhu samotné houpačky.
- Houpačka je podepřená, jeden z medvědů se popřípadě opírá „nohama“ o zem.
- Houpačka je „zaseknutá“, nemůže se houpat.
- Houpačka je umístěná ve stavu bez tíže.
- Medvěd vpravo se nachází na místě s nižší intenzitou gravitačního pole.
- Je to statické vyobrazení, obrázek nedokáže znázornit, že se medvědi ve skutečnosti houpají.
- Autor obrázek nakreslil špatně.

B5 Vypočítej příklad a vymysli krátký příběh, který bude sloužit jako slovní zadání tohoto příkladu (příběh můžeš doplnit obrázkem).

$$h = 2,5 \text{ m}$$

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

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

$$p_h = ? \text{ Pa}$$

*B6 Vymysli příklad nebo více příkladů, aby výsledek byl **100 N**.*

Úlohy byly následně hodnoceny podle běžných kritérií stanovených pro hodnocení divergentních úloh (kapitola 6.1.1). Body byly řešitelům přiřazovány za množství jednotlivých kategoricky odlišných řešení, správnost řešení a originalitu řešení.

Validita a reliabilita testovacího nástroje, předvýzkum

Výzkumu předcházela předvýzkum prováděný na základní škole dva roky po sobě. V první fázi, na jaře 2010, šlo o porovnávání úspěšnosti dvou skupin žáků při řešení klasických fyzikálních úloh a divergentních úloh (výsledky tohoto předvýzkumu jsou uvedeny v [48]). Na jaře 2011 byl sestaven test pro aktuální výzkum. Tento hotový test s vybranými úlohami byl na jaře 2011 zadán skupině přibližně třiceti žáků. Po vyhodnocení a analýze získaných výsledků s ohledem na jeho validitu a reliabilitu byl dotazník vhodně upraven a celý postup zopakován s jinou skupinou žáků. V konečné podobě byl dotazník zadán asi čtyřicetičlenné „experimentální“ skupině žáků, kteří v té době již měli zkušenosti s tvůrčí výukou fyziky a řešením divergentních úloh. Výsledky této skupiny nebyly zařazeny do výzkumu. S výzkumným vzorkem jsou jejich výsledky pro zajímavost porovnány v kapitole 8.2.

Test je obsahem přílohy č. 1 této práce.

7.1.3 Zpracování statistických dat a jejich interpretace

Zjištěná data byla zpracovávána v programu MS Excel 2010. Pro sledované dvojice zkoumaných parametrů byl vypočítán Pearsonův korelační koeficient r (1) určující těsnost a kvalitu vzájemné korelační závislosti těchto parametrů.

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} \quad (1)$$

Kde s_{xy} představuje *kovarianci* (2) – střední hodnotu součinu odchylek obou náhodných veličin x a y od jejich středních hodnot – a s představuje směrodatnou odchylku těchto veličin.

$$s_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{n-1} \quad (2)$$

Korelační koeficient r nabývá hodnot od -1 (zcela nepřímá závislost – „antikorelace“) do +1 (zcela přímá závislost). Hodnota $r = 0$ znamená, že mezi zkoumanými veličinami **neexistuje lineární korelační vztah**. Hodnoty korelačního koeficientu bývají interpretovány takto [56]:

- 0,1 – 0,2 – veličiny jsou nezávislé;
- 0,2 – 0,5 – slabá závislost;
- 0,5 – 0,8 – střední závislost;
- 0,8 – 0,95 – silná závislost
- 0,95 – 1,0 – pevná závislost.

Korelační koeficient sám o sobě neumožňuje rozhodnout o příčinném vztahu mezi veličinami (která je příčinou a která následkem). O přijetí nebo zamítnutí hypotézy o platnosti vzájemné korelace dvou veličin se rozhoduje na základě testu nezávislosti porovnáním testového kritéria (3) tabulkové kritické hodnoty $t_{\alpha(n-2)}$ pro stanovenou hladinu spolehlivosti α a $(n-2)$ stupňů volnosti, kde n představuje velikost souboru. Pokud je vypočtená hodnota testového kritéria menší než tabulková hodnota pro Studentovo t -

rozdělení, zamítá se nulová hypotéza a existence vzájemné závislosti se považuje za prokázanou.

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2} \quad (3)$$

V případě studia genderových rozdílů jsem prováděl testování stanovených nulových hypotéz porovnáním vypočteného testového kritéria t podle (3), resp. (4) na základě testu významnosti rozdílu dvou průměrů.

Je-li $s_x^2 = s_y^2$, pro hodnotu testového kritéria platí:

$$t = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{(n_1-1)s_x^2 + (n_2-1)s_y^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}. \quad (4)$$

Pokud jsou rozptyly souborů rozdílné, platí pro testové kritérium:

$$t = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{\frac{s_x^2}{n_1} + \frac{s_y^2}{n_2}}}. \quad (5)$$

O shodnost rozptylů lze rozhodnout na základě F-testu, kterým se testuje platnost nulové hypotézy $H_0 : s_x^2 = s_y^2$. Platí, že je-li vypočtená hodnota pravděpodobnosti p_F větší než 0,05 (zvolená hladina spolehlivosti), rozptyly souborů jsou shodné.

Protože program MS Excel rovnou počítá příslušnou hodnotu pravděpodobnosti p_S , platí, že je-li tato vypočtená pravděpodobnost p_S menší než stanovená hladina spolehlivosti $\alpha = 0,05$, nulová hypotéza H_0 se zamítá a přijímá se hypotéza alternativní.

Výzkumný soubor

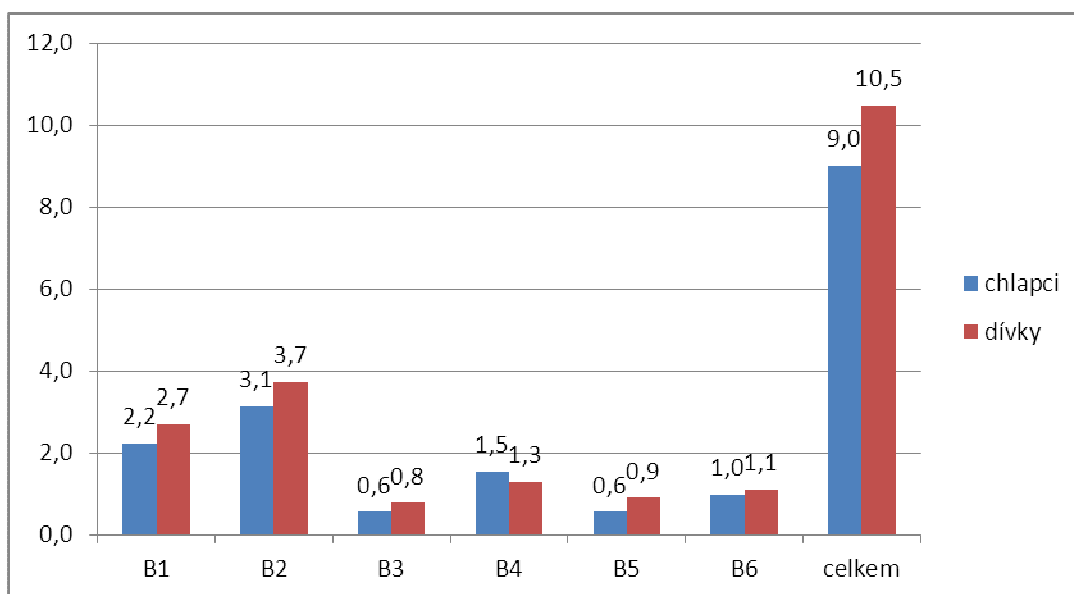
Za minimální statisticky reprezentativní vzorek je **při náhodném výběru** považován soubor v rozsahu 50 jedinců v každé zkoumané skupině [19]. Aby byla zajištěna repre-

zrepresentativnost zkoumaného vzorku, omezil jsem výběr na žáky *sedmého ročníku základních škol v Českých Budějovicích** a stanovil si jako požadavek na rozsah výběrového souboru minimálně 100 chlapců a stejný počet dívek. Z deseti oslovených škol na žádost o spolupráci kladně odpovědělo sedm. Ve výsledku se k vyhodnocení navrátilo přes 240 dotazníků a po vyřazení neohodnotitelných prací bylo do výzkumu zařazeno 115 chlapců a 116 děvčat. Testy zadávali po předchozí instruktáži sami učitelé žáků.

Ověření výzkumných hypotéz

Test hypotézy H_{01}

Předmětem zkoumání je korelační vztah mezi pohlavím žáků a jejich úspěšností při řešení divergentních úloh. Úspěšnost chlapců a děvčat při řešení jednotlivých divergentních úloh je uvedena v grafu 7.1.



Graf 7.1: Průměrný bodový zisk chlapců a děvčat v testových úlohách B1 – B6.

Konkrétní parametry případné korelace uvádí tabulka 7.1

* Všechny závěry výzkumu mohou být zobecněny pouze pro takto omezený výběr.

pohlaví žáka / úspěšnost při řešení divergentních úloh	
Výsledek F-testu	$p_F = 0,21$ – rozptyly se shodují
Výsledek S-testu	$p_S = 0,01$
testové kritérium t	$t_{01} = 2,59$

Tab. 7.1: Test hypotézy H_{01} .

Platí, že $t_{01} = 2,59$ je na pětiprocentní hladině spolehlivosti větší než výše uvedená tabulková hodnota $t_{0,05(231)} = 1,97$. Stanovenou nulovou hypotézu **H_{01} je možné zavrhnout** a přijmout hypotézu alternativní:

H_{11} : Existuje vzájemný korelační vztah mezi pohlavím žáků a jejich úspěšností při řešení divergentních úloh ve prospěch děvčat.

Je ovšem nutné přihlídnout k hodnotě korelačního koeficientu $r = 0,17$, která je nízká a tedy těsnost zjištěného vztahu mezi genderovými rozdíly a schopnostmi řešit divergentní úlohy je rovněž nízká. Zjištěné malé rozdíly tak přičítám spíše větší „pracovní morálce“ děvčat, která úlohy řešila.

Test hypotézy H_{02}

Hypotéza předpokládá nulovou korelaci mezi studijními výsledky žáka a úspěšností při řešení divergentních úloh. V předloženém dotazníku žáci vyplňovali známku na posledním vysvědčení z předmětů český jazyk, matematika, fyzika, přírodopis, zeměpis, dějepis. Při vyhodnocování výsledků jsem hodnotil celkový průměr z výše uvedených předmětů.

studijní průměr / úspěšnost při řešení divergentních úloh	
korelační koeficient r	$r_{02b} = -0,40$
testové kritérium t	$t_{02b} = 6,66$

Tab. 7.2: Test hypotézy H_{02} .

V obou případech platí, že zjištěná hodnota testového kritéria t je větší než tabulková hodnota $t_{0,05(\infty)} = 1,96$. Stanovenou nulovou hypotézu H_{02} je možné zavrhnout a přijmout hypotézu alternativní:

H₁₂: Existuje vzájemný korelační vztah mezi studijními výsledky žáků a jejich úspěšností při řešení divergentních úloh.*

Tato hypotéza má zvláštní význam k hodnocení efektivity tradiční výuky vzhledem k rozvoji kreativity žáků. Získaný výsledek proto vyžaduje hlubší analýzu.

Při omezení výběru pouze na žáky s bodovým hodnocením nad 15 bodů (celkem 31 jedinců – 13,4 % z původního souboru) vychází při porovnávání známky z fyziky a úspěšností při řešení divergentních úloh hodnota korelačního koeficientu pouze 0,08! Pro tyto žáky tedy není hypotéza H_{12} potvrzena a výzkumné zjištění v tomto bodu je vhodné doplnit o poznámku, že **pro mimořádně úspěšné žáky** korelační vztah mezi školním prospěchem a úspěšností při řešení divergentních úloh **neplatí**. Toto upřesnění dokládá obecně platný závěr, že ti nejvíce tvořiví žáci nejsou nutně těmi, kteří ve škole dosahují nejlepších studijních výsledků. Divergentní úlohy ovšem kromě určité míry kreativity vyžadují také znalosti z fyziky. U „průměrných“ žáků tento požadavek tedy zajišťuje platnost hypotézy H_{12} .

Test hypotézy H_{03}

Hypotéza popírá existenci vztahu mezi úspěšností při řešení divergentních úloh a vztahem žáků k fyzice jako vyučovacímu předmětu. Hypotéza byla rozdělena na dvě pomocné hypotézy – H_{03a} ve vztahu k oblibě předmětu a H_{03b} ve vztahu k vnímané obtížnosti předmětu. V rámci ověřování této hypotézy měli respondenti za úkol seřadit vybrané předměty podle oblíbenosti (s výjimkou předmětů vztažených k tvůrčím dovednostem žáků byly ze seznamu předmětů záměrně vynechány obecně oblíbenější výcho-

* Hodnoty koeficientů $r_{02a} = -0,37$ a $r_{02b} = -0,40$ odpovídají stále ještě **mírné těsnosti korelačního vztahu**.

vy), označit výrok odpovídající tomu, jak moc žáka baví fyzika a dále seřadit vybrané předměty (ČJ, M, F, P, Z, D) podle vnímané obtížnosti.

pořadí oblíbenosti / úspěšnost při řešení div. úloh	
korelační koeficient r	$r_{02a} = -0,04$
testové kritérium t	$t_{02a} = 0,57$
jak mě fyzika baví / úspěšnost při řešení div. úloh	
korelační koeficient r	$r_{02a} = 0,07$
testové kritérium t	$t_{02a} = 1,09$

Tab. 7.3: Test hypotézy H_{03a} .

Korelační koeficient je v obou případech blízky nule, původní hypotézu **H_{03a} je možné přijmout.**

vnímaná obtížnost fyziky / úspěšnost při řešení div. úloh	
korelační koeficient r	$r_{02a} = -0,11$
testové kritérium t	$t_{02a} = 1,70$

Tab. 7.4: Test hypotézy H_{03b} .

Rovněž hypotézu **H_{03b} je možné přijmout.**

Jak u obliby fyziky, tak ani u vnímané obtížnosti tohoto předmětu nebyl objeven korelační vztah a **platnost** hypotéz **H_{03a} a H_{03b} – a tedy H_{03} – byla výzkumem potvrzena. Neexistuje tedy významný korelační vztah mezi tím, jak žák vnímá fyziku jako vyučovací předmět a tím, jak je úspěšný při řešení divergentních fyzikálních úloh.**

Zdalo by se pravděpodobné, že žák, který bude úspěšnější při řešení fyzikálních úloh, bude současně tím, kterého fyzika baví a pro kterého je díky jeho motivaci a schopnostem rovněž snazší. V případě divergentních úloh tento vztah neplatí i přesto, že kromě kreativních dovedností vyžadují současně i určitou míru fyzikálních znalostí (viz kómen-

tář k testu hypotézy H_{12}). Předpokládám, že toto by se změnilo, pokud by řešení divergentních úloh bylo podstatnou součástí hodiny fyziky. To ovšem u zkoumaného vzorku neplatí. Zkoumaní žáci nemají žádnou zkušenost s takovými úlohami a bylo by zajímavé ověřit platnost této hypotézy u žáků, kteří se s divergentními úlohami ve vyučování fyziky setkávají.

Další zajímavá výzkumná zjištění

Analýza získaných dat umožňuje vyslovit některé závěry, které nesouvisí s výzkumem, ale které považuji za zajímavé z hlediska didaktiky fyziky. Mimo výzkum jsem se zaměřil především na genderové rozdíly mezi žáky a další vztahy mezi prospěchem z fyziky, oblibou fyziky a vnímanou obtížností tohoto předmětu. Bez hlubšího rozboru uvádím zjištěné závěry, které se **nevztahují k původnímu výzkumnému problému**:

- Chlapci sice uváděli v průměru nepatrně vyšší oblibu fyziky než děvčata, vyhodnocení těchto výsledků ale nepotvrdilo statistickou signifikanci tohoto závěru (tab. 7.5). Starší výzkumy přitom dochází k závěru, že fyzika je u chlapců oblíbenější než u dívek (viz např. [21]).

pohlaví žáka / obliba fyziky	
Výsledek F-testu	$p_F = 0,18$ – rozptyly se shodují
Výsledek S-testu	$p_S = 6,0 \cdot 10^{-08}$
testové kritérium t	$t = 6,9$

Tab. 7.5: Genderové rozdíly v oblíbenosti fyziky – parametry korelace.

- Taktéž nebylo potvrzeno, že by děvčata považovala fyziku za obtížnější než chlapci (tab. 7.6). Korelační analýza pohlaví a uváděné vnímané obtížnosti fyziky neodhalila významný korelační vztah mezi pohlavím a vnímanou obtížností fyziky ve prospěch děvčat.

pohlaví žáka / obliba fyziky	
Výsledek F-testu	$p_F = 0,5$ – rozptyly se shodují
Výsledek S-testu	$p_S = 0,1$
testové kritérium t	$t = 1,64$

Tab. 7.6.: Genderové rozdíly a vnímaná obliba fyziky – parametry korelace.

- Zajímavý závěr provedené analýzy tvrdí, že **čím oblíbenější byla u žáka fyzika, tím byla tímto žákem označována jako snazší**. Korelace mezi těmito zkoumanými veličinami byla poměrně silná (tab. 7.6). Provedená analýza bohužel neumožňuje rozhodnout o tom, která z měřených veličin je příčinou a která následkem. Je fyzika u těchto žáků oblíbená proto, že jim připadá snadná, nebo připadá fyzika těmto žákům snadná proto, že je baví? Mezi oblibou fyziky a prospěchem z fyziky byla přitom určena výrazně slabší korelace ($r = 0,19$). Získané výsledky nepřímo naznačují, že žák s větším zájmem a motivací k fyzice, kterého fyzika více baví, také vnímá fyziku jako snazší. Toto tvrzení ovšem neumožňuje provedený výzkum objektivně potvrdit, nebylo to jeho cílem.

vnímaná obtížnost fyziky / obliba fyziky	
korelační koeficient r	$r = 0,61$
testové kritérium t	$t = 11,55$

Tab. 7.7.: Vnímaná obtížnost fyziky a obliba fyziky – parametry korelace.

7.2 Závěr výzkumu

Výzkum hledal odpovědi na otázky, zda úspěšnost při řešení nově navržených divergentních fyzikálních úloh souvisí s genderovými rozdíly mezi žáky, vztahem žáků základních škol k fyzice a školnímu vyučování vůbec.

Závěry lze s obecnou platností vyslovit pro žáky sedmých ročníků základních škol v Českých Budějovicích. Lze se domnívat, že obdobných výsledků by dosáhli žáci

i v jiných regionech. Bude ovšem nutné později rozšířit výzkum na další ročníky základních škol a na žáky víceletých gymnázií.

Výzkumné závěry jsou následující:

Při řešení divergentních úloh jsou v sedmém ročníku úspěšnější děvčata. Tuto vyšší úspěšnost lze vysvětlit vyšší kreativitou děvčat či jejich vyšší zralostí v tomto věku, spíše ale vyšší pracovní morálkou děvčat při vyplňování dotazníků. Zjištěná korelace je slabá a pro praktické vyučování nenese význam.

Žáci s lepšími studijními výsledky mají současně vyšší úspěšnost při řešení divergentních fyzikálních úloh. Ačkoliv tento závěr nelze jednoznačně zobecnit pro nejúspěšnější řešitele, kterými jsou žáci s přirozeně vyšší mírou kreativity, z uvedeného zjištění vyplývá, že divergentních úloh lze využít ve vyučování k opakování a procvičování učiva.

Výzkum nezjistil žádný vzájemný vztah mezi tím, jaký vztah má žák k vyučování fyzice – jak moc žáka fyzika baví, jakou obtížnost předmětu přiřazuje – a úspěšností při řešení divergentních úloh. Do výzkumu byli ovšem zařazení žáci, kteří s divergentními úlohami neměli dosud ve fyzice žádné zkušenosti.

8 Experimentální výuka tvořivé fyziky

Souběžně s teoretickou prací na metodice rozvoje tvořivosti ve výuce fyziky byly dílčí závěry ověřovány v experimentální výuce na fakultní základní škole. Na závěr byla i v této skupině aplikován výzkumný test a mimo samotný výzkum provedeno srovnání s „kontrolní“ skupinou žáků, kteří byli zařazeni do výzkumu. Zkušenosti získané v experimentálním vyučování byly pro mou práci neocenitelné.

8.1 Výuka v experimentální skupině

Pro experiment byli vybráni žáci dvou paralelních sedmých tříd, kteří mají druhým rokem předmět fyzika. V šestém ročníku s časovou dotací jedné hodiny, v sedmém aktuálním ročníku dvou hodin. Od začátku šestého ročníku byla výuka fyziky v těchto třídách vedena metodami tvořivé výuky fyziky s důrazem na řešení divergentních úloh, užití myšlenkových map, skupinovou práci a tvůrčí řešení problémů. Tradiční systém hodnocení byl v těchto třídách nahrazen hodnocením bodovým, které poskytuje vyšší toleranci vůči momentálnímu selhání a poskytuje více prostoru pro hodnocení tvůrčí činnosti. Žáci ve vzorku nebyli vybíráni na základě studijních výsledků, jsou zde zařazeni žáci špatně prospívající i žáci s výborným prospěchem.

Učitelem v experimentální skupině jsem byl já sám a tak mohu sdělit své zkušenosti nasbírané po několika letech vyučování tvůrčí fyziky nejen v této skupině, ale i v dalších třídách, ve kterých jsem tímto způsobem vyučoval. V následujících odstavcích uvedu poznámky a postřehy k jednotlivým prvkům tvůrčí výuky.

Divergentní úlohy

Stavební kámen mé tvořivé metodiky a hlavní materiál, na kterém je kreativita žáků uplatňována a trénována. Dvouleté zkušenosti potvrzují, že je snazší různé divergentní úlohy vymýšlet, než žáky k jejich řešení motivovat, neunavit je, dobře ohodnotit a zlepšovat postupně jejich výkony. Potvrzuje se, že bez dostatečné motivace mají někteří žáci tendenci odvádět málo kvalitní výkony s tím, že bodovou ztrátu „doženou“ na tradičních úlohách. Divergentní úlohy jsou pro žáky zpravidla dosti náročné, některé vyža-

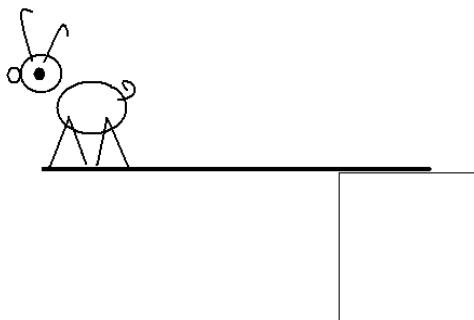
dují fyzikální znalosti na dobré úrovni. Problém motivovat žáky nastává tehdy, pokud se typově shodné divergentní úlohy často opakují. Učiteli se rozhodně vyplatí nešetřit vlastní tvořivostí při vymýšlení nových námětů. Klíčovým bodem, na kterém nesmí učitel šetřit svou energii je důkladné hodnocení a rozbor odevzdaných úloh. Bez toho nelze dosáhnout výrazného zlepšení. Kromě pestrosti úloh je vhodným doplňkem řešením divergentních úloh humor. Žáky mladších ročníků – šesté a sedmé třídy – baví vymýšlení vtipných příběhů, které jsou někdy schopni vypracovat do nejmenších detailů. Rádi se také nechávají zatáhnout do vymýšlení úloh přímo ve výuce, kdy nejtěžší práci za ně odvádí učitel a oni si mohou naplno užít své tvořivé nápady. Pro ilustraci uvádím záznam z výuky, kdy učitel se žáky opakoval rovnováhu na dvojzvratné páce:

1. Učitel kreslí na tabuli obrázek (obrázek 8.1) s komentářem, že jde o sráz nebo útes, na jehož okraji je položen žebřík.



Obr. 8.1

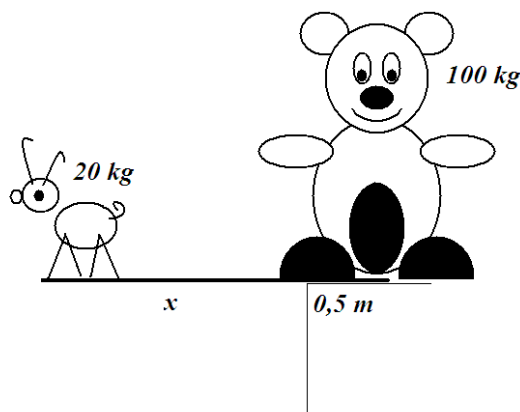
2. Žák: „Takhle by spadnul.“
3. Učitel pokračuje: „Na žebříku nad srázem je zvíře o hmotnosti dvacet kilogramů. Jaké to má být zvíře?“
4. Žáci vykřikují: „pes ... opice ... koza ...“
5. Učitel: „Dobře, bude to koza“ a nakreslí na žebřík neumělý obrázek kozy, který žáky pobaví (obrázek 8.2).



Obr. 8.2

6. Žák: „Co to je? To není koza, ale prase s růžkama.“
7. Třída: smích.

8. Jiný žák: „Jak to že nespadne?“
9. Učitel pokračuje: „Aby koza nespadla, na druhé straně žebříku sedí ve vzdálenosti 0,5 m od okraje jiné zvíře o hmotnosti 100 kg. Jaké to může být zvíře?“
10. Žáci: „medvěd ... kráva ...“
11. Učitel: „Použijeme medvěda.“ Dokreslí obrázek medvěda a vzniklý obrázek popíše (obrázek 8.3).



Obr. 8.3

12. Učitel pokračuje: „Vaším úkolem teď bude zjistit, jak daleko může koza po žebříku dojít, aby nespadla. Použili jsme žebřík, který je dost dlouhý a přitom má zanedbatelně malou hmotnost. Počítejte každý sám a až budete mít výsledek, přihlaste se.“
13. Tvzení, že žebřík má zanedbatelnou hmotnost, považují žáci za podvod, skutečný žebřík je těžký. Někteří se už hlásí.
14. Po chvíli vyvolaný žák: „To je jako páka. Dva a půl metru.“
15. Je pochválen a jiný žák je požádán o odůvodnění: „Koza je 5 x lehčí, tak může dojít pětkrát dál.“
16. Je učitelem pochválen a učitel ještě jednou řešení zopakuje a připomíná pravidlo pro rovnováhu na dvojzvratné páce.
17. Blíží se konec hodiny, učitel rozdává papíry a zadává domácí úkol: „Do příští hodiny každá lavice odevzdá na papíře příběh, může být doplněn o obrázky, ve kterém se dovíme, proč to ta zvířátka dělala.“

Myšlenkové mapování

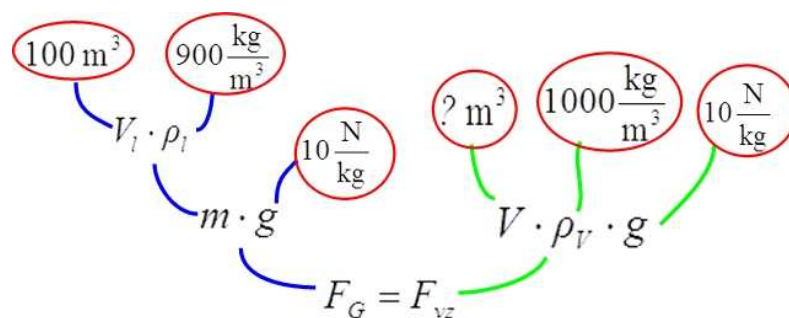
V experimentální výuce fyziky využívám nástroj myšlenkového mapování především jako grafický záznam řešení početních úloh. Tato metoda je poměrně zajímavou alternativou či spíše doplňkem k tradiční metodice řešení úloh. Po řadě experimentů jsem se ustálil na osvědčené metodice řešení problémových početních úloh:

- 1) Zapsání výchozího definičního vztahu hledané veličiny. Nalezení výchozího vztahu je výsledkem předchozí fyzikální analýzy úlohy.
- 2) Postupný grafický rozvoj jednotlivých členů vztahu až do fáze, kdy je možné značku veličiny nahradit známou číselnou hodnotou.
- 3) Tato analýza je ukončena v okamžiku, kdy zbyde pouze jedna neznámá veličina.
- 4) Po tomto „zmapování úlohy“ je mapa přepsána pomocí matematického zápisu, a to buď celý postup od výchozího vztahu, nebo pouze výsledek mapování, přičemž první způsob je cennější z hlediska rozvoje porozumění matematickému zápisu a schopnosti matematický zápis řešení úlohy samostatně provádět. Význam je tedy především „výchovný“ a na samotné řešení problému nemá vliv.

Příklad řešení úlohy pomocí grafického záznamu

Zadání úlohy: *Ledová kra o objemu 100 m^3 plave v moři. Jak velká část ledovce je ukryta pod hladinou?*

Výchozí vztah porovnává velikost tíhové síly a vztlakové síly působící na kru, která plove na hladině. Každý člen je postupně rozvíjen až do fáze, kdy je každé veličině přiřazena číselná hodnota s výjimkou jediné – objemu ponořené části kry označené jako V bez indexu. Úloha je zadána neúplně, během řešení je nutné dohledat velikost hustot vody ρ_v (pro jednoduchost sladké), hustotu ledu ρ_l a tíhové zrychlení. Výsledná mapa je znázorněna na obrázku 8.4.



Obr. 8.4. Mapa řešení úlohy.

Dále je možné jet postupně od výchozího vztahu a postup zaznamenaný v mapě přepsat pomocí matematického zápisu:

$$\begin{aligned}
 F_G &= F_{vz} \\
 m \cdot g &= V \cdot \rho_v \cdot g \\
 V_l \cdot \rho_l \cdot g &= V \cdot \rho_v \cdot g \\
 100 \text{ m}^3 \cdot 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} &= V \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \\
 V &= 900000 : 10000 \text{ m}^3 \\
 \underline{\underline{V &= 90 \text{ m}^3}}
 \end{aligned}$$

Případně, například z časových důvodů, je možné začít od vrchních pater mapy a do zápisu zahrnout až číselné hodnoty – 4. řádek matematického zápisu*.

Hodnocení

Dosud bohužel nebyla provedena exaktní výzkumná sonda zkoumající účinnost této metody grafického záznamu řešení úloh. Na tomto místě uvádím pouze výsledky jedno-
 duchého experimentu, který jsem provedl ve třech třídách sedmého ročníku a dvou třídách devátého ročníku, kde jsem zadal sadu čtyř početních úloh. V jedné experimentální třídě sedmého ročníku a jedné třídě devátého ročníku jsem v hodině předcházející expe-

* V postupu je vynecháno obecné řešení úlohy, které by mohlo být zařazeno pro talentovanější žáky.

rimentu provedl instruktáž řešení obdobných úloh s využitím grafického záznamu myšlenkovou mapou, v ostatních třídách jsme před zadáním testu obdobné úlohy řešili tradičním způsobem. Závěr tohoto experimentu nelze považovat za statisticky významný, přesto výsledky naznačují pozitivní hodnotu tohoto inovativního metodického postupu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1, ze které je patrné, že žáci experimentálních tříd byli oproti třídám kontrolním v obou případech úspěšnější.

7. ročník		
	Počet žáků	Průměrný počet bodů (max. 20)
Experimentální skupina	24	12,5
Kontrolní skupina	49	8
9. ročník		
	Počet žáků	Průměrný počet bodů (max. 20)
Experimentální skupina	20	11
Kontrolní skupina	15	6

Tab. 8.1. Grafický záznam řešení úloh - výsledky experimentu.

Praxe ukazuje, že řešení obtížnějších úloh s využitím grafického rozvoje postupu řešení pomocí mapy je pro žáky lépe srozumitelné než abstraktní matematický zápis, při kterém je nutné sledovat více myšlenek najednou. Za největší přínos mapy považuji právě možnost postupného rozvíjení každého členu zvlášť, což umožňuje soustředit se pouze na jedinou myšlenku a to, že jednotlivé kroky jsou názorně vyobrazeny. Ukazuje se, že žáci řešení úloh lépe rozumí a jsou schopni rychle zvládnout řešit podobné úlohy samostatně a s porozuměním.

Skupinová práce

Je styl práce, který žákům velmi vyhovuje, baví je. Slabší a pohodlnější žáci ovšem tuto formu práce využívají ke schovávání za ostatní aktivní spolužáky. Skupinku zpravidla řídí jeden až dva schopní žáci, kteří často odvedou zadanou práci sami. V lepším případě se pak alespoň snaží vysvětlit řešení ostatním členům skupiny. Tomuto lze částečně zabránit vhodnou organizací a rozdělením funkcí (viz například [46][47]). Při řešení tvůrčích úloh se někdy skupina vhodně inspiruje a doplňuje, jindy se ale jednotlivci navzájem spíše ruší. O výhodách skupinové práce při řešení tvůrčích problémů vedou autoři

spory a někteří skupinovou práci zavrhnou zcela (například de Bono [15]). Obě organizační formy výuky, individuální i skupinovou, je nutné vhodně střídat. V každém případě si skupinová práce zaslouží více pozornosti, než tomu bývá v běžné výuce zvykem snad pro náročnost její přípravy a organizace.



Obr. 8.5: Skupinová práce žáky baví, ale umožňuje schovat se za aktivní „tahouny“.

Alternativní bodové hodnocení

Bodové hodnocení považuji za užitečný doplněk tvůrčí výuky, který otevírá prostor pro plnohodnotné ohodnocení žákovy tvůrčí práce. Pouhé jedničky za aktivitu tento úkol dostatečně dobře nesplní. Klasifikační řád tradičních základních škol ovšem zpravidla určité množství známek pro klasifikaci vyžaduje. V případě základní školy, na které probíhala experimentální výuka, jsou to minimálně dvě známky za pololetí. Nabízí se více možností. Bodově je možné hodnotit tvůrčí práci, zatímco znalosti učiva jsou hodnoceny tradiční klasifikací. Po určitém období, například na konci čtvrtletí, je možné z nastřádaných bodů podle přiřazovacího klíče udělat známku a připočíst jí do klasifikace. Jinou možností je, po předem stanovené období, například čtvrtletí, měsíc, či období, po které je probírán jeden tematický celek, bodovat podle určitého předem stanoveného

klíče tvůrčí práci, aktivitu v hodinách, domácí úkoly i písemné práce a případně zkoušení. Na konci tohoto období je dosaženému počtu bodů přiřazen klasifikační stupeň.

Ve své výuce používám následující model. Znalosti i tvůrčí práce jsou hodnoceny pomocí bodů. Žáci dostávají body za písemné práce, za domácí úkoly a každou vyučovací hodinu jeden a více bodů za aktivitu v této hodině. Ústní zkoušení není do bodového hodnocení započítáváno, pokud nejde o výjimečné přezkoušení za účelem doplnění bodové ztráty. Právě tak dostávají žáci někdy dobrovolné domácí úkoly. Současně byl se žáky domluven systém sankcí za nevhodné chování, vyrušování a za nesplněné domácí úkoly. Žákům, kteří jsou nemocní, jsou body za aktivitu doplněny na základě předloženého doplněného sešitu. Celkové bodové skóre je vyhodnoceno vždy na konci probraného tematického celku, zpravidla po napsání a opravení závěrečné písemné práce, která je rovněž hodnocena pouze pomocí bodů. Žáci si na tento systém rychle zvykli a přijali jej pozitivně. Nejlépe hodnotí bodování písemných prací, které není tak fatální jako klasifikace a možnost zisku bodů navíc, které se hodí k „zaplnění“ bodové ztráty po nevydařené písemce. Bodování též hodnotí jako spravedlivější. Z pozice učitele není situace tak jednoznačná:

Výhody

1. Hodnocení je méně stresující, umožňuje ohodnotit tvůrčí práci, je mnohem variabilnější a umožňuje snáze zohlednit takové faktory, jako je aktivita v hodinách, chování a důslednost v domácí přípravě. Výsledná známka je pak objektivnější vzhledem k výkonům žáka a jeho přístupu k výuce.
2. Momentální neúspěch nezůstává nesmazatelně zaznamenán v klasifikaci, ale práci navíc je možné jej vykompenzovat.
3. Písemné práce je snazší obodovat, než oklasifikovat, v praxi klasifikace písemných prací stejně většinou probíhá na základě nějakého bodování. Tuto nepříjemnou práci si tedy učitel ušetří.

Nevýhody

1. Hodnocení je pro učitele mnohem pracnější, musí si vést a neustále pečlivě aktualizovat tabulku bodů každého žáka. Především v neustálém přepočítávání bodů výrazně pomůže výpočetní technika.
2. Výsledná známka není pouze hodnocením znalostí žáka, konečná klasifikační známka na vysvědčení tedy nemusí nutně odpovídat úrovni znalostí učiva předmětu, v některých případech bývá výrazně lepší – žák nabere body za práci navíc a tvořivé aktivity. Zkušenosti ukazují, že tento systém má tendenci přilepšovat spíše slabým žákům a žákům, kteří jsou pro předmět slabě motivováni, což se pozitivně obrací v podobě jejich napraveného sebevědomí a chuti pracovat. Tito žáci zažívají úspěch a fyzika je začíná bavit.

8.2 Porovnání výsledků experimentální skupiny s výzkumnou skupinou

Mimo samotný výzkum citovaný v kapitole 7 jsem rovněž provedl srovnání výsledků výzkumu s experimentální skupinou žáků sedmého ročníku fakultní základní školy, kteří byli pod mým vedením. Zařazení tohoto srovnání mezi výzkumné závěry brání malý rozsah souboru (37 žáků) a porušení pravidel pro tvorbu výběrového výzkumného vzorku – například možný vliv subjektivity badatele [19][54].

Provádět hlubší matematickou analýzu výsledků pro tuto skupinu by bylo vzhledem k malému rozsahu souboru samoúčelné. Pro zajímavost ovšem uvádím srovnání některých zajímavých parametrů (tabulka 8.1).

Vztah k fyzice							
Pořadí fyziky v oblíbenosti vybraných předmětů (nejoblíbenější předmět = 8 bodů)							
Kontrolní skupina				Experimentální skupina			
chlapci	děvčata	dohromady		chlapci	děvčata	dohromady	
4,3	3,3	3,8		7,0	4,0	5,3	
Jak mě baví fyzika (nejvíce = 4 body)							
Kontrolní skupina				Experimentální skupina			
chlapci	děvčata	dohromady		chlapci	děvčata	dohromady	
2,7	2,5	2,6		3,5	3,0	3,2	
Obtížnost fyziky (nejobtížnější = 6)							
Kontrolní skupina				Experimentální skupina			
chlapci	děvčata	dohromady		chlapci	děvčata	dohromady	
3,8	4,1	4,0		2,2	4,0	3,2	
Prospěch z fyziky							
Kontrolní skupina				Experimentální skupina			
chlapci	děvčata	dohromady		chlapci	děvčata	dohromady	
2,4	2,1	2,3		1,8	2,4	2,1	
Úspěšnost při řešení divergentních úloh							
skupina	úloha č.						celkem
	1	2	3	4	5	6	
kontrolní	2,5	3,4	0,7	1,4	0,7	1,0	9,7
experimentální	2,9	3,2	1,0	1,9	1,5	1,1	11,5

Tab. 8.2: Porovnání výsledků experimentální skupiny s „kontrolní skupinou“ zařazenou do výzkumu (kap.7).

Uvedená čísla bez uvážení statistické významnosti výsledků naznačují:

1. Chlapci i děvčata z experimentální skupiny označovali fyziku v porovnání s ostatními předměty v jejich oblíbenosti lépe.

2. Chlapce i děvčata z experimentální skupiny baví fyzika více než žáky v kontrolní skupině.
3. Žáci experimentální skupiny vnímají fyziku jako snazší.
4. Průměrný prospěch z fyziky je v obou skupinách srovnatelný, chlapci experimentální skupiny jsou na tom v průměru lépe než chlapci v kontrolní skupině.
5. Žáci experimentální skupiny byli úspěšnější při řešení všech šesti divergentních úloh. Navíc při porovnávání bodových zisků například u úlohy č. 3 lze vyčíslit, že v kontrolní skupině tuto úlohu skoro 58 % žáků nevyřešilo vůbec, zatímco v experimentální skupině tuto úlohu nevyřešilo pouze 15 % žáků.

Zajímavé je současně zjištění korelační analýzy vztahu mezi oblíbeností fyziky a úspěšností při řešení divergentních úloh. Zatímco u kontrolní skupiny nebyla existence tohoto korelačního vztahu prokázána (viz testování hypotézy H_{03a} v kapitole 7), u experimentální skupiny je tato korelace poměrně vysoká – v okamžiku, kdy se řešení takových úloh stane součástí vyučování, žáci úspěšnější při řešení divergentních úloh jsou také často ti, kteří fyziku hodnotí mezi ostatními předměty pozitivněji. Současně její obtížnost hodnotí jako nižší.

Pokud by se výše uvedené výsledky zopakovaly i při korektním výzkumu s dostatečným výběrovým vzorkem žáků, znamenalo by to že:

- Vhodně zvolenou metodikou lze dosáhnout postupného zlepšování výsledků při řešení divergentních úloh a tím současně rozvíjet tvořivost žáků, což je jednou z nejdůležitějších funkcí těchto úloh.
- Vyučování fyziky pomocí navržené metodiky se zařazením divergentních úloh a dalších nástrojů tvůrčí výuky fyziky (viz kapitola 5 a 6) pozitivně přispívá k rozvoji motivace a zájmu o fyziku jako vyučovací předmět.

Na tomto místě lze pouze konstatovat, že výsledky uvedeného srovnání, stejně jako předvýzkum provedený v roce 2010, naznačují existenci těchto pozitivních efektů.

Závěr

Záměrem předkládané disertační práce bylo zrevidovat a rozšířit dříve navrženou metodiku rozvoje kreativity při vyučování fyzice provést výzkum se žáky základních škol s cílem nalézt případný vztah mezi úspěšností při řešení divergentních fyzikálních úloh, pohlavím žáků, postojem žáků k fyzice a jejich úspěšností ve fyzice.

Kromě vlastní autorské práce je věnována pozornost i výsledkům jiných autorů. Oproti dřívější autorově práci byla rozšířena kapitola věnovaná divergentním fyzikálním úlohám a myšlenkovému mapování. Významně je rozšířeno využití grafického záznamu řešení úloh pomocí myšlenkových map.

Výsledky výzkumu prezentovaného v kapitole 7 jsou doplněny o zkušenosti a srovnání s experimentální výukou fyziky na fakultní základní škole, které naznačují pozitivní posun kreativních dovedností žáků způsobený upravenou metodikou tvůrčí výuky fyziky. Tyto výsledky by měly být v budoucnu ověřeny v rámci výzkumu provedeného na větším vzorku žáků.

Literatura

- [1] Amabile, T. M. *Growing up Creative: Nurturing a Lifetime of Creativity*. 2. vyd. New York: CEF, 1992. ISBN 978-0930222895.
- [2] Andrejsek, K., Beneš J. *Metody řešení technických problémů*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1984. ISBN 04-323-84.
- [3] Bakalář, E., Erazím, P. *Kapitoly z psychologie tvořivosti I*. 1. vyd. Plzeň: Dům techniky ČSVTS, 1986. ISBN 222970-90.
- [4] Bertrand, Y. *Soudobé teorie vzdělávání*. 1. vyd. Praha: Portál, 1998. ISBN 80-7178-216-5.
- [5] Buzan, T. *Make the most of your mind*. 2. vyd. London: Pan Books Ltd, 1988. ISBN 0-330-30262-0.
- [6] Buzan, T. *Mentální mapování*. 1. vyd. Praha: Portál, 2007. ISBN 978-80-7367-200-3.
- [7] Cach, J. J. *J. Rousseau a jeho pedagogický odkaz*. 1. vyd. Praha: SPN, 1967.
- [8] Cañas, A., Novak, J. *Constructing your First Concept Map*. [online] dostupné z <http://cmap.ihmc.us/docs/ConstructingAConceptMap.html> [cit. 16.03.2013].
- [9] Csikszentmihalyi, M. *Creativity. Flow and the psychology of discovery and invention*. 1. vyd.: New York: HarperCollins Publishers, 1996. ISBN 978-0-06-092820-9.
- [10] Čáp, J, Mareš, J. *Psychologie pro učitele*. 2. vyd. Praha: Portál, 2007. ISBN 978-90-7367-273-7.
- [11] Čechová, B. *Mýtus pravé hemisféry*. [online] dostupné z <http://psychologie.cz/mytus-prave-hemisfery/> [cit. 16.03.2013].
- [12] Dacey, J. S., Lennon, K. H. *Kreativita*. 1. vyd. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-903-9.
- [13] Dargová, J. *Tvorivost žiakou vo výučbe*. In *Tvořivá škola: sborník z celostátního semináře k problematice tvořivé školy, který se konal dne 16.9.1998 na Pedagogické fakultě MU v Brně*. 1. vyd. Brno: Paido, 1998. ISBN 80-85931-63-X.
- [14] De Bono, E. *Lateral Thinking. Creativity Step by Step*. 1. vyd. New York: Harper Perennial, 1970. ISBN 978-0-06-090325-1.
- [15] De Bono, E. *Serious Creativity*. 1. vyd.: London: HarperCollins Publishers, 1992. ISBN 0-00-637958-3.

- [16] De Bono, E. *Šest klobouků aneb jak myslet* 1. vyd. Praha: Argo, 1997. ISBN 80-7203-128-7.
- [17] Dvořák, L. a kol. *Lze učit fyziku zajímavěji a lépe? Příručka pro učitele*. 1. vyd. Praha: Matfyzpress, 2008. ISBN 978-80-7378-057-9.
- [18] Fisher, R. *Učíme děti myslet a učit se*. Praha: 1. vyd. Praha: Portál, 2004. ISBN 80-7178-120-7.
- [19] Gavora, P. *Úvod do pedagogického výzkumu*. 1. vyd. Brno: Paido, 2000. ISBN 80-85931-79-6.
- [20] Guilford, J., P. *The Nature of Human Intelligence* . 1. vyd. New York: McGraw-Hill Education, 1967. ISBN: 978-0070251359.
- [21] Höfer, G., Půlpán, Z., Svoboda, E.: *Výuka fyziky v širších souvislostech – názory žáků, Výzkumná zpráva o výsledcích dotazníkového šetření*. ZČU, fakulta pedagogická, Plzeň 2005. ISBN 8070434368.
- [22] Höfer, G., Svoboda, E. *Postoje učitelů základních a středních škol k výuce fyziky*. 1. vyd. Praha: MATFYZPRESS, 2008. ISBN 978-80-7378-077-7.
- [23] Honzíková, J. *Nonverbální tvořivost v technické výchově*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2008. ISBN 978-80-7043-714-8.
- [24] Hlavsa, J., Jurčová, M. *Psychologické metody zisťovania tvorivosti* . 1. vyd. Bratislava: Psychodiagnostické a didaktické testy, 1978.
- [25] Hlavsa, J. *Psychologické základy teorie tvorby*. 1. vyd. Praha: Academia, 1985. ISBN 21-087-85.
- [26] Hrkal J., Hanuš R. *Zlatý fond her II*. 3. vyd. Praha: Portál, 2002. ISBN 80-7178-660-8.
- [27] Cheng, V. *Developing physics learning activities for fostering students' creativity in Hong Kong context*. In Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, Volume 5, Issue 2, Article 1 (Aug., 2004). [online] dostupné z <http://www.ied.edu.hk> [cit. 14.10.2012]
- [28] Isaksen, S.G., Treffinger, D. J. *Creative Problem Solving: The Basic Course*. 1. vyd. Buffalo, NY: Bearly Publishing, 1985.

- [29] Isaksen, S.G., Treffinger, D. J. *Creative Problem Solving: the History, Development, and Implications for Gifted Education and Talent Development*. In *Gifted Child Quarterly*. Vol. 49 (2005). No 4. 342-350.
- [30] Jurčová, M. *Psychologické metódy zisťovania tvorivosti*. 1.vyd. Bratislava: Psychodiagnostické a didaktické testy, 1978.
- [31] Jurčová, M. *Humor pri stimulácii tvorivosti ve škole*. In *Tvořivá škola: sborník z celostátního semináře k problematice tvořivé školy, který se konal dne 16. 9. 1998 na Pedagogické fakultě MU v Brně*. 1. vyd. Brno: Paido, 1998. ISBN 80-85931-63-X.
- [32] Jurčová, M. et al. *Didaktika fyziky – rozvíjanie tvorivosti žiakov a študentov*. 1. vyd. Bratislava: Univerzita Komenského, 2001. ISBN 80-223-1614-8.
- [33] Jůva, V. *Stručné dějiny pedagogiky*, 6. vyd. Brno. Paido, 2007. ISBN 978-80-7315-151-5
- [34] Kasíková, H. *Kooperativní učení, kooperativní škola*. 1. vyd. Praha: Portál, 1997. ISBN 80-7178-167-3.
- [35] Kašpar, E., Janovič, J., Březina, F. *Problémové vyučování a problémové úlohy ve fyzice*. 1. vyd. Praha: SPN, 1982. ISBN 14-572-82.
- [36] Kličková, M. *Problémové vyučování ve školní praxi*. 1. vyd. Praha: SPN, 1989. ISBN 80-04-23522-0.
- [37] Kolektiv autorů. *Tvořivostí učitele k tvořivosti žáků*. 1. vyd. Brno: Paido, 1997. ISBN 80-85931-47-8.
- [38] Kolektiv autorů *Rámcový vzdělávací program* [online]. Poslední aktualizace 1. 9. 2007. [cit. 2010-05-23]. Dostupné z <http://www.msmt.cz/>.
- [39] Kotrba, T., Lacina, L. *Praktické využití aktivizačních metod ve výuce*. 1. vyd. Brno: Společnost pro odbornou literaturu, 2007. ISBN 978-80-87029-12-1.
- [40] Lokšová, I., Lokša, J. *Pozornost, motivace, relaxace a tvořivost dětí ve škole*. 1. vyd. Praha: Portál, 1999. ISBN 80-7178-205-X.
- [41] Lokšová, I., Lokša, J. *Tvořivé vyučování*. 1. vyd. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0374-2.
- [42] Maňák, J. *Rozvoj aktivity, samostatnosti a tvořivosti žáků*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1998. ISBN 80-210-1880-1.
- [43] Maňák, J. *Stručný nástin metodiky tvořivé práce ve škole*. 1. vyd. Brno: Paido, 2001. ISBN 80-7315-002-6.

- [44] Maňák, J., Švec, V. *Výukové metody*. 1. vyd. Brno: Paido. 2003 ISBN 80-7315-039-5.
- [45] Montaigne, M. *Eseje*. 2. vyd. Praha: ERM, 1995. ISBN 80-85913-12-7.
- [46] Mechlová, E., Horák, F. *Skupinové vyučování na základní a střední škole*. 1. Vyd. Praha: SPN, 1986. ISBN 14-478-86.
- [47] Mechlová, E. *Skupinové vyučování ve fyzice na základní a střední škole*. 1. Vyd. Praha: SPN, 1989, ISBN 14-288-89.
- [48] Meškan, V. *Metodika tvořivé výuky fyziky na základní škole*. Rigorózní práce obhájená na Pedagogické fakultě Západočeské univerzity v Plzni v roce 2010.
- [49] Novak, J. *Learning, Creating , and Using Knowledge: Concept maps as facilitative tools for schools and corporations*. 1. vyd. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum & Assoc, 1998.
- [50] Novak, J. *A theory of education*. Ithaca, N.Y. : Cornell University Press, 1977.
- [51] Okoň. W. *K základům problémového vyučování*. 1. vyd. Praha: SPN, 1966.
- [52] Pecina, P. *Tvořivost ve vzdělávání žáků*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2008. ISBN 978-80-210-4551-4.
- [53] Pecina, P., Zormanová, L. *Metody a formy aktivní práce žáků v teorii a praxi*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2009. ISBN 978-80-210-4834-8.
- [54] Pelikán, J. *Základy empirického výzkumu pedagogických jevů*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1998. ISBN 80-7184569-8
- [55] Petrová, A. *Tvořivost v teorii a praxi*. 1. vyd. Praha: Vodnář, 1999. ISBN 80-86226-05-0
- [56] Pojer. J. *Statistické metody zpracování dat*. 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky, 2001. ISBN 80-7251-077-0.
- [57] Pietrasinski, Z. *Psychologie správného myšlení*. 1. vyd. Praha: Orbis, 1964. ISBN 11-127-64.
- [58] Průcha, J. *Moderní pedagogika*. 3. vyd. Praha: Portál, 2005. ISBN 80-7367-047-X.

- [59] Sawrey, J., Telford, CH. *Educational psychology : psychological foundations of education*. 1. vyd. Boston: Allyn and Bacon, INC., 1968.
- [60] Semrád, J. *Výchova k tvořivosti a životní styl*. In *Tvořivá škola: sborník z celostátního semináře k problematice tvořivé školy, který se konal dne 16.9.1998 na Pedagogické fakultě MU v Brně*. 1. vyd. Brno: Paido, 1998. ISBN 80-85931-63-X.
- [61] Serap, C., Gamze, S.S., Mustafa, E. *Effects of the problem solving strategies instruction on the students' physics problem solving performances and strategy usage*. In *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2 (2010) 2239–2243.
- [62] Singule, F. *Americká pragmatická pedagogika: John Dewey a jeho američtí následovníci*. 1. vyd. Praha: SPN, 1990. ISBN 80-04-20715-4.
- [63] Smékal, V. *Úloha školy v rozvíjení aktivity, samostatnosti a tvořivosti žáků*. In *Tvořivá škola: sborník z celostátního semináře k problematice tvořivé školy, který se konal dne 16.9.1998 na Pedagogické fakultě MU v Brně*. 1. vyd. Brno: Paido, 1998. ISBN 80-85931-63-X.
- [64] Šrajlová, M. *Katalog námětů k opakování učiva fyziky na ZŠ formou hry*. Diplomová práce obhájená na MFF CUNI v Praze v roce 2005.
- [65] Svoboda, E., Kolářová, R. *Didaktika fyziky základní a střední školy*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1181-3.
- [66] Svobodová, J. *Pojetí a historie alternativních metod, postupů a technik*. In MAŇÁK, J. a kol. *Alternativní metody a postupy*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1997, ISBN 80-210-1549-7.
- [67] Štáva, J. *Brainstorming a myšlenkové mapy – metody pro tvořivé učení a řízení*. In *Alternativní metody a postupy*. 1. vyd. Brno: Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity Brno, 1997. ISBN 80-210-1549-7.
- [68] Švec, Š.: *Poňatia kreativity a tvorivá škola*. In *Tvořivá škola: sborník z celostátního semináře k problematice tvořivé školy, který se konal dne 16.9.1998 na Pedagogické fakultě MU v Brně*. 1. vyd. Brno: Paido, 1998. ISBN 80-85931-63-X.
- [69] 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 80-244-1181-4
- [70] Vachek, J., Lepil, O. *Modelování a modely ve vyučování fyzice*. 1. vyd. Praha: SPN, 1980. ISBN 14-756-80.
- [71] Volf, I. *Výchova žáků k tvořivosti při výuce fyziky*. In *Matematika a fyzika ve škole 10 (1979/1980)* s. 366-371.
- [72] Volf, I. *Výchova žáků k tvořivosti při výuce fyziky II*. In *Matematika a fyzika ve škole 10 (1979/1980)* s. 444-447.

- [73] Volf, I. *Výchova žáků k tvořivosti při výuce fyziky III.* In Matematika a fyzika ve škole 10 (1979/1980) s. 526-530.
- [74] Volf, I. *Metodika řešení úloh ve výuce fyziky na základní škole.* 1. vyd. Hradec Králové: MAFY, 1998. ISBN 80-86148-10-6.
- [75] Votruba, L. *Rozvíjení tvořivosti techniků.* 1. vyd. Praha: Academia, 2000. ISBN 80-200-0785-7.
- [76] Wimmer, M. *Cesty k technické tvořivosti.* 1. vyd. Praha: Práce, 1984. ISBN 24-050-84.
- [77] Wimmer, M. *Jak rozvíjet technickou tvořivost.* 1. vyd. Praha: Práce, 1990. ISBN 80-208-0032-8.
- [78] *The Hong Kong education and schooling system explained.* [online] dostupné z <http://www.tuition.com.hk/education-system.htm>. [cit. 17.03.2013].

Seznam příloh

Příloha 1 – dotazník použitý ve výzkumu

Příloha 2 – Sbíрка divergentních úloh

Příloha 1 – dotazník

Část A

Dotazník je anonymní, přesto prosím odpovídej na otázky pravdivě a svědomitě.

A1 Jsem chlapec / dívka.

A2 Oblíbenost předmětů

Seřaď vyučovací předměty od **nejoblíbenějšího (číslo 1)** po **nejméně oblíbený (číslo 8)**:

český jazyk		matematika		fyzika		výtvarná výchova	
přírodopis		zeměpis		dějepis		hudební výchova	

A3 Jak moc mě baví fyzika?

Křížkem označ políčko, které vyjadřuje, jak moc tě fyzika baví.

Hodně mě baví.

☐

Docela mě baví.

☐

Moc mě nebaví.

☐

Vůbec mě nebaví.

☐

A4 Znamky z předmětů

Uveď známku z vybraných předmětů na posledním vysvědčení:

český jazyk		matematika		fyzika	
přírodopis		zeměpis		dějepis	

A5 Obtížnost předmětů

Ohodnoť jednotlivé předměty podle toho, jak **obtížné** jsou. Používej čísla 1 až 6, přičemž 1 znamená lehký, 6 znamená velmi obtížný.

český jazyk		matematika		fyzika	
přírodopis		zeměpis		dějepis	

část B

V této části budeš řešit poněkud netradiční fyzikální úlohy. Na každou úlohu existuje mnoho odpovědí. Zkus vymýšlet i takové odpovědi, které nikdo jiný ve třídě nevymyslí. Dbej zároveň na to, aby tvé odpovědi byly fyzikálně správné. Nikdo tě nebude známkovat, zkus přesto řešit úlohy pečlivě a jejich řešení si užít.

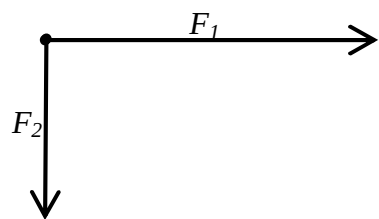
B1 Jak lze využít v hodinách fyziky PET lahev? Navrhni **co nejvíce** možností.



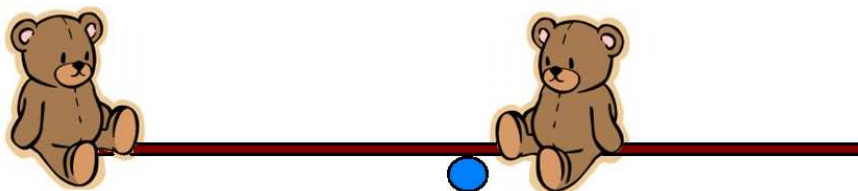
B2 Představ si, že jsi byl převezen na Měsíc ($g = 1,6 \text{ N/kg}$). Vyjmenuj **alespoň pět věcí**, které zde nebudou fungovat nebo budou fungovat jinak než na Zemi.



B3 Popiš **různé situace**, které mohou být znázorněny dvojicí sil na obrázku:



B4 Dva medvědi si hrají na houpačce. Vymysli **co nejvíce možných důvodů**, proč zůstává houpačka na obrázku ve vodorovné poloze.



B5 Vypočítej příklad a vymysli krátký příběh, který bude sloužit jako slovní zadání tohoto příkladu (příběh můžeš doplnit obrázkem).

$$h = 2,5 \text{ m}$$

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

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

$$p_h = ? \text{ Pa}$$

B6 Vymysli příklad nebo více příkladů, aby výsledek byl **100 N**

Divergentní úlohy – sbírka úloh

1 Veličiny a jejich měření

Délka

- 1.1 Vymysli si vlastní jednotku délky a její násobky. Urči převodní vztahy mezi tvou novou jednotkou a metrem. Vytvoř prototyp své jednotky.
- 1.2 Navrhni postup, jak pomocí pravítka určit tloušťku okvětního lístku růže. Svůj postup popiš.
- 1.3 Vypracuj návod, jak pomocí pravítka změřit tloušťku vlasu.
- 1.4 Navrhni více způsobů, jak změřit výšku žirafy. Věď, že žirafa je i v zajetí velmi plaché zvíře.
- 1.5 Vymysli a popiš co nejvíce způsobů, jak určit hloubku studny.
- 1.6 Vymysli a popiš alespoň tři způsoby, jak změřit šířku rybníku.
- 1.7 Navrhni co nejvíce způsobů, jak pomocí notebooku určit šířku Malše v Českých Budějovicích.

Hmotnost

- 1.8 Nakresli obrázek, na kterém budou spolu „účinkovat“ tělesa o hmotnostech 1 g, 1 kg, 100 kg a 1 t.
- 1.9 Navrhni a vytvoř vlastní váhu.
- 1.10 Navrhni postup a vypracuj návod, jak pomocí polévkové lžice změřit hmotnost jablka.
- 1.11 Vymysli způsob, jak určit hmotnost motýla, aniž by motýlovi bylo ublíženo. Vypracuj návod.
- 1.12 Nalezni na internetu, kolik váží vzduch a vymysli pokus, kterým bys ověřil, že vzduch má hmotnost.

Objem

- 1.13 Vymysli alespoň 5 různých úloh, aby jejich výsledek byl 5 litrů.
- 1.14 Vypracuj návod, jak změřit objem
 - a. hrocha,
 - b. makového zrnka,
 - c. listu.
- 1.15 Vypracuj návod k výrobě vlastního odměrného válce.

- 1.16 Uprav některou známou hru (pexeso, domino,...) tak, aby v ní šlo o převody jednotek objemu.

Čas

- 1.17 Navrhni způsob, jak pomocí váhy změřit čas (dobu trvání nějakého děje)*.
1.18 Vymysli co nejvíce dějů, které se pravidelně opakují.
1.19 Vypracuj návod na výrobu slunečních hodin.
1.20 Na obrázku jsou tzv. svíčkové hodiny.
a. Popiš, jak takové hodiny fungovaly a k čemu mohly být používány.
b. Navrhni a vyrob vlastní svíčkové hodiny, vytvoř podrobný návod k jejich výrobě a použití.

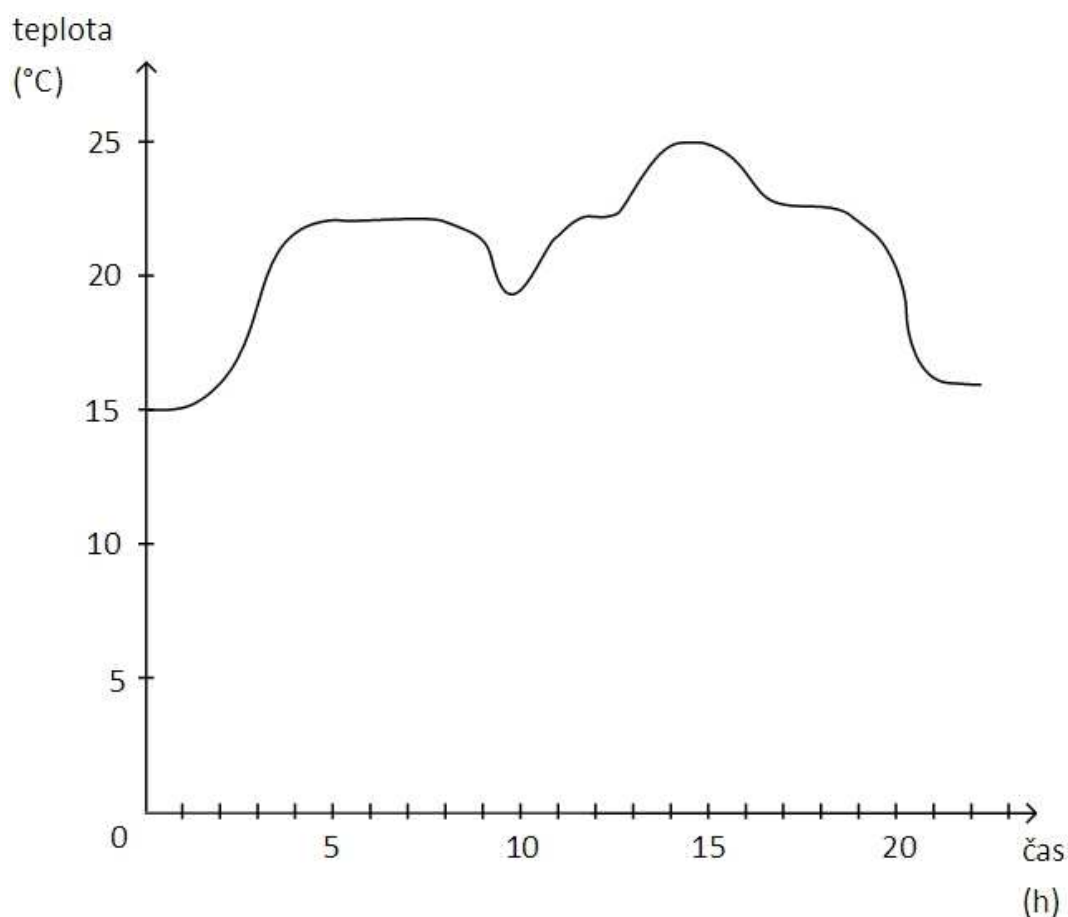


Svíčkové hodiny

Teplota

- 1.21 Navrhni vlastní teplotní stupnici: Urči význačné body tvé stupnice (jaká teplota je 0 tvých stupňů, jaká teplota odpovídá 100 tvých stupňů). Můžeš také ze starého teploměru vyrobit teploměr, který bude měřit teplotu ve tvých stupních.
1.22 Graf znázorňuje průběh teploty v místnosti. Vymysli alespoň dvě různé verze toho, co se v místnosti během dne mohlo dít.

* Zadání úlohy vede nejspíše k vážení periodicky přibývajících množství nějaké látky, ale navržené řešení může být zcela originální (sekundové kyvadlo využívající kuchyňskou váhu jako závaží).



1.23 Vymysli vtíp na téma teplotní roztažnost látek.

Hustota

- 1.24 Nakresli obrázek, na kterém budou dvě tělesa o stejné hmotnosti, ale různé hustotě.
- 1.25 Urči hustotu prázdné sklenice a stejné sklenice naplněné vodou (mlékem). Vypracuj podrobný návod k měření.
- 1.26 Jak lze pomocí PET lahve zjistit hustotu neznámé kapaliny? Vymysli co nejvíce způsobů.
- 1.27 Vymysli způsob, jak určit hustotu makového koláče.
- 1.28 Vypracuj návod, jak změřit hustotu celého syrového vejce a poté zvlášť hustotu bílku, hustotu žloutku a hustotu skořápky vejce.
- 1.29 Navrhni experiment, kterým bys určil, zda má větší hustotu jablko nebo pomeranč.
- 1.30 Vypočítej následující úlohy a vymysli pro ně vhodná slovní zadání:

a)

$$m = 60 \text{ kg}$$

$$\underline{V = 80 \text{ l}}$$

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

b)

$$m = 12 \text{ g}$$

$$\underline{V = 12 \text{ ml}}$$

$$\rho = ? \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

c)

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

$$\underline{V = 0,02 \text{ m}^3}$$

$$m = ? \text{ kg}$$

d)

$$\rho = 2,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\underline{V = 3 \text{ l}}$$

$$m = ? \text{ kg}$$

e)

$$\rho = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

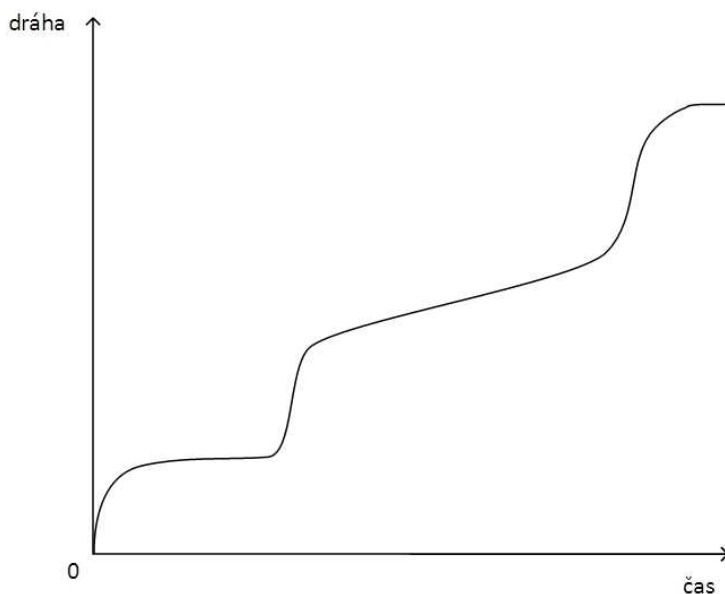
$$\underline{m = 5 \text{ t}}$$

$$V = ? \text{ m}^3$$

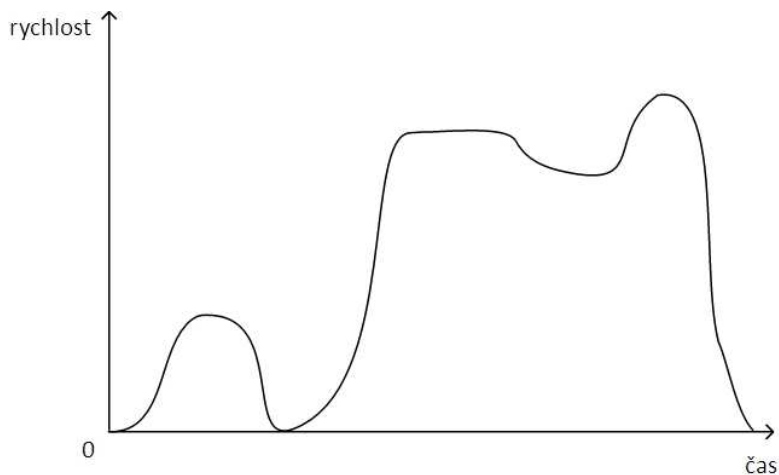
1.31 Vymysli alespoň tři odlišné úlohy, aby výsledek byl $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

2 Pohyb

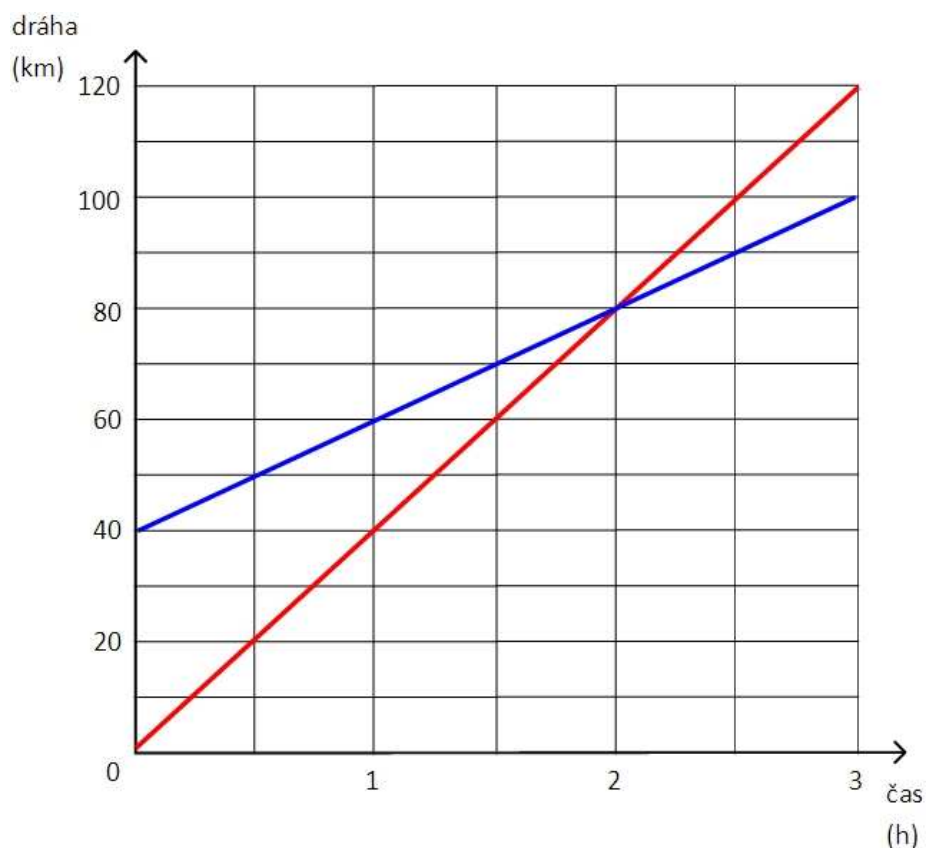
- 2.1 Dvě mouchy se k sobě přibližují rychlostí $250 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Vymysli co nejvíce možných vysvětlení tohoto tvrzení.
- 2.2 Vymysli dva různé krátké příběhy, které by mohly být popsány následujícím grafem.



- 2.3 Vymysli alespoň dva různé příběhy, které by mohly být popsány následujícím grafem.



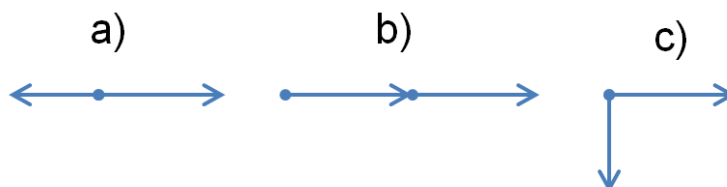
- 2.4 Co lze všechno určit z následujícího grafu pohybu dvou těles? Vymysli krátký příběh, který by mohl být tímto grafem popsán.



- 2.5 Houbař při hledání hub potká divoké prase. Popiš jeho příběh a nakresli graf (v-t) jeho pohybu od chvíle, kdy vstoupí do lesa a najde první houbu, až po setkání s divočkem a útekem z lesa.
- 2.6 Navrhni postup a proved' s kamarádem ověření přesnosti tachometru na jízdním kole. Postup a výsledek měření podrobně zaznamenej.
- 2.7 Vymysli několik příkladů pohybu rychlostí $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ a $100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
- 2.8 Vymysli úlohu na výpočet průměrné rychlosti, aby výsledek byl $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
- 2.9 Vymysli příklad na výpočet dráhy rovnoměrného pohybu, aby výsledek byl 60 cm.
- 2.10 Vymysli příklad na výpočet doby rovnoměrného pohybu, aby výsledek byl 30 min.
- 2.11 Vymysli úlohu na výpočet průměrné rychlosti a nakresli obrázek, který bude sloužit jako zadání úlohy.

3 Síla

- 3.1 Navrhni a vyrob vlastní siloměr.
3.2 Popiš různé situace, které mohou být znázorněny těmito dvojicemi sil:

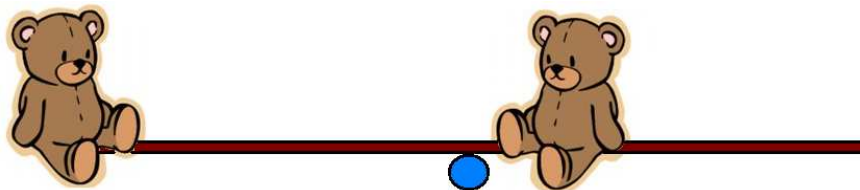


- 3.3 Těleso se pohybuje rovnoměrným přímočarým pohybem. Vlivem působící síly F_1 změni směr pohybu o 45° . Dále se pohybuje pohybem rovnoměrným přímočarým, dokud mu síla F_2 neudělí zrychlení ve směru pohybu. Po chvíli síla F_3 způsobí změnu směru pohybu o 180° . Po chvíli, kdy se těleso pohybuje stálou rychlostí, jej síla F_4 uvede do klidu. Vymysli dva různé děje, které by mohly být tímto popisem znázorněny.
- 3.4 Vypracuj návod, jak pomocí dvouramenných vah změřit sílu, kterou se odpuzují dva magnety. Pozor, velikost této síly závisí též na vzdálenosti těchto magnetů od sebe.
- 3.5 Představ si, že ses octl na Měsíci ($g = 1,6 \text{ N/kg}$). Vyjmenuj co nejvíce věcí, které zde nebudou fungovat nebo budou fungovat jinak než na Zemi.
- 3.6 Vymysli jeden nebo více krátkých příběhů nebo vtipů, aby v nich ve správném významu zazněla slova tíha, hmotnost a gravitační síla.
- 3.7 Nakresli obrázek na téma akce a reakce.
- 3.8 Popiš, jak by fungovalo vozidlo na obrázku a navrhni vlastní model vozidla, které by pracovalo na stejném principu.

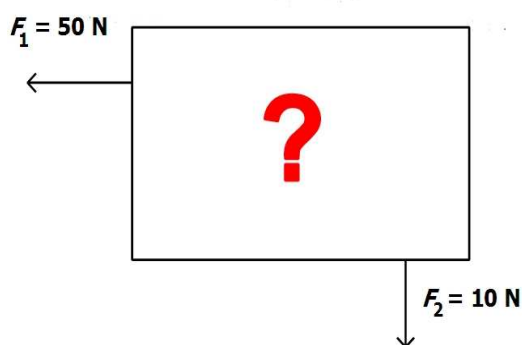


- 3.9 Nakresli obrázek na téma zákon setrvačnosti.
- 3.10 Vymysli a nakresli tři situace, kdy nám setrvačnost vadí. Na druhou stranu listu nakresli tři situace, kdy je setrvačnost prospěšná.
- 3.11 Nakresli obrázek na téma $F = 10 \text{ N}$.
- 3.12 Čtyři muži musí společně zvednout kámen o hmotnosti 800 kg . Každý z nich přitom může působit silou o velikosti nejvýše 1000 N . Porad', jak by to mohli dokázat, a připrav pro ně podrobný návod.

- 3.13 Nalezni ve svém okolí, nakresli a popiš co nejvíce využití páky.
- 3.14 Dva medvědi si hrají na houpačce. Vymysli co nejvíce možných důvodů, proč zůstává houpačka na obrázku ve vodorovné poloze.



- 3.15 Odhal, jaké zařízení by se mohlo ukrývat uvnitř krabice (viz obrázek 7). Funkce zařízení spočívá v tom, že síla o velikosti $F_1 = 10 \text{ N}$ způsobuje sílu o velikosti $F_2 = 50 \text{ N}$.



- 3.16 Z krabičky trčí dvě špejle. Zatlačíš-li na jednu ze špejlí, druhá také zajede dovnitř a naopak, zatáhneš-li za některou ze špejlí, druhá se také vysune. Navrhni více možných mechanismů, které by se mohly ukrývat uvnitř krabice. Některý z nich sestroj.



- 3.17 Nakresli obrázek ze světa, ve kterém neexistuje tření.
- 3.18 Vymysli a nakresli tři situace, kdy nám tření vadí. Na druhou stranu listu nakresli tři situace, kdy je tření prospěšné.
- 3.19 Vymysli alespoň pět úloh, aby výsledek byl 100 N .

4 Tlak, tlaková síla

- 4.1 Vymysli co nejvíc příkladů, kdy se tlak způsobený silou snižuje.
4.2 Síla o velikosti 20 N způsobuje tlak o velikosti 1000 Pa. Vymysli alespoň dvě konkrétní situace, které tomuto popisu odpovídají.
4.3 Nakresli obrázek na téma „Tlak se dvakrát zvýšil“.
4.4 Vypočítej příklad a vymysli krátký příběh, který bude sloužit jako slovní zadání:

$$F = 2,5 \text{ kN}$$

$$S = 0,5 \text{ m}^2$$

$$p = ? \text{ Pa}$$

- 4.5 Vypočítej příklad a vymysli k němu smysluplné slovní zadání:

$$F = 5 \text{ N}$$

$$S = 2 \text{ mm}^2$$

$$p = ? \text{ Pa}$$

- 4.6 Vypočítej příklad a vymysli k němu smysluplné slovní zadání:

$$F = 800 \text{ N}$$

$$S = 5 \text{ cm}^2$$

$$p = ? \text{ Pa}$$

- 4.7 Vypočítej příklad a vymysli smysluplné slovní zadání příkladu:

$$p = 30 \text{ Pa}$$

$$S = 5 \text{ m}^2$$

$$F = ? \text{ N}$$

- 4.8 Vypočítej příklad a vymysli smysluplné slovní zadání příkladu:

$$p = 6 \text{ MPa}$$

$$S = 400 \text{ cm}^2$$

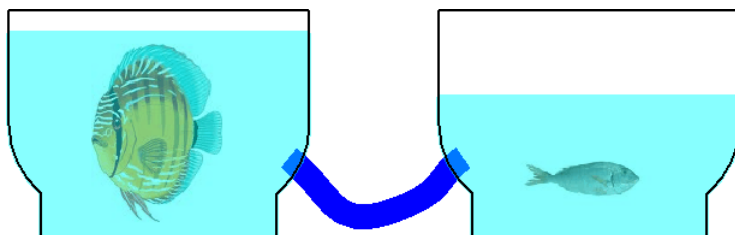
$$F = ? \text{ N}$$

- 4.9 Vymysli alespoň tři příklady na výpočet tlaku, aby výsledek byl 1 Pa.
4.10 Vymysli příklad na výpočet tlaku, aby výsledek byl 10 Pa; 100 Pa; 1 kPa; 1 MPa.

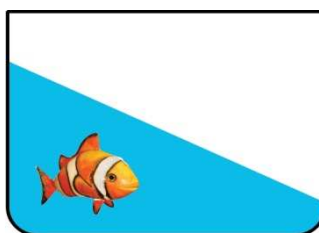
5 Kapaliny a plyny

Kapaliny

- 5.1 Na obrázku jsou dvě akvária spojená trubicí. Vymysli důvody, proč není hladina v obou akváriích ve stejné výšce (může jich být skutečně mnoho):



- 5.2 Vysvětli zvláštní situaci na obrázku. Vymysli co nejvíce možných vysvětlení:



- 5.3 Nakresli obrázek na téma anomálie vody.
5.4 Nakresli obrázek na téma hydrostatický paradox.
5.5 Vypočítej příklad a vymysli krátký příběh, který bude sloužit jako slovní zadání této úlohy.

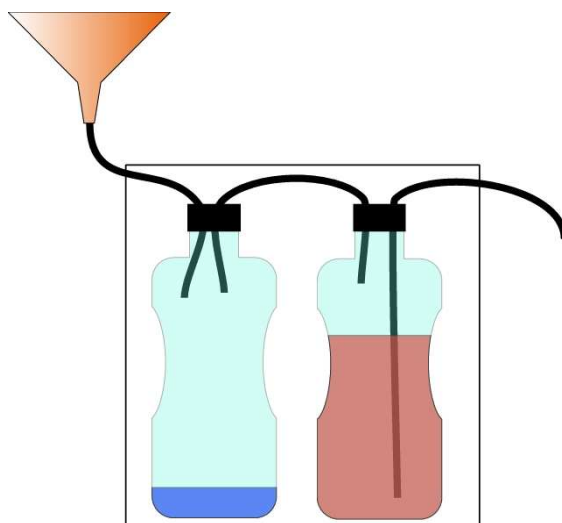
$$h = 2,5 \text{ m}$$

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

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

$$p_h = ? \text{ Pa}$$

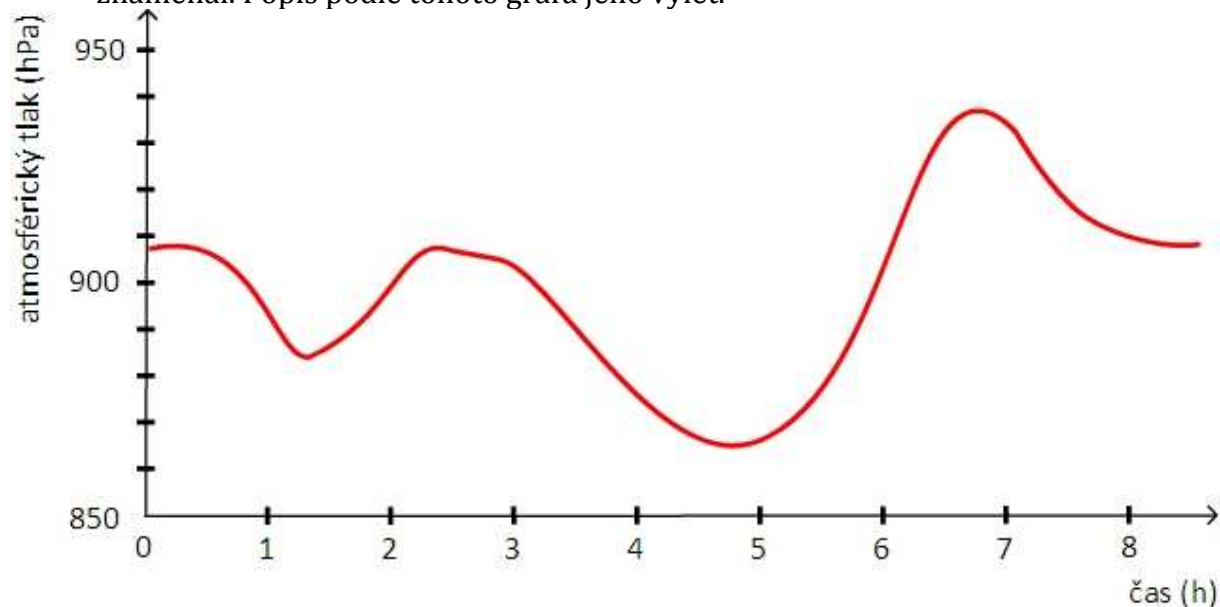
- 5.6 Vypočítej příklad a vymysli krátký příběh, který bude sloužit jako slovní zadání příkladu.
 $V = 3 \text{ m}^3$
 $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (\text{voda})$
 $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$
 $F_{\text{vz}} = ? \text{ N}$
- 5.7 Vymysli příklad na výpočet hydrostatického tlaku. Nakresli obrázek, který bude sloužit jako zadání příkladu.
- 5.8 Vymysli krátký příběh, který bude sloužit jako zadání příkladu na výpočet vztlakové síly. Příklad vyřeš.
- 5.9 Nakresli obrázek jako zadání příkladu na výpočet vztlakové síly působící na těleso.
- 5.10 Na obrázku je zobrazené zařízení, které dokáže přeměňovat vodu na limonádu (nebo jinou kapalinu). Když do trychtýře vlevo naliješ vodu, z hadičky na straně druhé začne vytýkat limonáda. Uprav toto zařízení, aby bylo na výběr z několika různých limonád a sestroj jej.



- 5.11 Pomocí injekčních stříkaček a hadiček sestroj funkční hydraulické rameno. Konstrukci ramena zhotov z vhodného materiálu (karton, dřevo, díly stavebnice Merkur, ...).

Plyny

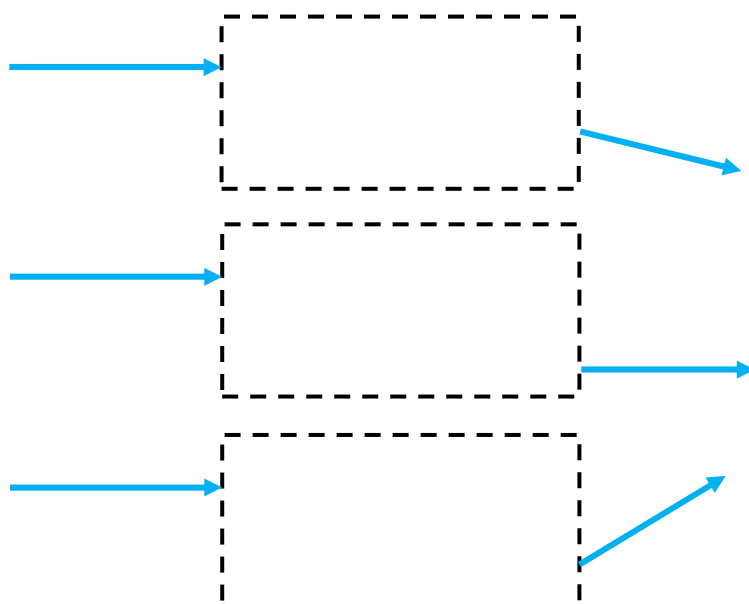
- 5.12 Navrhni pokus, kterým bys určil velikost atmosférického tlaku.
- 5.13 Fanda vyrazil na celodenní výlet s příručním barografem. Graf na obrázku znázorňuje změny atmosférického tlaku, jak je Fandův barograf během výletu zaznamenal. Popiš podle tohoto grafu jeho výlet.



- 5.14 Stav plyn v nádobě uzavřené lze popsat veličinami objem V , tlak p a teplota t . V určitém okamžiku se tento stav změnil tak, že se jeho objem zmenšil, tlak a teplota se zvýšily. Vymysli více možných vysvětlení, co se s plynem v nádobě mohlo stát.
- 5.15 Stav plyn v nádobě uzavřené lze popsat veličinami objem V , tlak p a teplota t . V určitém okamžiku se tento stav změnil tak, že tlak a teplota vzrostly a objem zůstal stejný. Popiš, co se s plynem v nádobě mohlo stát.

6 Optika

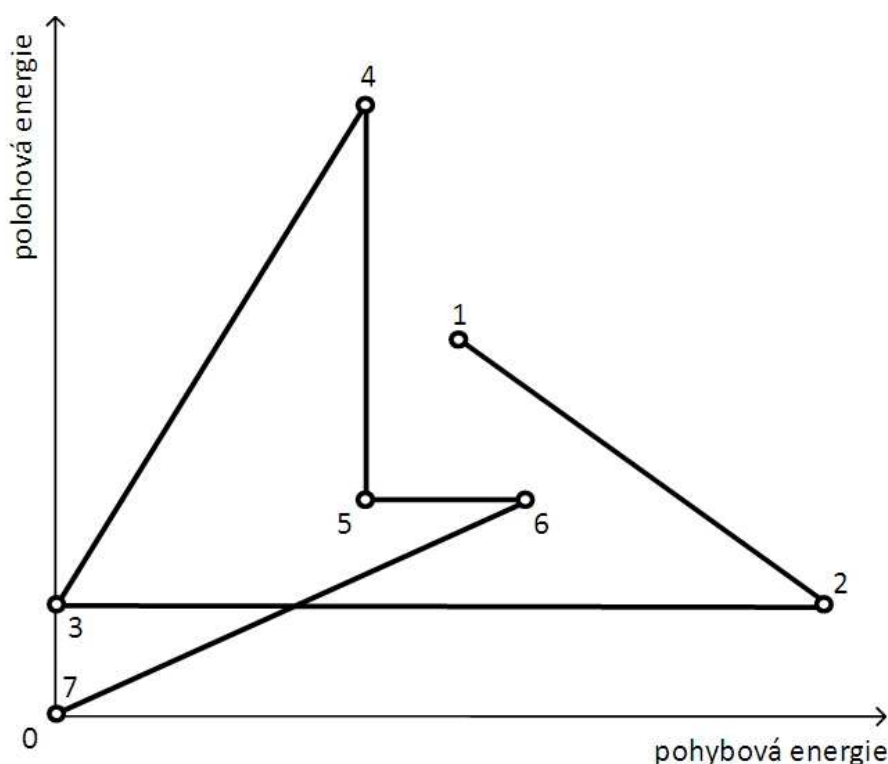
- 6.1 Čočky jsou zpravidla vyrobeny z materiálu s větší optickou hustotou než má okolní prostředí. Jak by se chovala spojka, která by měla nižší optickou hustotu než její okolí? Nakresli chod paprsků takovou spojkou a vypracuj návod, jak takovou čočku sestavit.
- 6.2 Popiš, jak by vypadal život a planetě, na kterou nedopadá žádné světlo.
- 6.3 Na obrázku jsou tři různé krabice s neznámým obsahem. Šipky představují světelné paprsky, které vstupují do krabice a na jiném místě z ní opět vystupují. Vymysli, nakresli a popiš, jaké zařízení se může ukrývat uvnitř krabice (pro každou krabici existuje mnoho řešení).



- 6.4 Namaluj libovolný **plnobarevný** obrázek s pomocí pouze třech temper - azurové, purpurové a žluté.

7 Práce, mechanická energie

- 7.1 Vymyslete alespoň pět příkladů, kdy se těleso pohybuje, současně působí silou na jiné těleso, ale přitom **nekoná** práci.
- 7.2 Vymysli alespoň tři děje, při kterých platí, že polohová energie klesá a pohybová energie vzrůstá.
- 7.3 Vymysli alespoň tři děje, při kterých platí, že polohová energie i pohybová energie klesá.
- 7.4 Vymysli alespoň tři děje, při kterých platí, že polohová energie vzrůstá a pohybová energie klesá.
- 7.5 Vymysli alespoň pět dějů, při kterých se navzájem přeměňuje polohová a pohybová energie.
- 7.6 Nalezni ve svém okolí v bytě i venku co nejvíce využití kladky a kladkostroje.
- 7.7 Na obrázku je diagram změn polohové energie pohybujícího se tělesa. Popiš, jak se mění oba druhy energie v jednotlivých úsecích diagramu, a vymysli příklad děje, který by mohl být tímto diagramem popsán:



úsek	E_p roste / klesá / nemění se	E_k roste / klesá / nemění se
1 - 2		
2 - 3		
3 - 4		
4 - 5		
5 - 6		
6 - 7		

7.8 Vymysli příklad na výpočet práce, aby výsledek byl:

- a. 1 J
- b. 1 kJ
- c. 1 MJ

7.9 Vypočítej příklad a vymysli k němu smysluplné slovní zadání:

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

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

$$W = ? \text{ J}$$

7.10 Vypočítej úlohu a vymysli krátký příběh, který bude sloužit jako slovní zadání této úlohy.

$$m = 20 \text{ kg}$$

$$h = 5 \text{ m}$$

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

$$E_p = ? \text{ J}$$

7.11 Vymysli alespoň 5 úloh na téma: „Polohová energie se změnila o 2000 J.“

- 7.12 Pohybová energie tělesa závisí na hmotnosti a rychlosti podle vztahu $E_k = 0,5 \cdot m \cdot v^2$. Vymysli úlohu, aby odpověď na něj byla „Pohybová energie se zvýšila o 5000 J“.

8 Tepelné jevy

- 8.1 Představ si, že jsi molekula vody v rychlovarné konvi. Zkus popsat, na co myslíš, když se voda začíná vařit.
- 8.2 Navrhni a nakresli systém vytápění středověkého hradu.
- 8.3 Co by se změnilo, kdyby se teplota ve městě náhle snížila/zvýšila o 50 °C?
- 8.4 V parném létě jsi na výletě v přírodě. Máš s sebou lahev s pitím, ale pití je teplé. Vymysli a popiš způsob, jak co nejrychleji pití v lahvi vychladit.
- 8.5 Navrhni takové úpravy PET lahve, aby v ní nalitý teplý čaj co nejdéle udržel svou teplotu.
- 8.6 V létě sis koupil nanuk a rozhodl ses donést si ho domů. Navrhni postup, jak udržet nanuk co nejdéle, aniž by se roztál.
- 8.7 Navrhni experiment, kterým bys určil, zda má větší tepelnou kapacitu brambora nebo hroznové víno. Vypracuj návod k tomuto experimentu.
- 8.8 Vypočítej a vymysli vhodné slovní zadání:

a)

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$c = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$(t_2 - t_1) = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = ? \text{ J}$$

b)

$$m = 5 \text{ kg}$$

$$c = 450 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$t_1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 90 \text{ kJ}$$

$$t_2 = ? ^\circ\text{C}$$

c)

$$m = 10 \text{ kg}$$

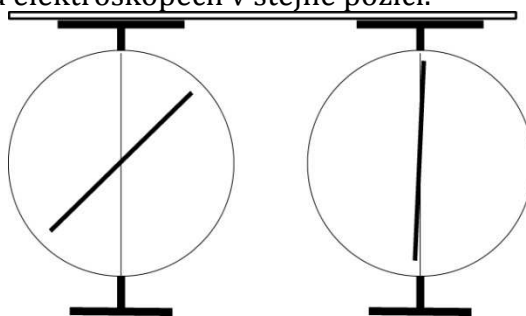
$$(t_2 - t_1) = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 150 \text{ kJ}$$

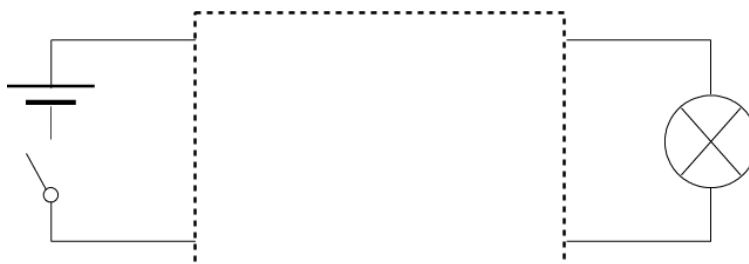
$$c = ? \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

9 Elektřina a magnetismus

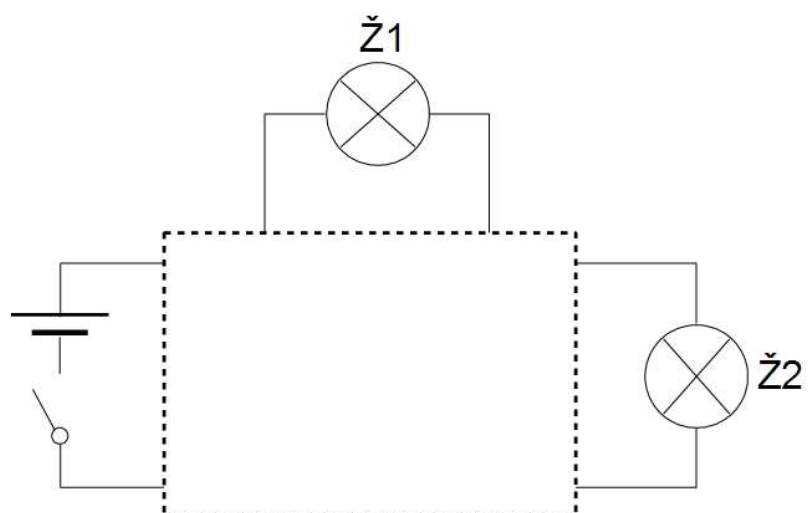
- 9.1 Nakresli krátký příběh na téma „Setká se elektron s protonem“.
- 9.2 Nakresli krátký příběh na téma „Setká se elektron s elektronem“.
- 9.3 Nakresli krátký příběh na téma „Setká se elektron s neutronem“.
- 9.4 Na obrázku jsou dva **elektroskopy** spojené hliníkovou tyčkou. Na levý elektroskop je přiveden **elektrický náboj**. Vymysli **co nejvíce** možných důvodů, proč není ručička na obou elektroskopech v stejné pozici.



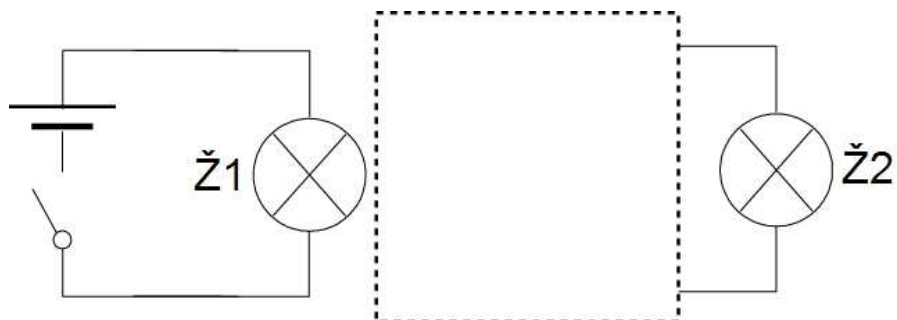
- 9.5 Navrhni elektrický obvod, který bude rozsvícením žárovky signalizovat, že se žák houpe na židlička.
- 9.6 Dopln část chybějící část elektrického obvodu tak, aby po **sepnutí** spínače žárovka **zhasla** (můžeš navrhnout více řešení).



- 9.7 Dopln část chybějící část elektrického obvodu tak, aby po **sepnutí** spínače žárovka **Ž1 zhasla** a **žárovka Ž2 se rozsvítla** (můžeš navrhnout více řešení).

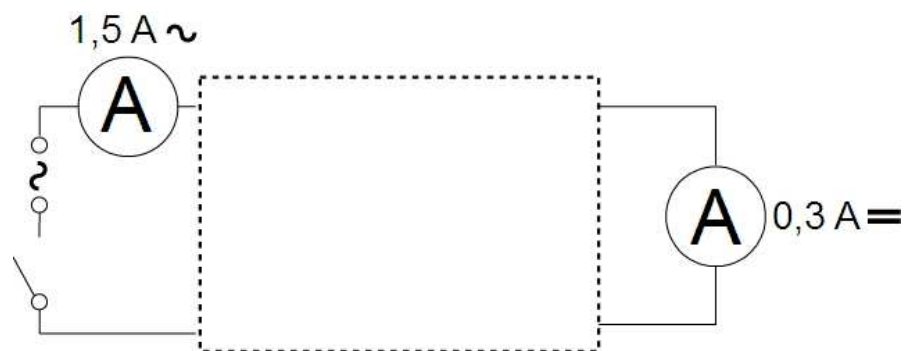
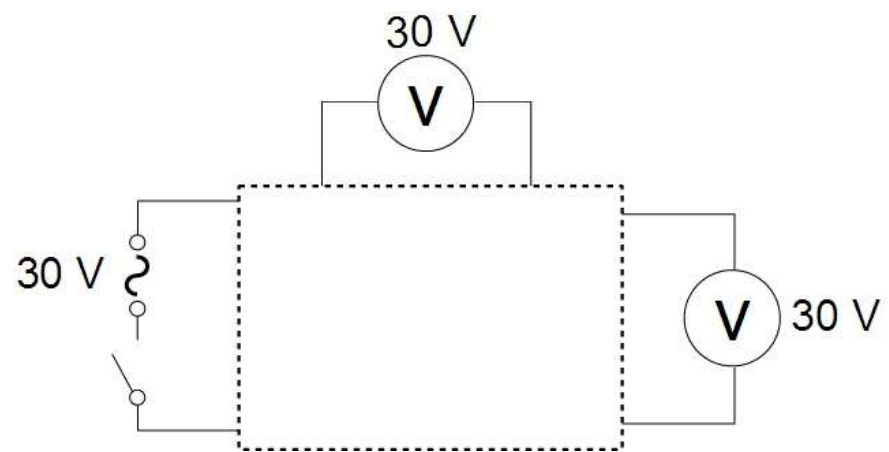
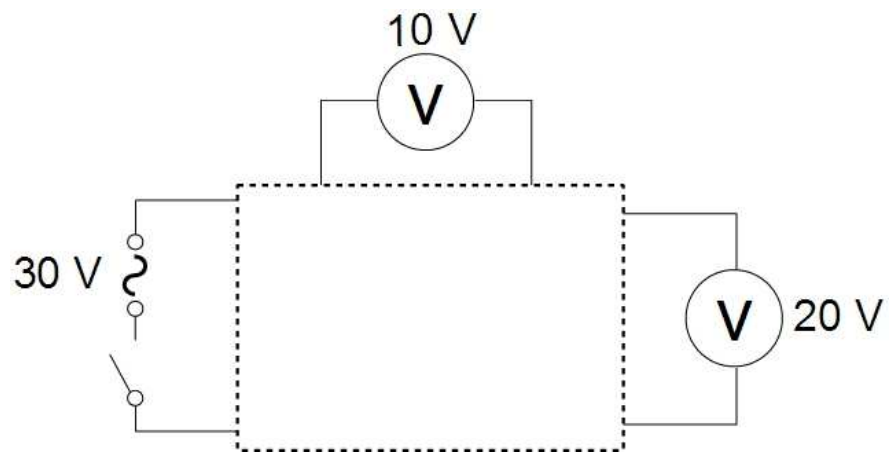


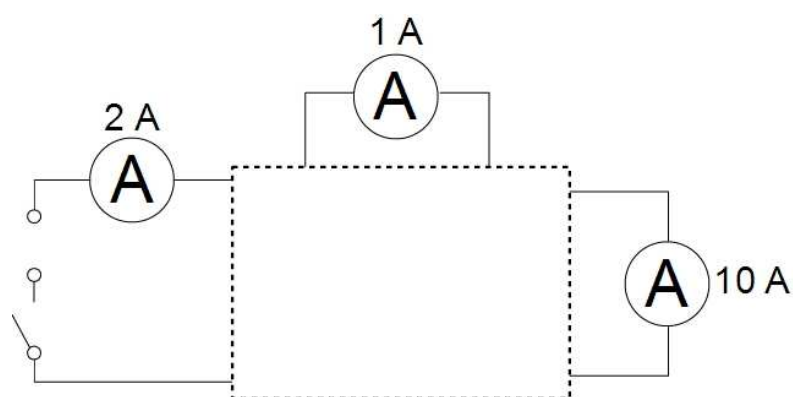
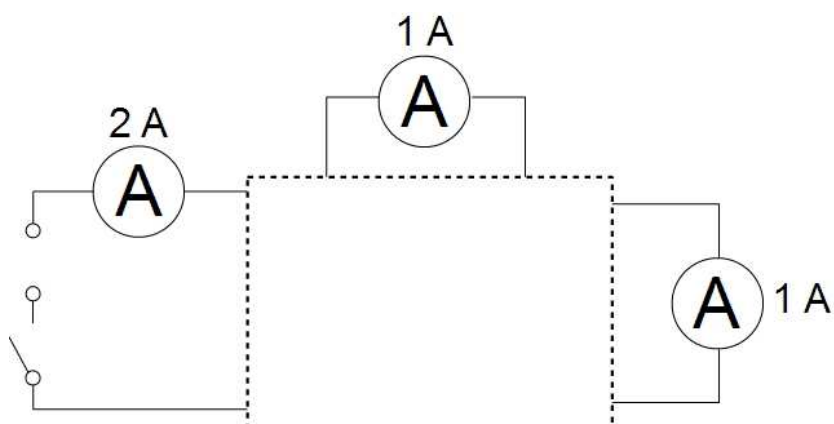
- 9.8 Dopln část chybějící část elektrického obvodu tak, aby se po rozsvícení žárovky Ž1 rozsvítila také žárovka Ž2.



- 9.9 Dopln chybějící část obvodů, aby hodnoty na měřících přístrojích odpovídaly (u každého obvodu můžeš navrhnout více řešení):







9.10 Představ si, že jsi hřebík v následujícím obvodu. Popiš, co právě prožíváš.



- 9.11 Vymysli alespoň pět úloh, aby výsledek byl 20 V.
 9.12 Vymysli alespoň pět úloh, aby výsledek byl 0,1 A
 9.13 Vymysli úlohu, aby výsledek byl 1 k Ω .

10 Nezařazené úlohy

10.1 Navrhni co nejvíce možností, jak lze v hodinách fyziky využít:

- a. cihlu
- b. PET lahev
- c. jablko
- d. hliníkovou lžičku
- e. ramínko na šaty
- f. židličku

10.2 Co by se změnilo, kdyby se náhle 10 x zvýšila hmotnost Země?

10.3 Nalezni co nejvíce fyzikálních jevů a zákonů:

- a. v kuchyni
- b. v autodílně
- c. na zahradě
- d. na vlakovém nádraží
- e. v lese
- f. při hokejovém/fotbalovém zápasu
- g. na lyžařském svahu
- h. v bazénu

Doplň obrázkem s popisky.

10.4 K obrázku přístrojové desky automobilu vymysli co nejvíce různých otázek a úloh. Případné chybějící údaje odhadni.



10.5 V kabinetu fyziky jsi našel nabarvenou kuličku z neznámého materiálu. Navrhni sadu experimentů, pomocí kterých bys mohl /a určit, z jakého materiálu je kulička vyrobena.

10.6 Vymysli co nejvíce úloh, aby výsledek byl 1000 joulů.

10.7 Sestav a vypracuj test o 15 otázkách na téma „Fyzika kolem nás“. Poté si test vyměň se sousedem a pokus se vypracovat jeho test. Navzájem si své výkony ohodnoťte.

Poznámky ke sbírce divergentních úloh

Uvedené divergentní úlohy slouží jako náměty k tvůrčí činnosti žáků při vyučování fyzice na základní škole. Nepředstavují vyčerpávající seznam, ale mají být spíše inspirací pro vlastní invenci učitele.

Metodika řešení divergentních úloh

Úlohy uvedené ve sbírce jsou typově různorodé. Lze ovšem uvést některá obecná doporučení k jejich řešení, která je vhodné předat žákům:

- Nejlepší řešení úlohy je takové, které je originální (nikdo jiný ve třídě na něj nepřišel), vtipné a fyzikálně správné.
- Je-li vyžadováno více odpovědí, je nejlepšího výsledku dosaženo, je-li uvedeno co nejvíce zcela odlišných řešení.
- Při řešení úloh uvolni své myšlenky z okovů a nech naplno rozvinout svou fantazii.
- Neboj se na věci pohlížet z mnoha úhlů a bez předsudků, nejsou vždy tím, za co je máme.*
- Své řešení propracuj do nejmenších detailů.
- Buď k sobě náročný a nespokojuj se s jednoduchými řešeními.
- Věnuj řešení patřičný čas, dobré nápady musejí uzrát.

* Předměty nemusí sloužit pouze k účelům, k jakým je běžně využíváme, obrázky se mohou řídit vlastními zákony a nemusí vždy odpovídat realitě atd.

Tvůrčí řešení problémů není lineární proces, který by bylo možné popsat nějakými pevně definovanými kroky. Vhodným nástrojem při řešení divergentních úloh je myšlenkové mapování (viz kapitoly 4.4. a 6.2).

Řešení divergentních úloh se liší od řešení tradičních fyzikálních úloh. Je proto nutné, aby žáci byli nejprve s podobným typem úloh seznámeni. Jejich obtížnost by měla gradovat od jednodušších, u nichž se žáci seznámí s metodou práce a způsobem hodnocení, až po obtížné úlohy, jako například úlohy typu „Vymysli zadání úlohy, aby výsledek byl ...“. Vhodnými úlohami pro začátek jsou úlohy typu „K čemu je možné využít ...“, u kterých žáci dobře pochopí „pravidla hry“ a naučí se překonávat funkční fixaci*. Typy zadávaných divergentních úloh je vhodné střídat.

Organizační formy

Všechny uvedené úlohy mohou být řešeny frontálně pod vedením vyučujícího, samostatně při vyučování či doma, nebo ve skupinách – řešitelských týmech. Při skupinovém řešení úloh je nutné zajistit rovnoměrné rozložení rolí ve skupině tak, aby byli do řešení zapojeni všichni žáci. Skupiny by neměly být moc velké (3 – 5 lidí).

V praxi je na citu a zkušenostech učitele, jakou organizační formu pro řešení úloh zvolí. Zpočátku je vhodné začít frontální „instruktáží“ řešení divergentních úloh a postupně žáky vést k samostatnosti.

Hodnocení divergentních úloh

Hodnocení divergentních úloh sleduje následující kritéria:

1. Originalita řešení (je klasifikována na základě hodnoty četnosti výskytu typově shodných řešení ve třídě);

* Myšlení omezené zažitými stereotypy, které například brání přiřadit předmětům jiný význam, než na jaký jsme z každodenního života zvyklí.

2. množství typově odlišných kategorií uvedených řešení;
3. propracovanost řešení;
4. fyzikální správnost řešení.

Žák musí znát uvedená kritéria hodnocení jeho tvůrčího výkonu a musí mu být poskytnuta dostatečná zpětná vazba, která mu umožní svůj budoucí tvůrčí výkon zlepšovat.

Při hodnocení úloh je nutné odlišit hodnocení tvořivosti a znalostí. V opačném případě žák nebude ochoten riskovat neúspěch hledáním originálních řešení.

Příklad řešení obtížnější úlohy

Vymysli úlohu na téma: „Polohová energie se změnila o 2000 J.“

Postup řešení:

1. Řešitel si musí uvědomit povahu fyzikální veličiny. Polohová energie v tíhovém poli závisí na hmotnosti tělesa m , výšce h a tíhovém zrychlení g vztahem $E_p = mgh$.
2. Řešitel hledá kombinaci hodnot jednotlivých veličin, aby po jejich vynásobení byl výsledek 2000. Jednou z možných konfigurací je

$$m = 40 \text{ kg};$$

$$g = 10 \text{ N/kg};$$

$$h = 5 \text{ m}.$$

3. Řešitel si uvědomuje smysl jednotlivých veličin a zvoleným hodnotám přiřazuje konkrétní význam:

$$m = 40 \text{ kg} \dots \text{hmotnost kamene, dítěte, psa, čtyřiceti litrů vody, osmi cihel, ...};$$

$g = 10 \text{ N/kg}$... hodnota tíhového zrychlení na Zemi;

$h = 5 \text{ m}$... žebřík, strom, hloubka studny, třetí podlaží domu, skokanský můstek, skála, ;

4. Změna polohové energie znamená, že energie se může zvyšovat (zvýšení hmotnosti, pohyb vzhůru, eventuálně i zvýšení tíhového zrychlení) nebo může klesat (analogicky).
5. Na základě předchozích úvah vybírá řešitel některou z celé řady možných kombinací.

Příklad možných řešení úlohy:

- Tatínek vyčerpá ze studny hluboké 5 m deset plných desetilitrových kýblů vody na zalévání záhonku. Jak se změnila polohová energie vody?
- Pět metrů nad zemí naložil zedník do stavebního výtahu osm cihel. Jak se změnila polohová energie výtahu?
- Ben je německý ovčák o hmotnosti 40 kg. Většinu času tráví na naší zahradě. Když je ale čas krmení, na zavolání vyběhne v mžiku do třetího patra našeho domu a doplní ztracenou energii. O kolik přitom vzroste Benova polohová energie, nachází-li se třetí patro ve výšce 5 metrů nad úrovní zahrady?