

Josef Trna

Výuková situace: Setrvačnost těles v jednoduchých experimentech ve fyzice

Klíčovým výukovým prostředkem a základem specifických přírodovědných výukových metod a několika výukových forem je školní experiment. Právě experimenty jsou však ve výuce mnohdy využity nedostatečně a nevhodně, čímž je promrhán jejich vzdělávací a zejména motivační potenciál (Trna, 2012). Tento článek se proto věnuje využití jednoduchých fyzikálních experimentů. Popisujeme vyučovací hodinu, která je zaměřena na pojem setrvačnost, a to v počátku gymnaziální výuky fyziky. Výuka tohoto vzdělávacího obsahu je podrobena analýze z hlediska využití jednoduchých experimentů, následně je pak navržena alterace s cílem reagovat na zjištěné nedostatky.

Teoretické uvedení: využití jednoduchého experimentu ve výuce

Při získávání vědomostí, osvojování dovedností a vytváření postojů v přírodovědné výuce musí být experimenty využity funkčně, organicky a systémově s maximální kognitivní i afektivní efektivitou. Mnohé výzkumy (Novák & Trna, 2011; Trna, 2012; Vaculová et al., 2008) však dokládají skutečnost, že v běžné výuce k takovému efektivnímu využití experimentů často nedochází. Výzkumy také potvrzují, že experiment,

kteřý je demonstrován pouze učitelem a není propojen s heuristickým rozhovorem s žáky, má

Učitelé jsou schopni využívat experimenty vědecky správně, problémem však je jejich metodické využití.

malou vzdělávací efektivitu. Příčin tohoto stavu je více, a to zejména subjektivních, spočívajících především v nedostatečné profesní přípravě učitelů na experimentování.

Školní přírodovědný experiment má tři základní složky: (a) vědeckou, (b) technickou, (c) metodickou. Učitelé jsou zpravidla schopni využívat experimenty vědecky správně a většinou je dovedou také zručně technicky demonstrovat. Problémem však je jejich metodické využití. Právě v tomto bodě dochází k zásadním pochybením a nevyužití jejich vzdělávacího potenciálu. Mezi nejčastější pochybení patří zařazení experimentu do neodpovídající výukové fáze, opomíjení žákovského experimentování, nízká motivační účinnost experimentů či nedostatek komplexnějších výukových metod založených na experimentování (projektová výuka, badatelsky orientovaná výuka, experiment podporovaný ICT apod.).

Řada komplikací a pochybení při využívání experimentů je potlačena v tom případě, že učitel použije jednoduchý experiment. Vhodnost aplikace jednoduchého experimentu ve výuce je dána zejména jeho charakteristikami, k nimž patří především:

- (1) transparentnost,
- (2) aktivizace žáků,
- (3) snadná a bezpečná realizace.

Z metodického hlediska je hodnotná transparentnost a aktivizace žáků. Podstatou transparentnosti je vypreparování prezentovaného jevu a potlačení jevů doprovodných, které tak nemohou komplikovat či znemožnit porozumění hlavnímu jevu. Aktivizace žáků je umožněna charakterem použitých pomůcek a malým počtem kroků při realizaci experimentu.

Námi zkoumaný videozáznam výukové hodiny bude analyzován právě z hlediska využití jednoduchých experimentů.

Pohled do školní praxe: anotace, analýza a alterace výukové situace

Anotace

Kontext výukové situace

Výuková situace (stopáž 28:25–31:25), která je využita v tomto článku, byla realizována při výuce fyziky v prvním ročníku čtyřletého gymnázia. Videozáznam, který vznikl v rámci virtuálních hospitací (více viz NÚV, 2012) byl pořízen v roce 2012. Tématem výuky je setrvačnost těles v mechanice, která je základní vlastností všech těles a je popsána obecně známým prvním pohybovým Newtonovým zákonem setrvačnosti. Učitelka navazovala na předchozí učivo o síle a následovaly Newtonovy pohybové zákony. Cílem výukové hodiny je definice pojmu setrvačnost v podobě výčtu jejích vlastností. V závěru je setrvačnost zasazena do prvního pohybového Newtonova zákona, jehož podstatou je zákonitost, že těleso setrvává v klidu nebo v rovnoměrném pohybu, pokud není donuceno tento stav změnit působením vnějších sil.

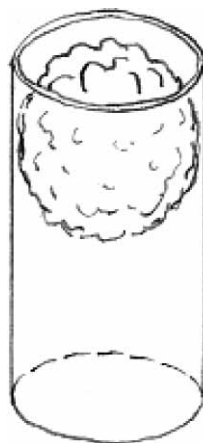
V souladu s Niemiřkovou taxonomií vzdělávacích cílů (vědomost: zapamatování nebo

porozumění; dovednost: reproduktivní nebo tvořivá) šlo učitelce především o vědomosti – porozumění. V oblasti dovedností byly cíle relativně skromné, zaměřené na reproduktivní dovednosti řešení kvalitativních (problémových) úloh bez výpočtů, vycházejících převážně z žakovských prekonceptů (Mandíková & Trna, 2011) a založených na jednoduchých experimentech. Detailně budeme analyzovat jednoduchý experiment na setrvačnost, využitý ve fixační fázi výuky.

Didaktické uchopení obsahu – činnosti učitele a žáků

Etapa 1

Učitelka zahajuje fixační fázi pojmu setrvačnost. Zvolila metodu aplikace učební kvalitativní úlohy založené na jednoduchém experimentu. Použitý experiment je silně motivační, takže učitelka provádí současně fixaci a motivaci. Podstatou experimentu je vyklepávání papírové kuličky z papírové trubičky s využitím setrvačnosti papírové kuličky (viz obr. 1).



Obr. 1: Trubička s papírovou kuličkou

Experiment je demonstrační a plně ho provádí sama učitelka před třídou s vlastním výkladem propojeným s heuristickým rozhovorem s žáky, při kterém učitelka objevuje společně s žáky podstatu fyzikálních zákonitostí. Nejdříve popi-

suje pomůcky a pak zadává žákům úkol: dostat kuličku ven z trubičky.

Etapa 2

Učitelka v rozporu se zásadami použitého heuristického rozhovoru nečeká na návrhy řešení ze strany žáků a experiment hned sama provádí. Poklepává zespoda na ruku držící svisle trubičku, až kulička vypadne dolů. Opakuje pokus, kdy poklepává na ruku shora – kulička vypadává horním otvorem z trubičky.

Etapa 3

Po provedení experimentu učitelka vyzývá žáky k vysvětlení příčin průběhu experimentu s nápovědí, že jde o důsledek prvního Newtonova zákona. První odpovídající žákyně však vysvětluje jev chybně pomocí „proti-síly“. Učitelka se snaží navádějícími poznámkami chybnou odpověď korigovat a dává slovo dalšímu žákovi. Podle způsobu odpovědi jde zřejmě o nadaného žáka, který odpovídá správněji, ale opět nepřesně (příčinou je „zpoždění“ kuličky). Teprve po nápovědě třetímu žákovi třída uslyší správný pojem – setrvačnost.

Etapa 4

Finální fázi po objevení podstaty jevu by měla být fixace pojmu setrvačnost s posunem žákovského poznání k přidání hodnotě. K tomu však již nedošlo, jelikož opět je – jako v expoziční fázi – nevhodně propojena setrvačnost se silou, a dokonce i s rychlostí posunu trubičky, čímž došlo k překrytí pojmu setrvačnost dalšími pojmy.

Přepis části vyučovací hodiny – původní verze (U – učitel, Ž – žák, ŽŽ – žáci)

U: Ukážeme si nějaké důsledky toho, co jsme si teď řekli. [Bere do rukou pomůcky.]

U: Tak. Jednoduchá pomůcka. Rulička od toaletního papíru, zmuchlaný papírový kapesník, úplně něco jednoduchého. Můžete si potom vyzkoušet. Zasunu. Asi vidíte, že je zapotřebí, aby ta rulička měla určitou velikost, aby to tření mezi tou ruličkou a tím papírem nebylo příliš velké a zároveň, aby nebylo příliš malé. Kdyby tření bylo příliš malé, co by se stalo? Kdybych to takhle otočila? Kdyby tření mezi papírem a tou ruličkou bylo příliš malé? Davide, co se stane? [Ukazuje trubičku a vkládá do ní kuličku z papíru.]

Ž: Tak by to ... [Ukazuje rukou směr dolů.]

U: Vypadlo dolů. Tak teď je to tak akorát. Jo. A teď já chci tu, ten papír, kuličku, kterou jsem vyrobila z papírového kapesníku, dostat z trubičky ven. Mám dvě možnosti. Budto ta kulička vyleze horem, nebo ta kulička vyleze spodem. Tak co chcete, Dane? [Drží trubičku s kuličkou uvnitř v ruce a ukazuje ji stále žákům.]

Ž: Aby vylezla spodem. [Žák vsedě odpovídá.]

U: Jo? Tak jak to mám udělat, aby vylezla spodem? [Klepe zespoda na ruku, ve které drží svisle trubičku s papírovou kuličkou. Kulička vypadne dolů.]

ŽŽ: [Žáci sedí a smějí se.]

U: No! Teď vylezla spodem. A když budu chtít, aby vylezla horem ...

[Klepe shora na ruku, ve které drží svisle trubičku s papírovou kuličkou. Kulička vypadne z trubičky horním otvorem.]

ŽŽ: [Žáci sedí a smějí se.]

U: Aha, tak teď to je důsledek našeho prvního Newtonova zákona. Tak, kdo mi to vysvětlí? Žaneta se hlásí, výborně. [Dívá se do třídy na hlásící se žákyni.]

Ž: Že tam působí nějaká proti-síla. [Žákyně vsedě odpovídá.]

U: Nějaká proti-síla, říká Žaneta. Co vy na to? Tak je tam poměrně malé tření. Teď jsme si řekli, že tělesa mají nechuť měnit svůj pohybový stav. To znamená – chtějí zůstat tam, kde jsou. Jsou líný. Něco jako my, když přijdeme ze školy a uvelebíme se na gauči u televizoru, taky setraváme neustále v té poloze. Máme setrvačnost, nějakou. Hlásí se Vojta. [Stojí před žáky s trubičkou v ruce.]

Ž: Takže jakoby, pohne se ta trubička, ale ten kapesník se s nějakým zpožděním až pohne, a proto se dostane kousek výš nebo níž, jakoby nebo... [Žák vsedě odpovídá.]

U: Takže, pohne se rulička, ale kapesník – protože tam je malé tření – kapesník, Davide. [Přechází k dalšímu žákovi.]

Ž: Setrvá. [Žák vsedě odpovídá.]

U: Kapesník setrvá. [Stojí před žáky s trubičkou v ruce.]

Analýza

Zkoumanou situaci budeme nyní analyzovat z pohledu výše uvedených informací o jednoduchých experimentech.

(a) Vědecká složka experimentu

Elementarizace (zjednodušování) fyzikálních pojmů se dostává často na hranu vědecké správnosti. To znamená, že učitelka nemůže díky úrovni psychického vývoje žáků (nevyvinuté abstraktní myšlení) plně využít všech-

ny pojmy, matematický aparát a systemizovat poznatky. Učitelka se několikrát při vysvětlování fyzikální podstaty jevů při analyzovaném experimentu ocitla na této hraně. Ani snaha o podporu žákova porozumění výraznou elementarizací nesmí porušit základní fyzikálně-didaktický princip vědeckosti. Případný vědecky nepřesný, či dokonce nesprávný výklad může přitom zásadním způsobem ovlivnit žákovo porozumění těmto pojmům, proto je třeba této složce věnovat trvalou pozornost.

(b) Technická složka experimentu

Demonstrovaný experiment byl technicky dobře zvládnut (stejně jako většina dalších experimentů, jež jsme sledovali). To bylo dáno také skutečností, že analyzovaný experiment byl jednoduchý. Jednoduché pomůcky a materiály denního života (trubička a papír) byly vhodně vybrány. Experiment byl technicky přesvědčivý.

(c) Metodická složka experimentu

Tato nejvýznamnější složka experimentu si zaslouží největší pozornost. Jako zásadní nedostatek lze uvést, že experiment demonstrovala sama učitelka (stejně jako naprostou většinu dalších sledovaných experimentů), čímž zásadně omezila aktivitu žáků, která je základem konstruktivistické výuky. Z reakcí žáků bylo zřejmé, že učitelkou preferované, nicméně dnes již překonané, transmisivní pojetí demonstračních experimentů je v její výuce obvyklé. Analyzovaný experiment také není příliš vhodný do úvodu

fixace, jelikož v něm hrají významnou roli třetí síla i síla tíhová, které mohou komplikovat transparentnost experimentu.

Učitelce se vcelku dařilo využít motivační sílu analyzovaného experimentu s trubičkou a papírovou kuličkou. Z metodického hlediska nelze komplexně posuzovat jeden experiment vytržený z celé sady aplikované v hodině, neboť experimenty tvoří didaktický systém, v němž jednotlivé experimenty svojí podobou naplňují příslušnou fázi výuky. Pro komplexní analýzu použití analyzovaného experimentu s trubičkou je třeba znát jeho zasazení do systému ostatních experimentů i dalších prvků hodiny, a proto čtenáři doporučujeme zhlédnout celý záznam hodiny. Jako příklad může sloužit motivační role jednoduchých experimentů v motivační fázi hodiny. Díky koncentraci většiny jednoduchých experimentů do fixační fáze výuky (včetně experimentu s trubičkou a papírovou kuličkou) učitelka dostatečně nerealizovala vstupní a průběžnou motivaci. Důkazem byl efektní experiment se setrvačností nádob na stole, zpod kterých vytrhla ubrus, aniž by se převrátily. Experiment učitelka demonstrovala v úplném závěru hodiny, kdy sklídila spontánní potlesk žáků. Je škoda, že tento či obdobný experiment nebyl využit jako vstupní motivace. Experimenty byly navíc soustředěny do expoziční a fixační fáze, chyběly v motivační, diagnostické i aplikační fázi. Výuka však postrádala moderní komplexní výukové metody založené na experimentování.

Snaha o podporu žákova porozumění elementarizaci nesmí porušit základní princip vědeckosti.

Za poměrně vážný metodický nedostatek považujeme velký důraz na podrobné a příliš rozsáhlé opakování učiva o rozkladu sil na nakloněné rovině v úvodu hodiny, který způsobil nevhodné propojení silových analýz s pojmem setrvačnost. Žáci si tak odnášeli nesprávnou velmi těsnou vazbu mezi setrvačností, třecí silou, a dokonce i silovou analýzou na nakloněné rovině, které spolu přímo nesouvisí. Sama učitelka si tuto skutečnost uvědomila a snažila se zdůrazněním tyto informace oddělit. Bohužel se jí to fakticky nepodařilo, jelikož se k pojmu síla stále vracela při vysvětlování experimentů.

Transmisivní pojetí výuky se silně projevilo také tím, že podstatu demonstrováných experimentů vysvětlovala učitelka téměř sama, a nedala tak velkou šanci názorům žáků. Závěrem je třeba ocenit, že prezentovala přiměřené množství experimentů (i méně známých), které měla předem vyzkoušené.

Alterace

Posuzování kvality výukové situace

Jednoduchý experiment o setrvačnosti papírové kuličky v trubičce přinesl do hodiny řadu pozitivních a podnětných prvků, zejména pro nadané žáky. Pro standardní žákovskou populaci žáky přinesl experiment mnoho problémových podnětů bez úplného vysvětlení. Experiment bychom mohli zařadit do čtvrté úrovně badatelsky orientované přírodovědné výuky

(Trna, 2011), která je určena převážně pro nadané žáky (Trnová & Trna, 2011). Závěrem můžeme konstatovat, že transmisivní pojetí výuky zabránilo plnému rozvinutí vzdělávacího a motivačního potenciálu analyzovaného jednoduchého experimentu s trubičkou a papírovou kuličkou pro všechny žáky.

Návrh alterace

1. Změna pojetí výuky z transmisivního na konstruktivistické s aktivizací žáků

Jednoduchý experiment budou provádět samotní žáci při skupinové výuce (cca 4 žáci = skupina). Experiment bude realizován podle pracovního listu (popis pomůcek; postupu realizace experimentu; výzkumná otázka, na kterou budou žáci hledat odpověď), přičemž bude využita badatelsky orientovaná výuka v úrovni strukturovaného bádání (Trna, 2011). Jeho podstatou je, že učitel zadá problém (vyjmout papírovou kuličku a pomůcky (kulička a trubička), nicméně řešení problému bude ponecháno na žácích. Je třeba, aby žáci stanovovali hypotézy řešení podložené fyzikálním zdůvodněním a sami je experimentálně ověřovali. Po etapě žákovského experimentování je vhodné provést prezentaci řešení jednotlivých skupin, diskutovat, obhajovat, argumentovat atd. Je možné využít doplňkovou motivaci soutěží o prvenství ve vyřešení problému. Žáci musí dostat dostatečný prostor pro tvorbu, prezentování a obhajobu svých řešení.

2. Důraz na dovednostní vzdělávací cíle

Vzdělávacím cílem musí být nejen vědomost – porozumění (viz Niemierkova taxonomie) pojmu setrvačnost, ale stejně tak dovednost vymyslet, sestavit a provést experiment ověřující žákovu hypotézu řešení problému se setrvačností spjatým. Je přitom možné opřít se o teorii utváření dovedností v pěti etapách: motivační, orientační, stabilizační, dotvářecí a integrační (Trnová & Trna, 2009).

3. Funkčnost, organičnost a systémovost využití jednoduchého experimentu

Jednoduchý experiment s trubičkou a papírovou kuličkou je primárně vhodný jako motivační experiment. Pro fixační fázi je však možno nalézt vhodnější experimenty, viz např. sada jednoduchých experimentů o setrvačnosti ve videopořadech (Direct film, 2012). Sada experimentů využitých v hodině (tématu) by měla být záměrně a plánovitě sestavena v určitém pořadí. Je též třeba vhodně kombinovat učitelské a žákovské experimenty (KDF fyziky, 2012).

4. Využití inovačních komplexních výukových metod pro současného žáka

Volba podoby aplikace byt jediného experimentu (jako je experiment s trubičkou a papírovou kuličkou) je zásadně determinována současným pojetím přírodovědné výuky. V dnešní době, kdy jsou žáci příslušníky NET-generace, je vhodné využívat konektivistické prvky výuky, založené na ICT (Trnová, 2011). Osvědčuje se

použití moderních audiovizuálních prostředků v kombinaci s reálnými experimenty (audiovizuálních projekce, animace a počítačová simulace). Do výuky je vhodné přinášet prvky problémové a projektové výuky, propojené s aplikací do životních situací žáků (Trna, 2005). V případě setrvačnosti je velmi vhodná problematika dopravních nehod. Trubička v tomto pojetí modeluje např. lidskou lebku a papírová kulička mozek při dopravní nehodě. Jednoduchý experiment na setrvačnost s trubičkou a papírovou kuličkou by proto měl být organicky zasazen do inovovaného pojetí výuky.

Přezkoumání navržené alterace

Nutnou, třebaže opomíjenou součástí školního experimentování je trvalá zpětná vazba účinnosti experimentů, která je základem zdokonalování a ověřování nových metod a nástrojů, založených na experimentování. Těm, kteří se rozhodnou vyzkoušet navržené alterační postupy, doporučujeme, aby např. nejdříve pomocí akčního výzkumu ověřili vzdělávací efektivitu analyzovaného jednoduchého experimentu, který bude přísně realizován ve vazbě na fázi výuky. Analyzovaný experiment je vhodné použít jako součást vstupní motivace (učitelská demonstrace) a následně ho zařadit do aplikační fáze (skupinový žákovský experiment) ve vazbě na tematiku dopravních nehod. Doporučujeme vzít v úvahu i příslušnou úroveň badatelsky orientované výuky. Přezkoumávání navržené alterace tohoto experimentu může mít

samožřejmě řadu variant, během jejich tvorby budete rozvíjet profesní experimentální dovednosti a tvořivost.

Závěr

Jednoduchý školní experiment je velmi účinným vzdělávacím prostředkem a základem řady výukových metod (učební úloha založená na experimentu, experimentální zkouška, laboratorní úloha, projekt atd.). Mnoho učitelů, fyziků a didaktiků fyziky se zabývá vytvářením nových experimentů, avšak ne již tolik jejich metodickým využitím. Vážným problémem jsou i učební pomůcky a jejich vývoj. Školy využívají starší pomůcky, které fyzicky i morálně zastarávají a nejsou dostatečně nahrazovány novými. Samostatnou kapitolou je příprava učitelů na experimentování. Tato příprava je koncentrována obvykle do pregraduální přípravy, kde se zaměřuje úzce na technickou složku realizace. Školní experimentování by mělo však být jednou z hlavních součástí trvalého profesního rozvoje učitelů přírodovědných předmětů.

Literatura

- Direct film. (2012). *Mechanika tuhého tělesa*. (J. Trna). Dostupné z: www.directfilm.cz
- Katedra didaktiky fyziky (2012). *Souhrnný sborník Veletrhů nápadů učitelů fyziky*. Praha: MFF UK Praha. Dostupné z: [http://vnuf.cz/sbornik/autori/Trna_Josef_\(34\).html](http://vnuf.cz/sbornik/autori/Trna_Josef_(34).html)
- Mandíková, D., & Trna, J. (2011). *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Brno: Paido.
- Novák, P., & Trna, J. (2011). Analýza experimentů metodou videostudie v hodinách fyziky na ZŠ. In *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 5*, 174–180. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- NÚV. (2012). RVP. Metodický portál. <http://audiovideo.rvp.cz/video/2691/VIRTUALNI-HOSPITACE%C2%80%E-F%BF%BD-FYZIKA-SETRVACNOST.html>
- Trna, J. (2012). How to motivate science teachers to use science experiments. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 10(5), 33–35.
- Trna, J. (2012). *Jak motivovat žáky ve fyzice se zaměřením na nadané*. Brno: Paido.
- Trna, J. (2005). Měříme lidské tělo. In *Veletrhů nápadů učitelů fyziky 10* (s. 23–32). Praha: Prometheus.
- Trna, J. (2011). Využití IBSE ve výuce fyziky. In *Veletrhů nápadů učitelů fyziky 16* (s. 237–245). Olomouc: UP Olomouc.
- Trnová, E. (2011). Vliv informačních a komunikačních technologií na chemické vzdělávání. *Media4u Magazine*, 8(X3), 112–115.
- Trnová, E. & Trna, J. (2009). Motivování nadaných žáků pomocí rodinného přírodovědného vzdělávání. In *Výchova a nadání 3* (s. 36–50). Brno: Masarykova univerzita.
- Trnová, E., & Trna, J. (2011). Přírodovědné nadání žáci a IBSE. In *Nadání žáci ve škole* (s. 127–138). Brno: Masarykova univerzita.
- Vaculová, I., Trna, J., & Janík, T. (2008). Učební úlohy ve výuce fyziky na 2. stupni základní školy: vybrané výsledky CPV videostudie fyziky. *Pedagogická orientace*, 18(4), 59–79.